

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах»

Виконав: студент 2 курсу, групи Б-21м спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва підготовки спеціальності)

Граніч Ю.М. 

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н, доцент

(вчений ступінь посада)

Масвська І. В. 

(прізвище та ініціали)

«18» 12 2022 р.

Опонент: к.т.н, доц. каф. КСБ

(вчений ступінь, посада)

Анохіна К. В.

(прізвище та ініціали)

«20» 12 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМБІА



(підпис)

В. В. Швець

(прізвище та ініціали)

« » 2022 року

Вінниця – 2022 року

Вінницький національний технічний університет

(повно найменованих 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.
" 05 " 10 ІНЖЕНЕР 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Гранічу Юрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах

керівник проекту (роботи) Маєвська І.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 14 " 09 2022 року № 203

2. Строк подання студентом роботи 30.11.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проєктування, результати інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проєктування підземного паркінгу, каркасної конструкції з монолітного залізобетону. Переkritтя монолітні залізобетонні. Покрівля плоска з поверхневим засипанням ґрунтом. Паркінг має незначне додаткове навантаження, що потребує визначення осідання при вторинному навантаженні.

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 досвіду визначення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів. Планування експерименту з паралельного визначення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів за допомогою компресійних приладів. Проведення компресійних випробувань з визначення модуля деформації та модуля пружності для різних видів ґрунтів. Обробка результатів. Опанування програмного комплексу Ліра, який базується на використанні чисельного методу скінчених елементів. Планування чисельного експерименту з визначення впливу співвідношення модуля пружності і модуля деформації на перерозподіл зусиль у фундаменті. Чисельне моделювання роботи конструкцій підземного паркінгу при різному співвідношенні модуля пружності і модуля деформації ґрунтової основи. Аналіз одержаних результатів, виявлення найбільш впливових чинників на перерозподіл зусиль у конструкції фундаменту.

2. Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних відміток генплану, експлікація підлоги, визначення техніко-економічних показників)

3. Основи та фундаменти (розробка конструктивного рішення фундаменту за методикою норм та у варіанті з використанням результатів 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 – 2 арк. (генеральний план, плани, розріз, вузли)

3. Основи та фундаменти – 1-2 арк. (план фундаментів для двох варіантів, робочі креслення фундаментів, специфікації)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
1-3 розділи	Маєвська І.В., к.т.н, доц кафедри БМГА		
Технічний розділ	Маєвська І.В., к.т.н, доц кафедри БМГА		
Розділ економіки	Сердюк Т.В., к.т.н, доц кафедри БМГА		
Розділ ОП	Кобилянська І.М., к.пед.н, доцент каф. БЖДП		

7. Дата видачі завдання 05.10.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	11.10-16.10.22	
2	Науково-дослідна частина	02.09-30.10.22	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	17.10-31.10.22	
4	Основи та фундаменти	01.11-10.11.22	
5	Охорона праці та цивільний захист	11.11-17.11.22	
6	Економічна частина	18.11-23.11.22	
7	Оформлення МКР	24.11-27.11.22	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	28.11-30.11.22	
9	Попередній захист	01.12-03.12.22	
10	Рецензування	05.12-10.12.22	

Студент

Граніч Ю. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Маєвська І. В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 624.15

Граніч Ю.М. Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – Промислове та цивільне будівництво. Вінниця : ВНТУ, 2022. 100 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 30 назви; рис. 42; табл. 32.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах. Виконано аналіз сучасного стану досліджень співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів, на основі чого складено програму та приведено результати компресійних випробувань зразків ґрунту. Проведено моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи, а також впливу цього співвідношення на роботу системи споруда-фундамент-основа в програмному комплексі Ліра-САПР і порівняно отримані математичні та фізичні результати досліджень.

В технічній частині роботи виконане проектування підземної автостоянки на 97 машиномісць. Конструкторська документація розроблялась у складі, достатньому для впровадження результатів наукової розробки у конструктивне рішення фундаментів будівлі. Розроблено два варіанти рішення фундаментів згідно існуючих норм, та за результатом наукових досліджень.

У роботі розроблено розділ з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях відповідно до нормативної документації.

У розділі економіки визначений економічний ефект від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту та обрано найкращий варіант для виконання підсилення фундаменту.

Магістерська кваліфікаційна робота містить 20 аркушів графічної частини.

Ключові слова: ґрунт, осідання, модуль деформації, модуль пружності, випробування ґрунтів.

ANNOTATION

Granich Y.M. The influence of the ratio of the modulus of elasticity and the modulus of soil deformation on the redistribution of forces in the foundations. Master's thesis on specialty 192 - Construction and civil engineering, educational program - Industrial and civil construction. Vinnytsia: VNTU, 2022. 132 p.

Ukraine language Bibliography: 30 titles; Fig. 42; table 32.

The influence of the ratio of the modulus of elasticity and the modulus of deformation of soils on the redistribution of forces in the foundations was investigated in the master's qualification thesis. An analysis of the current state of research on the ratio of the modulus of elasticity and the modulus of deformation of soils was performed, on the basis of which the program was drawn up and the results of compression tests of soil samples were presented. Modeling of the operation of foundations with different ratios of modulus of elasticity and modulus of deformation of the base, as well as the influence of this ratio on the operation of the structure-foundation-base system in the Lira-CAD software complex, and the obtained mathematical and physical research results were compared.

In the technical part of the work, the design of the underground parking lot with 97 parking spaces was completed. The design documentation was developed in a composition sufficient to implement the results of scientific development into the design solution of the building's foundations. Two options for foundation solutions have been developed according to existing norms and according to the results of scientific research.

In the work, a section on occupational health and safety in emergency situations has been developed in accordance with regulatory documentation.

In the economics section, the economic effect of the implementation of the results of scientific development is determined on the example of a technical object, and the best option for strengthening the foundation is chosen.

The master's qualification work contains 20 sheets of the graphic part.

Key words: soil, subsidence, modulus of deformation, modulus of elasticity, soil testing.

Зміст

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	6
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	6
1.1 Модуль деформації	6
1.2 Відмінності модуля пружності від модуля деформації	7
1.3 Співвідношення модуля деформації і модулі пружності при визначенні осідань.....	7
Висновки за розділом 1.....	10
РОЗДІЛ 2	12
Лабораторні дослідження співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів ...	12
2.1 Визначення фізичних характеристик ґрунту	13
2.2 Проведення компресійних випробувань	14
Висновки за розділом 2.....	21
РОЗДІЛ 3	22
Математичне моделювання роботи системи основа-фундамент-споруда при різномм співвідношенні модуля пружності і модуля деформації ґрунтів основи	22
3.1 Планування досліджень впливу величини співвідношення модуля пружності і модуля деформації основи на НДС системи будівля-фундамент-ґрунтова основа за допомогою програмного комплексу Ліра САПР.....	24
3.2 Результати досліджень впливу величини співвідношення модуля пружності і модуля деформації основи на НДС системи будівля-фундамент-ґрунтова основа	27
Висновки за розділом 3.....	34
РОЗДІЛ 4	36
Технічна частина	36
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	36
4.1.1 Конструктивні рішення.....	36
4.1.2 Конструктивні рішення.....	36
4.1.3 Опис генерального плану	37
4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення.....	38
4.1.5 Внутрішнє оздоблення.....	40
4.1.6 Протипожежні заходи.....	40
4.1.7 Інженерне обладнання	40
4.2 Основи та фундаменти.....	40
4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика	40
4.2.2 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика	40
4.2.3 Визначення навантажень на фундамент	44
4.2.4 Обґрунтування вибору варіанта фундаменту, його глибини закладання та геометричних розмірів.....	44
4.2.5 Статичний розрахунок фундаментної плити.....	49
4.2.6 Розрахунок армування фундаментної плити в програмі “Ліра-арм”	53
Висновки за розділом 4.....	61

РОЗДІЛ 5	62
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	62
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.....	63
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	63
5.1.2 Електробезпека	66
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	67
5.2.1 Мікроклімат	67
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	68
5.2.3 Виробниче освітлення.....	70
5.2.4 Виробничий шум.....	71
5.2.5 Психофізіологічні фактори.....	72
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.	74
Висновки за розділом 5.....	77
РОЗДІЛ 6	78
Економічна частина	78
6.1 Розрахунок варіантів фундаментів з врахуванням результатів дослідження.....	78
6.1.1 Варіант фундаменту з співвідношенням $E_{c,i} = 2 E_i$	78
6.1.2 Варіант фундаменту з співвідношенням $E_{c,i} = 10 E_i$	83
6.2 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів	83
Висновки за розділом 6.....	93
ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96
ДОДАТКИ	99
ДОДАТОК А	99
Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень ..	99
ДОДАТОК Б	100
Результати лабораторних досліджень зразків ґрунту	100
ДОДАТОК В	118
Результати лабораторних досліджень глинистих ґрунтів	118
ДОДАТОК Г	133
Відомість аркушів графічної частини	133

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних нормах зазначено, що якщо немає результатів визначення модуля деформації по вітці розвантаження, що приймається за модуль пружності, то модуль пружності можна приймати в 5 разів більшим за модуль деформації. При зведенні будівель у глибоких котлованах фундамент розвантажується, досягаючи сотень кПа, а в окремих випадках (підземні паркінги без наземних частин, тунелів, наземної міської залізниці) вага конструкції не досягає ваги викопаного ґрунту витягнутого з котловану. У цьому випадку деформації розвантаження, розраховані за постійним модулем деформації, стають надзвичайно великими.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є провести досліди по визначенню співвідношення модуля деформації і модулі пружності по вітці розвантаження та повторного навантаження для різних типів ґрунтів. Дослідити вплив співвідношення модуля деформації і модулі пружності при визначенні осідань.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- виконати аналіз існуючих досліджень про співвідношення модуля деформації і модулі пружності;
- спланувати та провести чисельні компресійні випробування для різних видів ґрунтів з побудовою гілок навантаження і розвантаження;
- провести моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи, а також впливу цього співвідношення на роботу системи споруда-фундамент-основа в програмному комплексі Ліра-САПР;
- порівняти отримані математичні та фізичні результати досліджень;
- визначити вплив співвідношення модуля деформації і модулі пружності на визначення осідань.

Об'єкт дослідження – плитний фундамент підземної автостоянки.

Предмет дослідження – вплив співвідношення модуля деформації і модуля пружності на визначення осідань.

Методи дослідження. Проведення чисельних компресійних випробувань зразків ґрунту по різним гілкам навантаження. Моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи, а також впливу цього співвідношення на роботу системи споруда-фундамент-основа в програмному комплексі Ліра-САПР

Новизна одержаних результатів. Моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи.

Особистий внесок магістра. Спрямування роботи на досягнення максимального економічного ефекту при проектуванні фундаментів у глибоких котлованах. Виконання чисельних компресійних випробувань. Моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи.

Апробація результатів роботи. Результати роботи апробовано на:

- Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2022), проведеної 31 травня 2022р. у ВНТУ;
- міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві-2022», проведеної 25 листопада 2022р. у ВНТУ.

Публікації.

1. Граніч Ю.М., Маєвська І.В. Співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів при визначенні осідань. Наук.-техн. конф., м. Вінниця, 31 травня 2022р. Вінниця 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/index>
2. Граніч Ю.М., Маєвська І.В. лабораторні дослідження співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів. Інноваційні технології в будівництві-2022: Наук.-техн. конф., м. Вінниця, 25 листопада 2022р. Вінниця 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/index>

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Модуль деформації

Модуль деформації - це одна з характеристик ґрунту, яка дозволяє оцінити його стисливість, з точки зору теорії пружності - це величина, що зв'язує напруги з деформаціями. Необхідність у визначенні цієї характеристики виникає, якщо потрібно розрахувати підстави щодо деформацій. Відомо, що розрахунок основ по другій групі граничних станів є основним, тому переоцінити значення цієї характеристики неможливо. У зв'язку з тим, що ґрунт не є пружним тілом, використання модуля пружності призведе до великих розбіжностей з експериментом. Тому, в практиці геотехніки та механіки використовується модуль загальної деформації ґрунту – це характеристика лінійного взаємозв'язку прирощень тиску та деформацій ґрунту, з використанням припущень роботи ґрунту як пружного тіла. Одне з цих припущень – робота ґрунту в умовах одноразового навантаження, без фази розвантаження. Дійсно для завдань масового проектування та нового будівництва ґрунт зазнає поетапного навантаження у процесі будівництва без фази розвантаження. Однак, є завдання в геотехніці, наприклад, проектування глибоких котлованів, розрахунок впливу нового будівництва, де ґрунт зазнає зняття побутових тисків, тому у вирішенні цих завдань також використовується модуль пружності або на гілки вторинного навантаження ґрунту. Співвідношення встановлюється експериментально, для попередніх розрахунків користуються залежністю $E_{ur}=5E$, де E_{ur} – модуль пружності, МПа [3].

1.2 Відмінності модуля пружності від модуля деформації

Модуль пружності завжди більший за модуль загальної деформації. Модуль пружності визначається з випробувань зразків ґрунту при їх пружній поведінці, яка має місце при розвантаженні (гілка ab), а модуль загальної деформації, що характеризує поведінку ґрунту за наявності як пружних, так і залишкових деформацій, і знаходять з випробувань гілки навантаження Oa (рис 1.1).

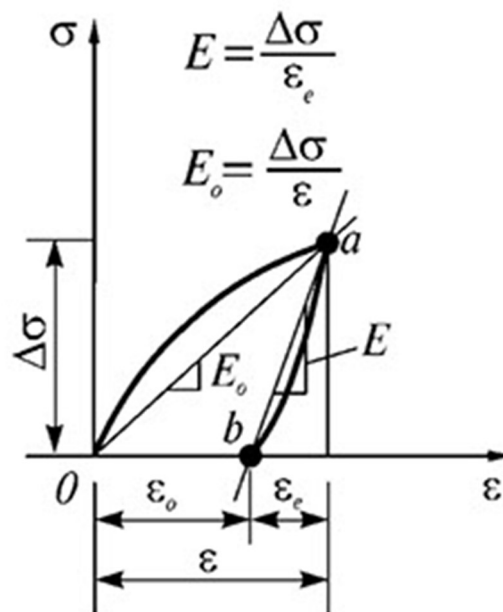


Рисунок 1.1 – Відмінності модуля пружності від модуля деформації

1.3 Співвідношення модуля деформації і модулі пружності при визначенні осідань

У посібнику [13] є таблиці співвідношення модуля деформації і модулі пружності (табл. 1.1, 1.2) для різних видів ґрунтів. Але ці дані зараз не використовуються.

Таблиця 1.1- відношенню модулів деформації для глинистих ґрунтів

Глинистые ґрунты	Значение показателя текучести	Значения коэффициента $k = \frac{E_u}{E_l}$ при коэффициенте пористости			
		$e \leq 0,5$	$0,5 < e \leq 0,8$	$0,8 < e \leq 1,1$	$e \geq 1,1$
Супеси	$0 \leq I_L \leq 1$	1,5	2	2,5	3
Суглинки	$I_L \leq 0,75$	1,5	2	2,5	3
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	1,5	2	2,5	3
	$0,75 < I_L \leq 1$	2	2,5	3	3,5
Глины	$I_L \leq 0,75$	2	2,5	2,3	3
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	2	2,5	3	3,5
	$0,75 < I_L \leq 1$	2,5	3	3,5	4

Таблиця 1.2- відношення модулів деформації для піщаних ґрунтів

Песчаные ґрунты	Значения коэффициента $k = \frac{E_u}{E_l}$ при коэффициенте пористости e , равном			
	0,45	2	2,5	0,75
Пески гравелистые и крупные	1,5	2	2,5	-
Пески средней крупности	1,5	2	2,5	-
Пески мелкие	2	2,5	3	4
Пески пылеватые	2	3	4	5

Більшість рішень механіки ґрунтів ґрунтуються на припущенні одноразового навантаження ґрунту, при якому відбуваються пружні та пластичні деформації [1, 2]. Таким чином, активний розвиток підземного простору свідчить про важливість врахування ґрунтової основи в області розвантаження/перевантаження. При зведенні будівель у глибоких котлованах

фундамент розвантажується, досягаючи сотень кПа, а в окремих випадках (підземні паркінги без наземних частин, тунелів, наземної міської залізниці) вага конструкції не досягає ваги викопаного ґрунту витягнутого з котловану. У цьому випадку деформації розвантаження, розраховані за постійним модулем деформації, стають надзвичайно великими.

Хоча ґрунт є пружно-пластичним тілом з переважано пластичними деформаціями, розвантажувальні деформації можуть відігравати значну роль, особливо при будівництві тунелів з великою глибиною закладання.

Різні фізико-механічні природи пружності, як властивості матеріалу, що частково відновлює форму та об'єм при знятті напружень, у скельних та дисперсних ґрунтах визначають значну залежність пружних характеристик дисперсних ґрунтів від виду напруженого стану, досягнутого рівня деформацій та ступеня наближення до граничного стану.

В даний час різні методи враховують деформації під час розвантаження. У роботі [3] при розрахунку просідання використовується модуль деформації при розвантаженні $E_{e,i}$, який визначається експериментально [3]. При розрахунку просідання пропонується використовувати модуль деформації при розвантаженні $E_{e,i}$, котрий визначається експериментально, або, за відсутності експериментальних даних, виходить еквівалентний $5E_i$. Цей підхід дозволяє уникнути завищення розрахункових деформацій розвантаження у глибоких котлованах. При цьому в чинних нормативних документах [4] немає рекомендацій з експериментального визначення цього параметра в дисперсних ґрунтах. Більш того, для скельних [4] та напівскельних ґрунтів [4] дано прямі вказівки щодо діапазону напружень, в якому обов'язково обчислюється модуль пружності.

Багато сучасних моделей, що використовуються в програмних системах, застосовують різні характеристики деформації при навантаженні та розвантаженні. При цьому для первинного навантаження нелінійність розвитку деформації змінюється на основі гіперболічного закону [5] у твердих ґрунтах [6] або логарифмічного закону в м'яких ґрунтах [7-9]; Для

розвантаження застосовуються залежності лінійно-пружної моделі Гука. У моделі ґрунту, що зміцнюється, також використовується залежність модуля розвантаження E_{ur} від фактичної середньої ефективної напруги p' . Крім того, модель малої деформації твердіння ґрунту є однією з кількох моделей, що описують нелінійність деформації під час розвантаження та перевантаження; проте форма і нахил графіку розвантаження не залежать від ступеня наближення до порогового стану [10, 11]. Ситуація ускладнюється також відсутністю авторських рекомендацій щодо визначення параметрів цих моделей.

В одній з робіт [6] параметри ґрунту, що зміцнюється, були визначені для піску. У цьому дослідженні автори встановили взаємозв'язок між модулями розвантаження та повторного навантаження з модулем при нарузі 50% міцності наступним чином:

$$E_{ur} = 3E_{50} \quad (1.1)$$

Це співвідношення зберігається для модулів деформації піску різної щільності [12]. Більшість користувачів програмних комплексів, сприймають це співвідношення, як єдине можливе і вже використовують його для всіх типів та різновидів дисперсних ґрунтів; така практика, безумовно, є хибною.

Експериментальні дані показують, що у дисперсних ґрунтах, модуль деформації розвантаження залежить від ступеня наближення до граничного стану. Для відносно малих деформацій модулі деформації розвантаження значно вище, ніж для відповідних порогових деформацій опору зсуву. У сучасних моделях, цей факт не враховується.

Висновки за розділом 1

1. Розглянуто різні точки зору на співвідношення модуля деформації і модулі пружності при визначенні осідань.
2. Визначено, що якщо немає результатів визначення модуля деформації по вітці розвантаження, що приймається за модуль пружності, то

модуль пружності можна приймати в 5 разів більшим за модуль деформації.

3. Наведено зведені таблиці, в яких пропонується співвідношення модуля деформації і модулі пружності для різних видів ґрунтів, розроблені в нормативній літературі радянських часів як рекомендовані..

Пропонується провести лабораторні дослідження модуля деформації та модуля пружності різних ґрунтів і визначити дослідні залежності співвідношення модуля деформації і модулі пружності від характеристик ґрунтів та їх вплив на визначення осідань.

РОЗДІЛ 2

Лабораторні дослідження співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів

Пропонується провести експерименти, щоб дослідити співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів. Для експериментів взяті зразки піску різної крупності та щільності, зразки супісків (зразок з вул. Андрія Первозванного №2, зразок з зупинки “Перемичка”), зразки суглинків (зразок з вул. Андрія Первозванного №1, зразок з вул. 600річчя, зразок з зупинки “Перемичка”, зразок з Луки-Мелешківської). На рисунку 2.1 приведена карта знаходження котлованів з яких взяті зразки ґрунтів. Визначені фізичні характеристики зразків та проведенні компресійні випробування.

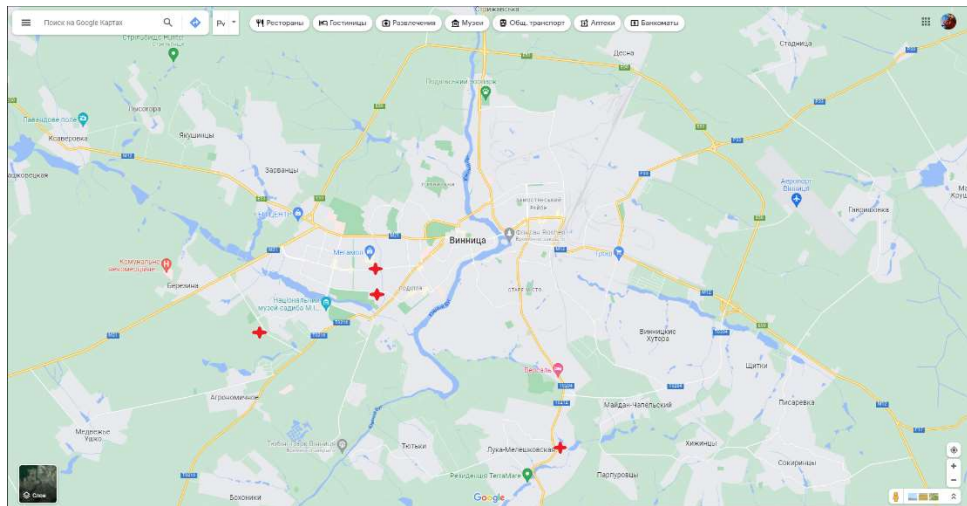


Рисунок 2.1 – карта знаходження котлованів



Рисунок 2.2 – Взяття зразків ґрунту з котловану

2.1 Визначення фізичних характеристик ґрунту

Під вологістю ґрунту розуміють вміст в ньому тієї чи іншої кількості води. Розрізняють вагову та об'ємну вологість.

Ваговою вологістю ґрунту w називають відношення маси води, яка знаходиться в порах ґрунту, до маси самих частинок ґрунту дослідного зразка.

Об'ємна вологість - відношення об'єму води в порах до об'єму зразка ґрунту.

Природною вологістю ґрунту називають кількість вільної та поверхнево зв'язаної води в порах ґрунту в природних умовах його залягання. Природна вологість є важливою характеристикою фізичного стану ґрунту, яка визначає його міцність та деформованість. Особливе значення вологість має для глинистих ґрунтів, які різко змінюють свої властивості залежно від ступеня зволоження.

Вологість визначається в частках одиниці. Визначення вологості виконується відповідно до ГОСТ 5180-84 [14].

Межі зміни природної вологості різних типів ґрунтів досить широкі: для пісків 0,01...0,40; для глинистих ґрунтів - 0,15...2,0; для стрічкових набухаючих глин - до 4,00.

Відповідно до визначення, вагова вологість може бути підрахована за формулою

$$w = m_w / m_s , \quad (2.1)$$

де m_w - маса води в зразку, кг;

m_s - маса сухого ґрунту, кг.



Рисунок 2.3 – Бюкси з ґрунтом в сушильній шафі

Щільність ґрунту - маса ґрунту в одиниці об'єму непорушеної будови (г/см^3).



Рисунок 2.4 – Ваговий контроль щільності та границь пластичності ґрунтів

2.2 Проведення компресійних випробувань

Робота виконується з використанням компресійного приладу конструкції Літвінова, в якому ґрунт під дією ступінчасто зростаючого навантаження ущільнюється без можливості бокового розширення. На основі лабораторних випробувань ґрунту визначають такі його характеристики деформованості;

коефіцієнт стисливості m_o , коефіцієнт відносної стисливості m_v , коефіцієнт компресії m_c , компресійний модуль деформації E_k , штамповий модуль деформації - E .

Компресійний прилад конструкції Літвінова складається з одометра і опорної частини важільної конструкції. До складу одометра входить кільце, яке знаходиться між основою циліндра (з нижнім дренажним диском) та верхнім направляючим циліндром (з поршнем і верхнім дренажним диском), затискного пристрою та важільної системи.

Зразок ґрунту в кільці розміщується на основі приладу. В виїмці основи знаходиться нижній дренажний диск, який має вертикальні отвори для фільтрації води. Кільце приладу з однієї сторони має ріжучу кромку, а з другої - циліндричну виточку, яка призначається для сполучення кільця з нижньою частиною приладу.

Верхня частина приладу служить для встановлення поршня і забезпечення його вертикального переміщення при випробуванні ґрунту. В поршні є дренажний диск для фільтрації витискуваної води. Спеціальний гвинт дозволяє закріпити шток поршня для запобігання набухання ґрунту при насиченні водою.

Телескопічне важільне пристосування має розміри, які забезпечують передачу на шток поршня заданого навантаження. Зразки ґрунту циліндричної форми мають висоту 20 мм, площу поперечного перерізу 25 см^2 (діаметр 55,6 мм) і об'єм - 50 см^3 . Співвідношення пліч важеля - 1:25. Ціна поділки індикатора, що використовується для вимірювання вертикальних переміщень поршня - 0,01 мм.

До початку випробувань необхідно виконати тарування приладу, яке характеризує деформацію приладу та фільтрів під навантаженням.

Для випробувань використовують зразки ґрунту непорушеного складу з природною вологістю або в водонасиченому стані.



Рисунок 2.5 – Проведення компресійних випробувань

Навантаження зразка, що випробовувався, проводили рівномірно, без ударів ступенями навантаження.

Ступені тиску тиску p_1 при випробуванні приймали рівними 0,025; 0,05; 0,1 МПа і далі з інтервалом 0,1 МПа. На кожному ступені навантажування зразка ґрунту знімали відліки за приладами для вимірювання вертикальних деформацій в наступній послідовності: перший відлік – зразу після прикладення навантаження, потім через 0,025; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 хв і далі з інтервалом 1 год до умовної стабілізації деформації зразка. Навантаження здійснювалось до тиску 0,30 МПа після чого виконувалось розвантаження і повторне (вторинне) завантаження.

Модуль деформації та модуль пружності визначався в інтервалі навантажень від 0,1 до 0,2 МПа. Нормами [4] пропонується визначати модуль пружності за гілкою розвантаження, але проведені попередньо випробування показали, що визначення модуля пружності за гілкою розвантаження дає значно вищі значення у порівнянні з модулем пружності, визначеним за гілкою повторного навантаження. В зв'язку з цим аналіз співвідношення модуля пружності та модуля деформації (E_s/E) з метою визначення вторинних осідань логічно проводити на базі гілки вторинного завантаження.

Розрахунки співвідношення модуля пружності та модуля деформації для кожного зразку ґрунту знаходяться у Додатку А. Розрахунки зразків глин, взяті з даних проектної організації, Додаток Б.

Результатами є таблиці (табл. 1, 2, 3, 4, 5, 6) та графіки (рис. 4, 5, 6, 7, 8) співвідношення модуля деформації і модуля пружності для різних видів ґрунтів в залежності від коефіцієнта пористості (e).

Таблиця 2.1 – Співвідношення E_c/E для суглинків

e	0,75	0,907	0,586	0,753
E_c/E за гілкою вторинного навантаження	2,3	6,6	1,86	6,32
E_c/E за гілкою розвантаження	150,42	134,77	77,78	132,17

Таблиця 2.2 – Співвідношення E_c/E для пісків середньої крупності

e	0,68	0,425
E_c/E за гілкою вторинного навантаження	5,6	4,05
E_c/E за гілкою розвантаження	123,81	76,25

Таблиця 2.3 – Співвідношення E_c/E для мілких пісків

e	0,765	0,4
E_c/E за гілкою вторинного навантаження	4,0	2,39
E_c/E за гілкою розвантаження	129,44	39,8

Таблиця 2.4 – Співвідношення E_c/E для глин

e	0,424	0,527	0,572	0,657	0,767	0,835	0,81
E_c/E за гілкою вторинного навантаження	2,74	4,39 3,0	4,85	11,4	4,955	4,35	3,68

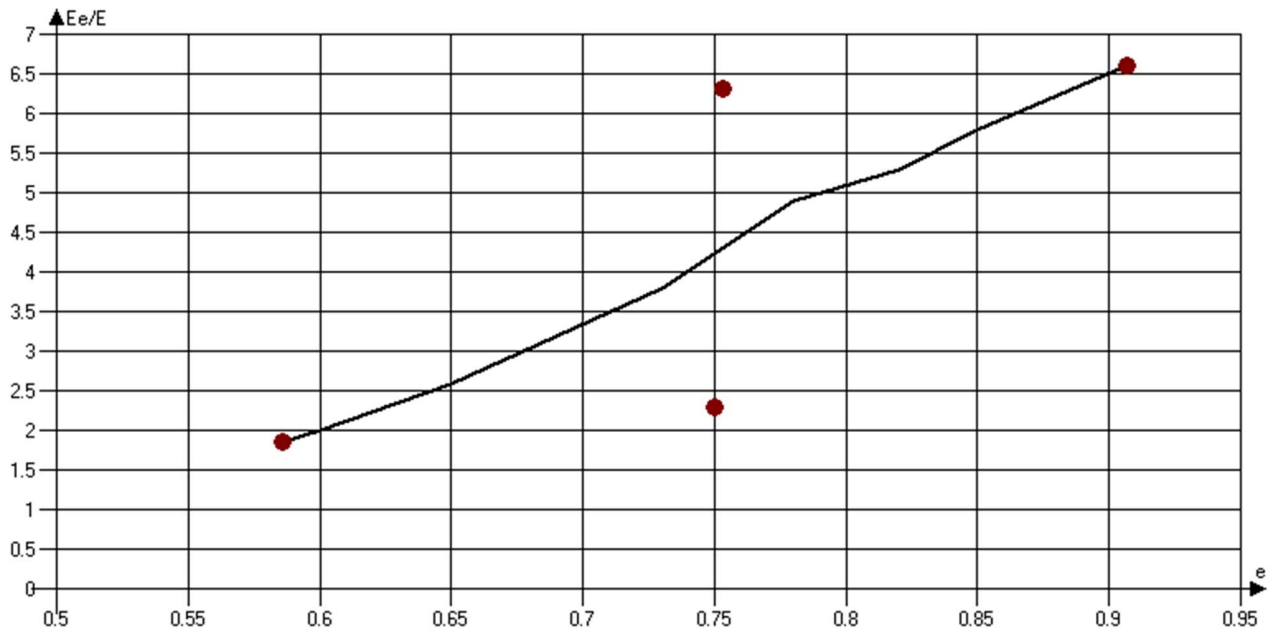


Рисунок 2.6 – Співвідношення E_e/E для суглинків

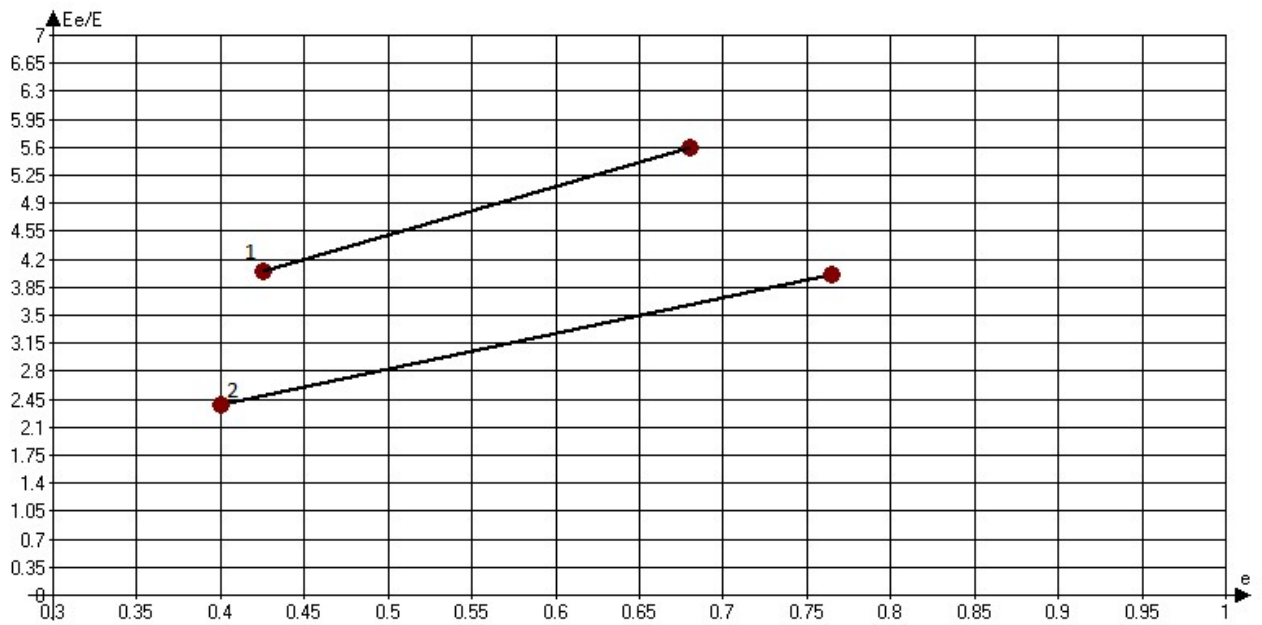
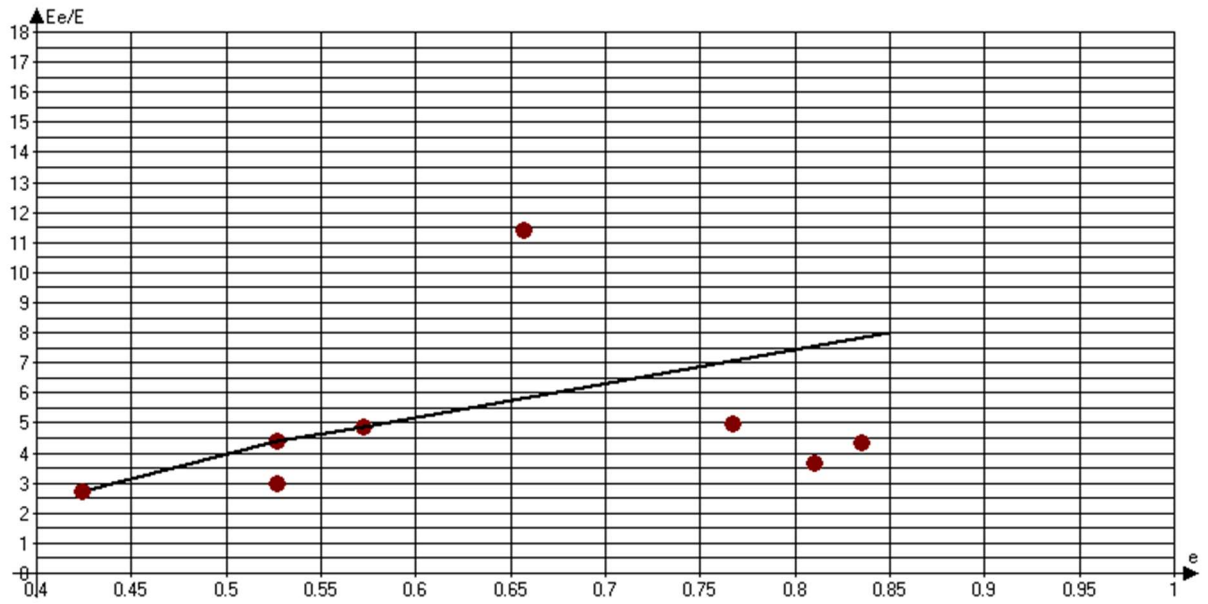
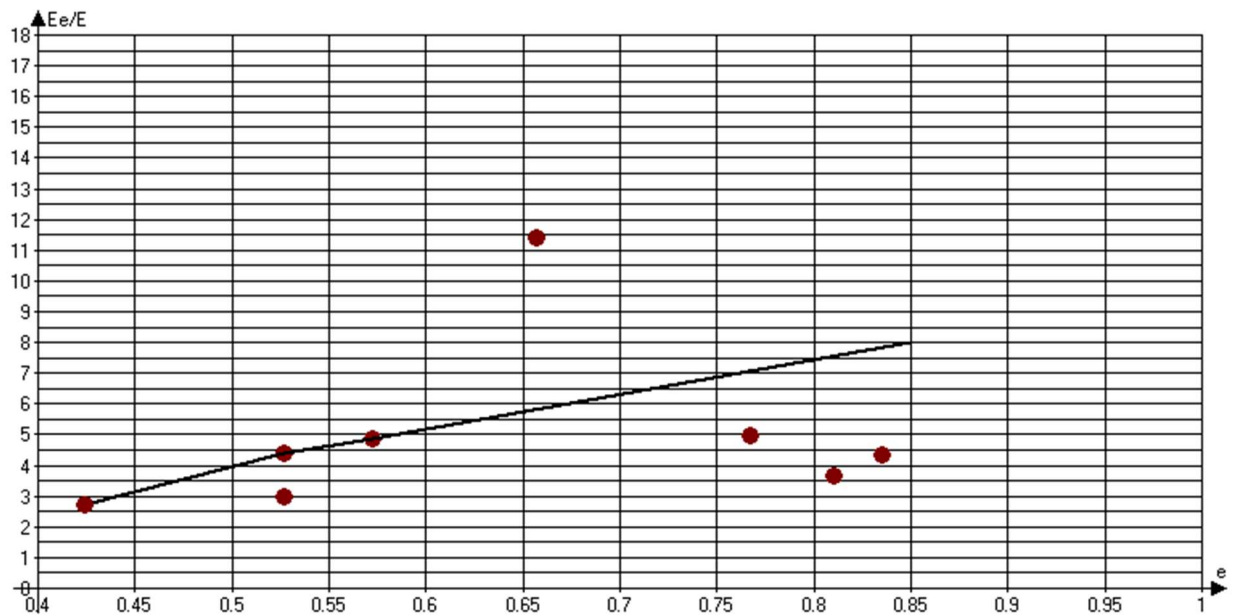


Рисунок 2.7 – Співвідношення E_e/E для пісків; 1 - середньої крупності;
2 - для мілких пісків

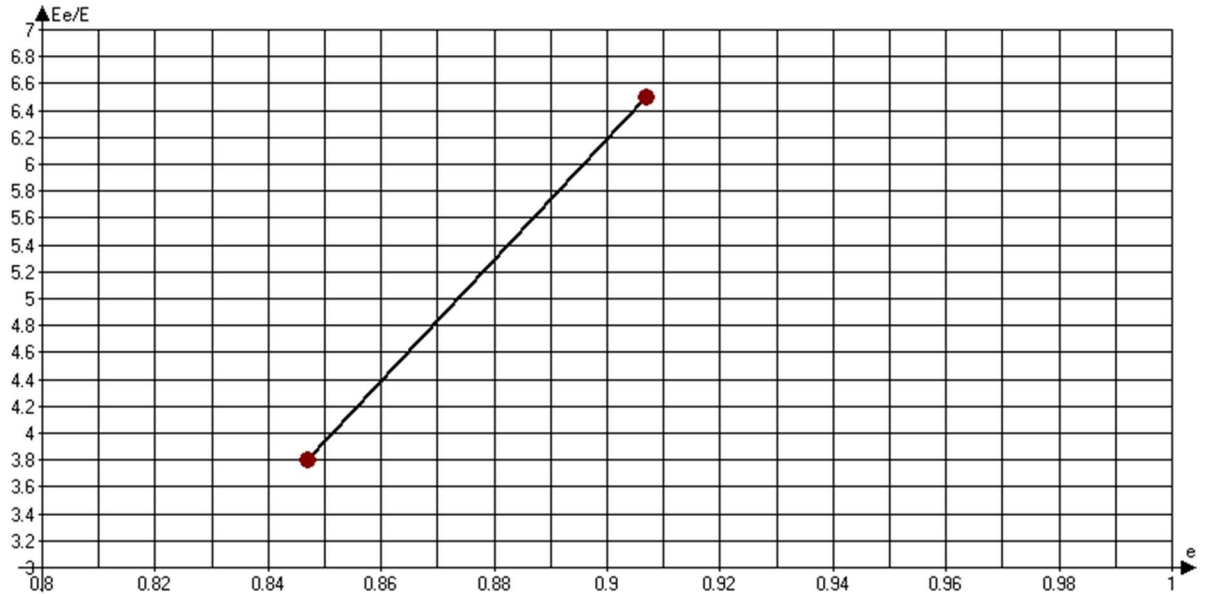
Рисунок 2.8 – Співвідношення E_e/E для глинТаблиця 2.5 – Співвідношення E_e/E для водонасичених глин

e	0,522	0,57	0,61	0,719	0,811	1,05
E_e/E за гілкою вторинного наваптаження	6,6	13,6	12,9	5,56	16,6	76,8

Рисунок 2.9 – Співвідношення E_e/E для водонасичених глин

Таблиця 2.6 – Співвідношення E_e/E супісків

e	0,907	0,847
E_e/E за гілкою вторинного навантаження	6,5	3,8
E_e/E за гілкою розвантаження	134,77	108,05

Рисунок 2.10 – Співвідношення E_e/E для супісків

Аналізуючи результати пропонується використовувати таблиці (табл 2.7, 2.8) співвідношення модуля деформації і модулі пружності для різних видів ґрунтів.

Таблиця 2.7 – Співвідношення модуля пружності і модуля деформації для глинистих ґрунтів

Глинясті ґрунти	Значення показника текучості	Значення коефіцієнта $k = \frac{E_e}{E}$ при коефіцієнті пористості		
		$e \leq 0,5$	$0,5 < e \leq 0,8$	$0,8 < e \leq 1,1$
Супіски	$0 \leq I_L \leq 1$		4,0	6,5
Суглинки	$I_L \leq 0$		2,5-6,0	6,6
Глини	$0,25 < I_L \leq 0,75$	2,7	3,0-5,0	4,0-5,0
	$0,75 < I_L \leq 1$		5,0-13,0	16,0-70

Таблиця 2.8 – Співвідношення модуля пружності і модуля деформації для піщаних ґрунтів

Піщані ґрунти	Значення коефіцієнта $k = \frac{E_e}{E}$ при коефіцієнті пористості	
	$e = 0,4-0,45$	$e = 0,7-0,8$
Піски середньої крупності	4	5,5
Піски мілкі	2	4

Висновки за розділом 2

Отже, у результаті лабораторних досліджень співвідношення модуля деформації і модуля пружності отримані графіки та таблиці залежності модуля деформації і модуля пружності ґрунтів, з яких можна зробити такі висновки:

1. При визначенні модуля пружності за результатами компресійних випробувань доцільно використовувати гілку вторинного навантаження, а модуль пружності, визначений за гілкою розвантаження має суттєво завищені значення.

2. При зростанні коефіцієнта пористості e співвідношення $k = \frac{E_e}{E}$ також зростає.

3. Рекомендоване нормами [3, 4] при відсутності даних випробувань співвідношення модуля пружності і модуля деформації $k = \frac{E_e}{E} = 5$ для більшості ґрунтів не відповідає дійсності.

4. При проектуванні заглиблених споруд, для яких величина модуля пружності має особливо суттєве значення, необхідно рекомендувати дослідне визначення співвідношення модуля пружності і модуля деформації.

РОЗДІЛ 3

Математичне моделювання роботи системи основа-фундамент-споруда при різном співвідношенні модуля пружності і модуля деформації ґрунтів основи

Для моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи, а також впливу цього співвідношення на роботу системи споруда-фундамент-основа був використаний програмний комплекс Ліра-САПР [15].

При моделюванні піддатливої основи використовувалась система ГРУНТ, що дозволяє розглянути напружено-деформований стан (НДС) системи фундамент – основа при спільній роботі її елементів. Вихідними даними для розрахунку піддатливої основи є:

- перенесена з вихідних даних схема елементів, що моделюють фундаментні плити з навантаженнями p_z ;
- додаткові навантаження на ґрунт (в разі необхідності), їх розміщення, величини і відмітки площини прикладання;
- модель ґрунту, яка містить опис характеристик ґрунтів і відомості про свердловини (їх розташування в плані і на шарування ґрунтів).

Система ГРУНТ за даними інженерно-геологічних вишукувань майданчику будівництва виконує побудову трьохвимірної моделі ґрунту. Відповідно до цієї моделі визначаються значення коефіцієнтів жорсткості, що залежать від навантажень на фундаментну плиту, а також обчислюється глибина стисливої товщі і осідання фундаменту.

Величини коефіцієнтів жорсткості для кожного кінцевого елемента автоматично передаються в загальну комп'ютерну модель, яка використовується для розрахунку системи надземна споруда-фундаментні конструкції-ґрунтовий масив.

Для моделювання ґрунтового масиву використовувався зв'язок програми “ЛІРА-САПР” та підпрограми комплексу “Ґрунт”. Для цього перед початком моделювання в програму “Ґрунт” вводяться характеристики ґрунтів та

створюються “свердловини”, в яких задаються потужність шарів як показано на рис. 3.1.

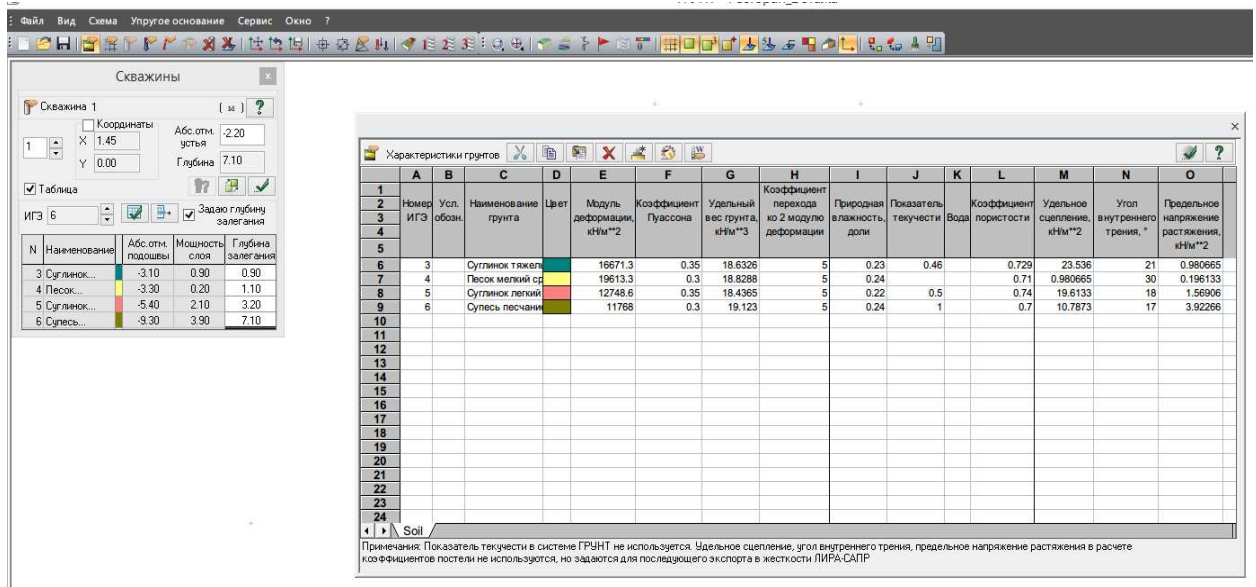


Рисунок 3.1 – Характеристики ґрунтової основи в програмі “Грунт”

Для врахування реальних значень осідань будівель з глибокою підземною частиною за чинними нормами [3, 16] в формулу норм з визначення осідання методом пошарового підсумовування введено друге складове, що враховує осідання, пов’язане з вторинним навантаженням (первинне навантаження здійснювалось від власної ваги ґрунту в межах епюри σ_{zi}).

$$S_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i,cep.} - \sigma_{zy,i,cep.})h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{zy,i,cep.}h_i}{E_{e,i}}, \quad (3.1)$$

$E_{e,i}$ - модуль деформації і-го шару ґрунту за гілкою вторинного навантаження (модуль пружності).

E_i та $E_{e,i}$ визначаються в межах діючих навантажень від власної ваги ґрунту і будівлі. При відсутності даних випробувань модуль деформації $E_{e,i}$ для споруд класів СС1 та СС2 нормами [3, 16] допускається приймати $E_{e,i} = 5 E_i$.

Програмним модулем “Грунт” передбачене введення співвідношення $E_{e,i}/E_i$ (див. рис. 3.1). При відсутності відомостей про це співвідношення воно за замовчуванням приймається рівним 5.

Розподільні властивості основи при природній вологості ґрунтів враховуються визначенням її змінного коефіцієнта жорсткості за значеннями повного осідання виходячи з роздільного обліку його пружної та залишкової частин, які знаходяться за формулою

$$s = s_{el} + s_{pl}, \quad (3.2)$$

де s - повне осідання ґрунтової основи по вертикалі, що розглядається, від зовнішнього навантаження, яке вираховується у межах стисливої товщі основи H_c :

s_{el} - пружна частина осідання (друга складова формули з визначення осідання через модуль вторинної деформації);

s_{pl} - залишкова частина осідання.

Залишкове осідання s_{pl} визначається як різниця між середніми значеннями повного осідання та пружною його частиною, які визначаються за розрахунковими вертикалями.

Для елементів фундаментних плит задаємо стартовий осереднений тиск під подошвою. Після цього за допомогою спеціального інструменту спільної роботи програм “Лир-визор” та “Ґрунт” дані про фундаментну плиту імпортуються в програму “Ґрунт” та прив’язуються до моделі ґрунту. Це дозволяє розрахувати коефіцієнти постелі перед основним розрахунком моделі, що моделює сумісну роботу з ґрунтовою основою. Після розрахунку моделі передаємо значення опору ґрунту у стартову розрахункову схему для уточнення коефіцієнтів постелі. Розрахунки схеми проводимо декілька разів поки мозаїка опору ґрунту не стає сталою.

3.1 Планування досліджень впливу величини співвідношення модуля пружності і модуля деформації основи на НДС системи будівля-фундамент-ґрунтова основа за допомогою програмного комплексу Ліра САПР

В якості об’єкту, на базі якого передбачається дослідити вплив величини співвідношення модуля пружності і модуля деформації основи на НДС

системи будівля-фундамент-грунтова основа, обрана окремо розташована підземна автостоянка (паркінг), фундамент якої має глибину закладання більше 5,0 м, а зовнішнє навантаження незначне. Отже для такого об'єкту при визначенні осідання перше складове у формулі (3.1) буде доволі незначним, тому головний вплив на величину загального осідання буде чинити друге складове, що є функцією модуля пружності $E_{e,i}$.

Метою математичного моделювання роботи системи будівля-фундамент-грунтова основа є аналіз зміни напружено-деформованого стану системи при зміні величини $E_{e,i}$, яке задається через співвідношення $E_{e,i}/E_i$.

Дослідження будемо проводити на прикладі підземної споруди-паркінгу, каркасної з монолітним залізобетонним каркасом, з зовнішніми стінами, що слугують підпірними стінами. Стіни – монолітні залізобетонні товщиною 300 мм. Покриття – монолітні залізобетонні безбалкові товщиною 200 мм. По покриттю виконана засипка з ґрунту товщиною 2.0 м.

Колони розміщуються з кроком 6(7,5)х6 м. Переріз колон 0,4х0,4 м.

Фундамент плитний товщиною 600 мм. Розріз паркінгу показаний на рис.

3.2.

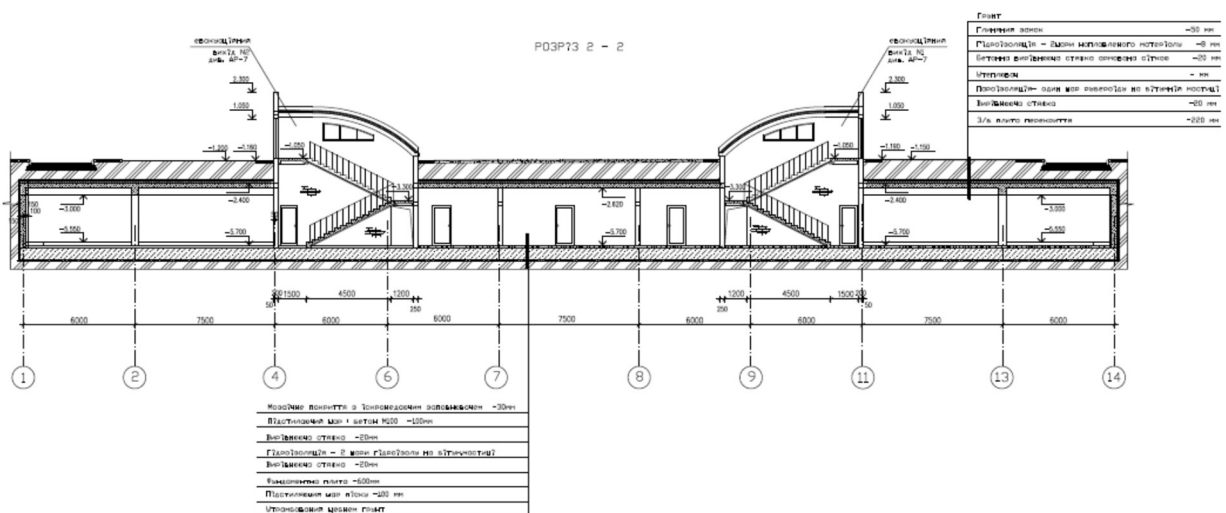


Рисунок 3.2 – Поперечний розріз споруди паркінгу

Основою під плитний фундамент слугують шари супіску твердого та пластичного ($I_L \sim 0,0-0,2$) з такими фізико-механічними характеристиками:

$$\gamma_{11}=1,85 \text{ т/м}^3, \epsilon = 0,605, w=0,11; \varphi_{11}=28^\circ, C_{11}=16,0 \text{ кПа}, E = 20 \text{ МПа};$$

грунтова основа приймалась однорідною на значну глибину.

На рис. 3.3 наведена розрахункова модель паркінгу, одержана в програмі Ліра САПР.

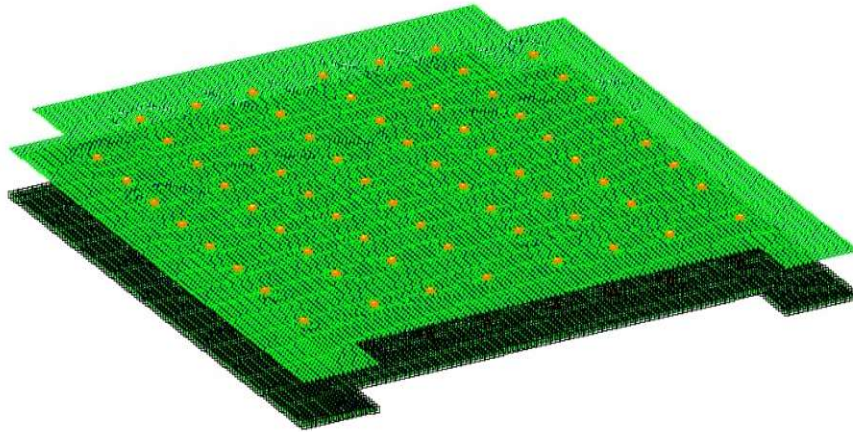


Рисунок 3.3 – Розрахункова модель споруди паркінгу

При моделюванні ґрунтового середовища розміри масиву приймалися 10 м у глибину та 85x80 м у плані (рис. 3.4).

При моделюванні ґрунтової основи варіювались величина співвідношення $k = E_{c,i}/E_i$ та величина модуля деформації E_i . У таблиці 3.1 наведена програма математичного моделювання.

Таблиця 3.1 – Програма математичного моделювання

Група дослідів	Модуль деформації, E_i , МПа	Співвідношення $k = E_{c,i}/E_i$
1	20	2
		5
		10
2	10	2
		5
		10

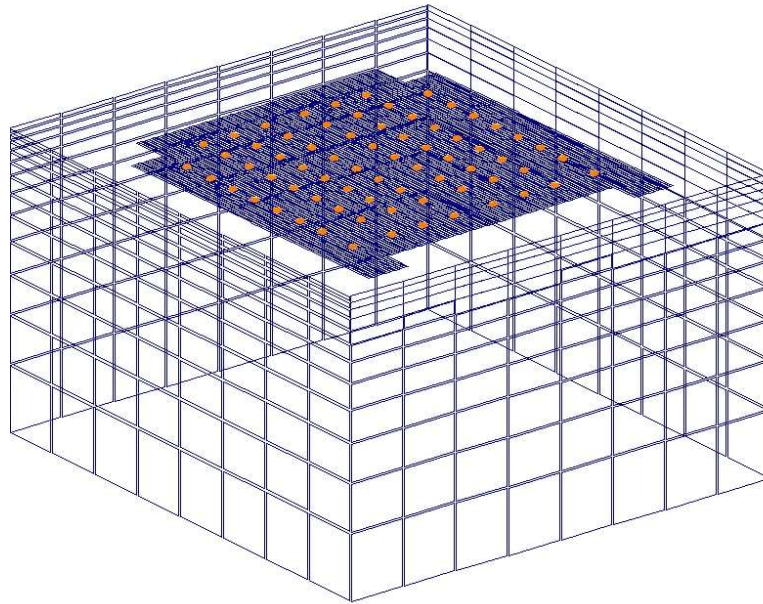


Рисунок 3.4 – Модель ґрунтового масиву

3.2 Результати досліджень впливу величини співвідношення модуля пружності і модуля деформації основи на НДС системи будівля-фундамент-ґрунтова основа

Математичне моделювання роботи споруди на піддатливій основі в програмному комплексі Ліра САПР дозволяє одержати розподіл зусиль в елементах каркасу та фундаментної плити, тиск під подошвою фундаментів (кольорові діаграми R_z), осідання під подошвами фундаментів (кольорові діаграми переміщень по осі Z).

На рис. 3.5 для прикладу наведена кольорова діаграма осідань та схема розрахунку величини осідання, на рис. 3.6 – кольорова діаграма тиску під подошвою фундаменту R_z , на рис. 3.7 – епюра згинальних моментів M_x .

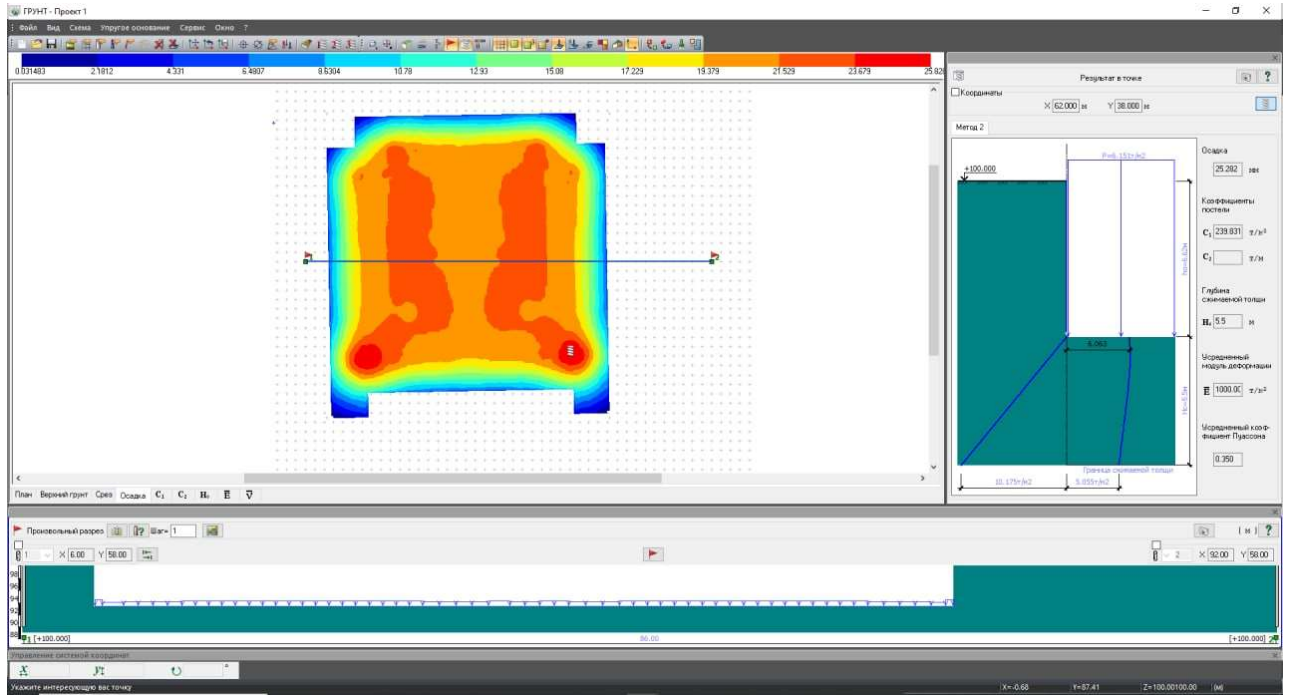


Рисунок 3.5 – Кольорова діаграма осідань та схема розрахунку величини осідання для $k = 10$ та $E = 10 \text{ МПа}$

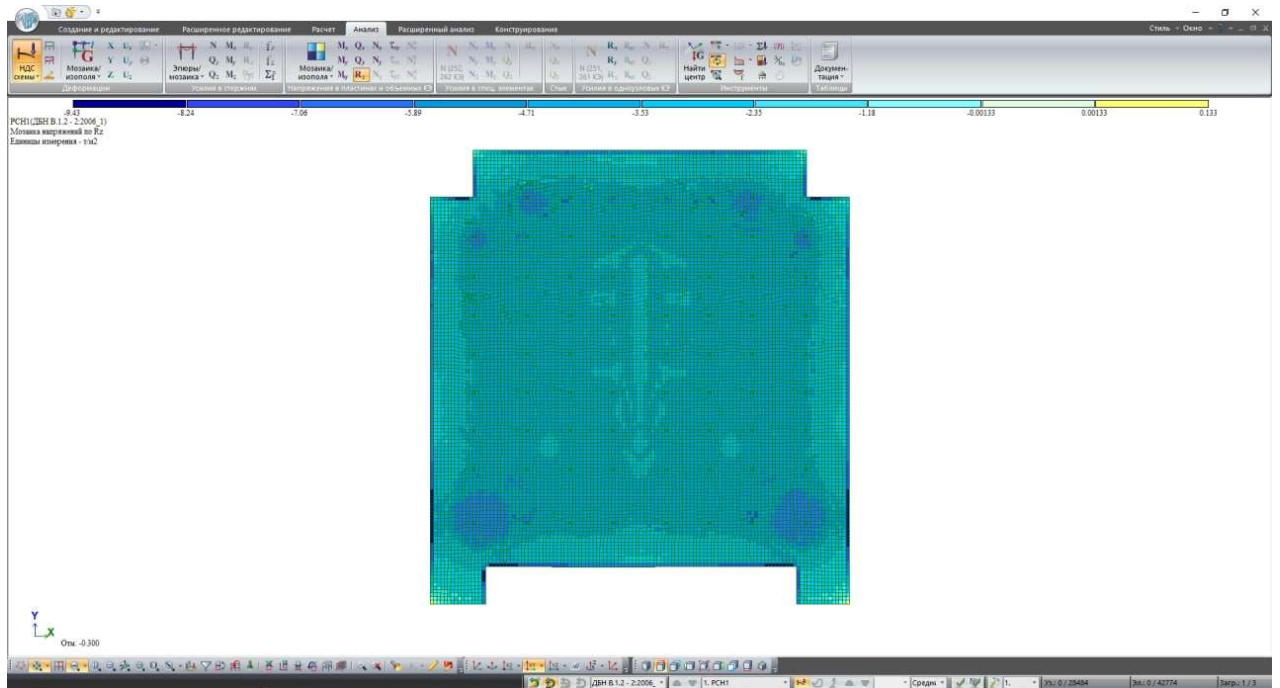


Рисунок 3.6 – Кольорова діаграма тиску під підшвою фундаменту R_z для $k = 10$ та $E = 10 \text{ МПа}$

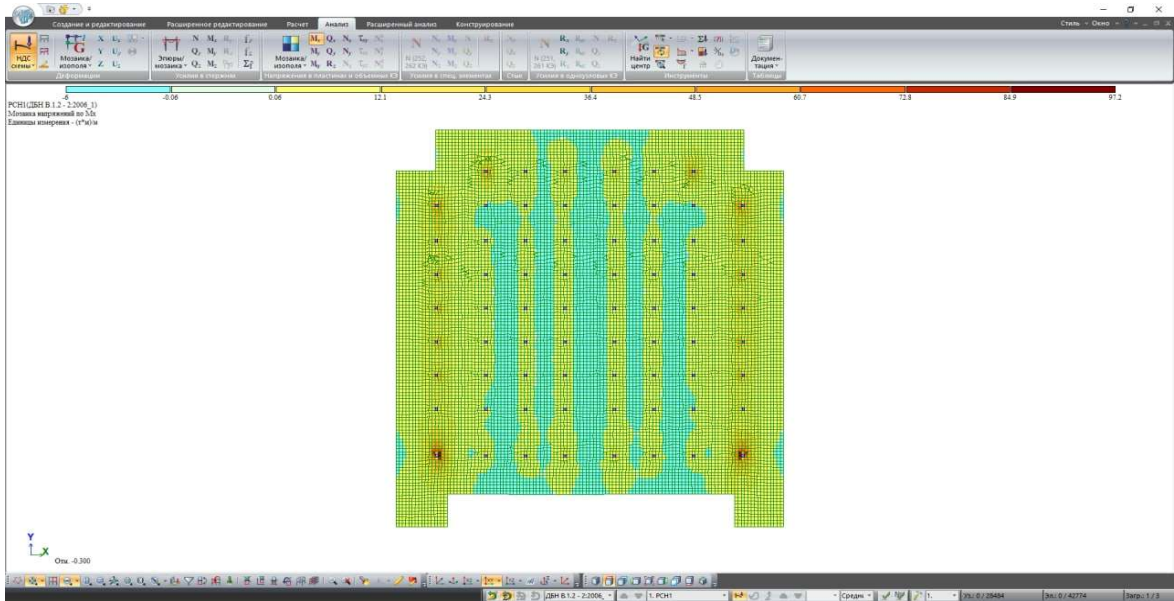


Рисунок 3.7 – Епюра згинальних моментів M_x для $k = 10$ та $E = 10$ МПа

Результати розрахунків показали, що при збільшенні величини співвідношення $k = E_{c,i}/E_i$ від 2 до 10 (піддатливість основи зменшується) зменшується розподільча здатність конструкцій споруди, тобто величини осідань, реактивного опору основи, а отже і внутрішніх зусиль в конструкції фундаментної плити починають концентруватись на менших площах.

На рис. 3.8 – 3.10 наведені порівняльні кольорові діаграми реактивного опору основи для ґрунту з модулем деформації $E = 10$ МПа.

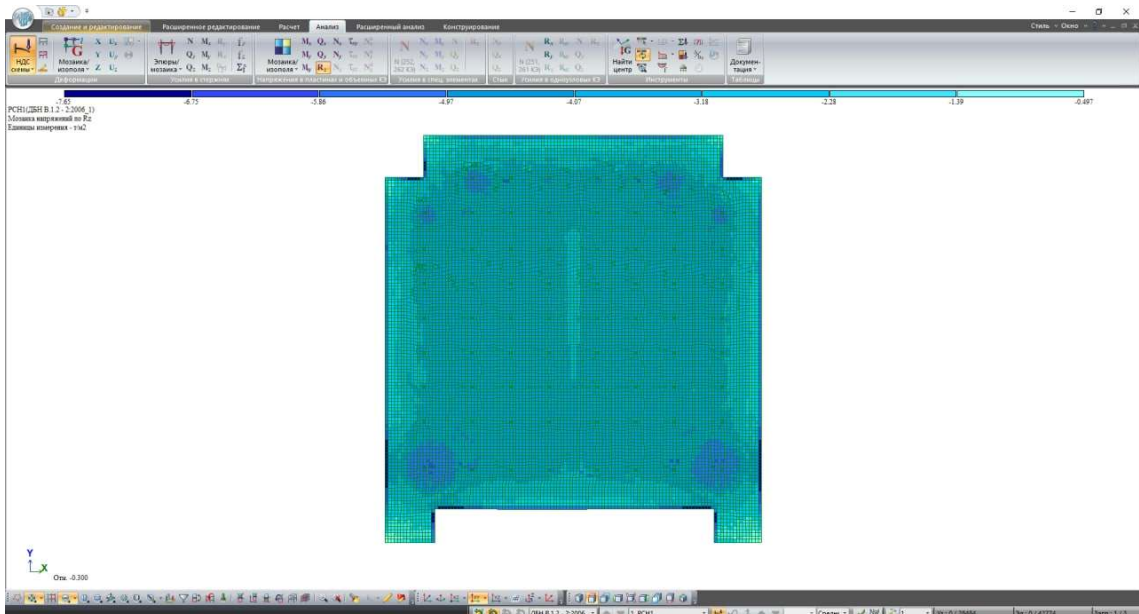


Рисунок 3.8 – Кольорова діаграма тиску під подошвою фундаменту R_z для $k = 2$ та $E = 10$ МПа

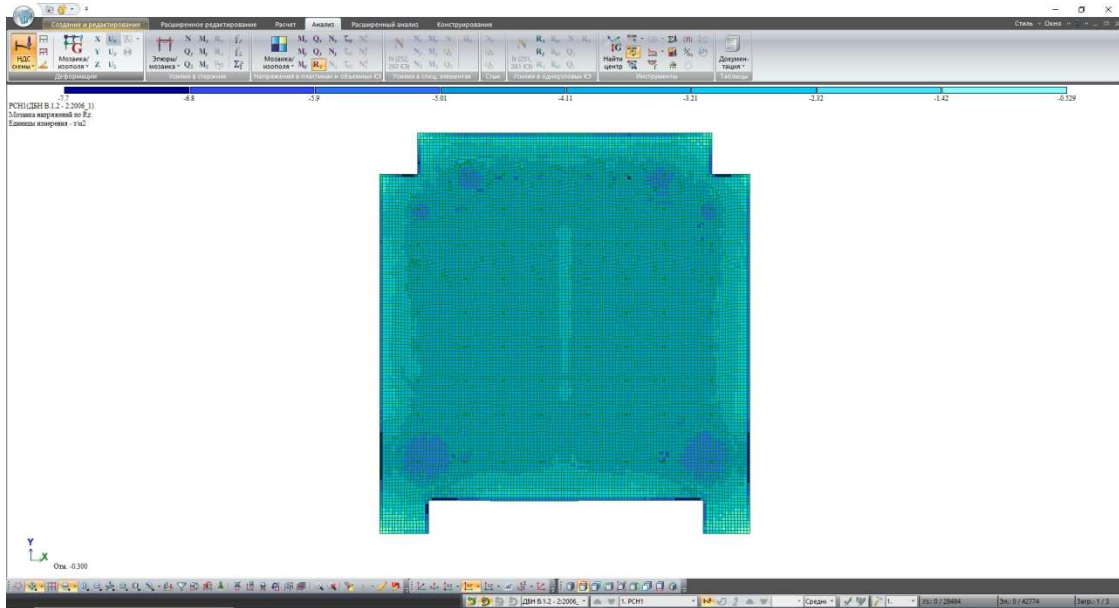


Рисунок 3.9 – Кольорова діаграма тиску під подошвою фундаменту R_z для $k = 5$ та $E = 10$ МПа

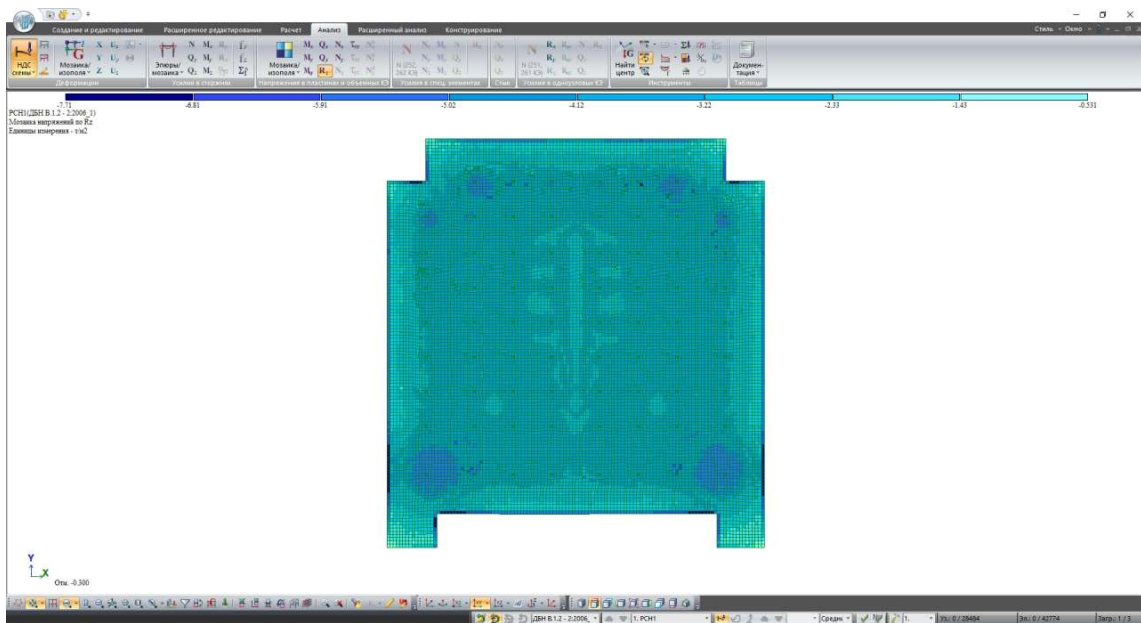


Рисунок 3.10 – Кольорова діаграма тиску під подошвою фундаменту R_z для $k = 10$ та $E = 10$ МПа

Як бачимо з рис. 3.8 – 3.10 при збільшенні величини співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ від 2 до 10 зменшується тиск під фундаментною плитою всередині споруди і виникає концентрація тиску у найбільш напружених зонах. В результаті виникає і концентрація внутрішніх зусиль в фундаментній плиті в цих напружених зонах.

На рис. 3.11 – 3.13 наведені порівняльні кольорові діаграми реактивного опору осідей та згинальних моментів M_x фундаментної плити для ґрунту з модулем деформації $E = 20$ МПа.

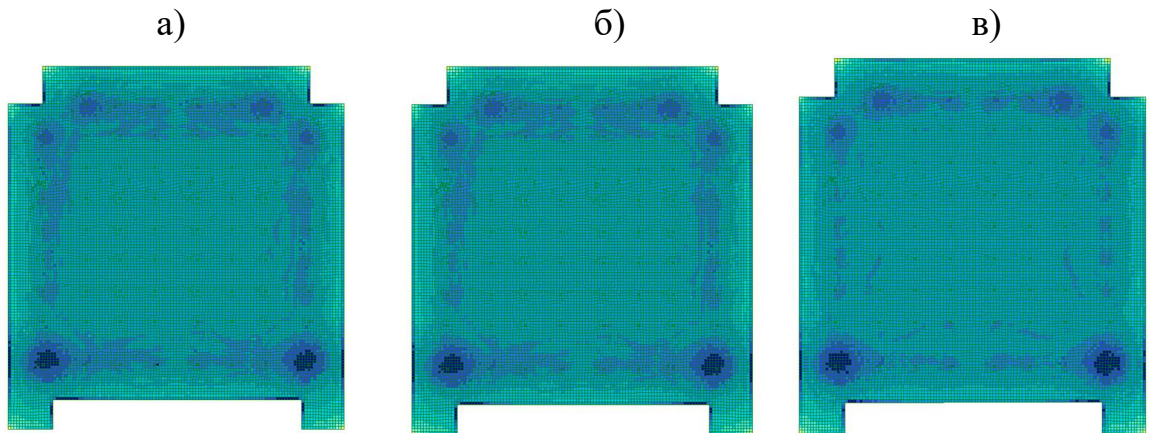


Рисунок 3.11 – Кольорові діаграми тиску під підшвою фундаменту R_z для $E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

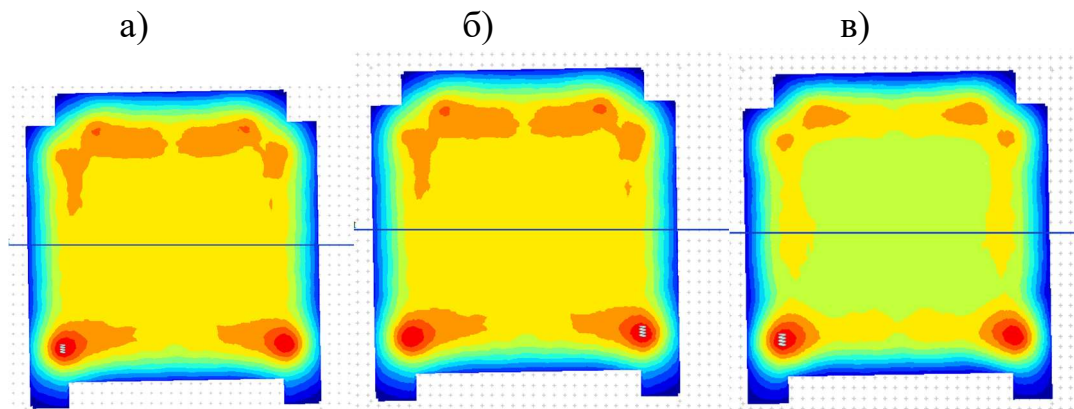


Рисунок 3.12 – Кольорові діаграми осідей фундаментної плити для $E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

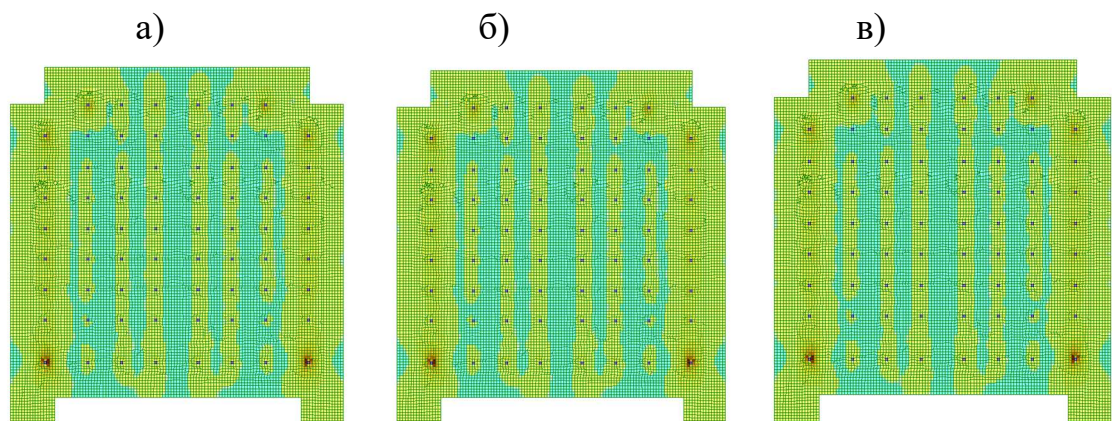


Рисунок 3.13 – Кольорові діаграми згинальних моментів M_x фундаментної плити для $E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

Для більш наочного уявлення про перерозподіл зусиль у фундаментній плиті на рис. 3.14 наведені порівняльні епюри зусилля M_x для половини плити по мірі збільшення співвідношення $k = E_{c,i}/E_i$.

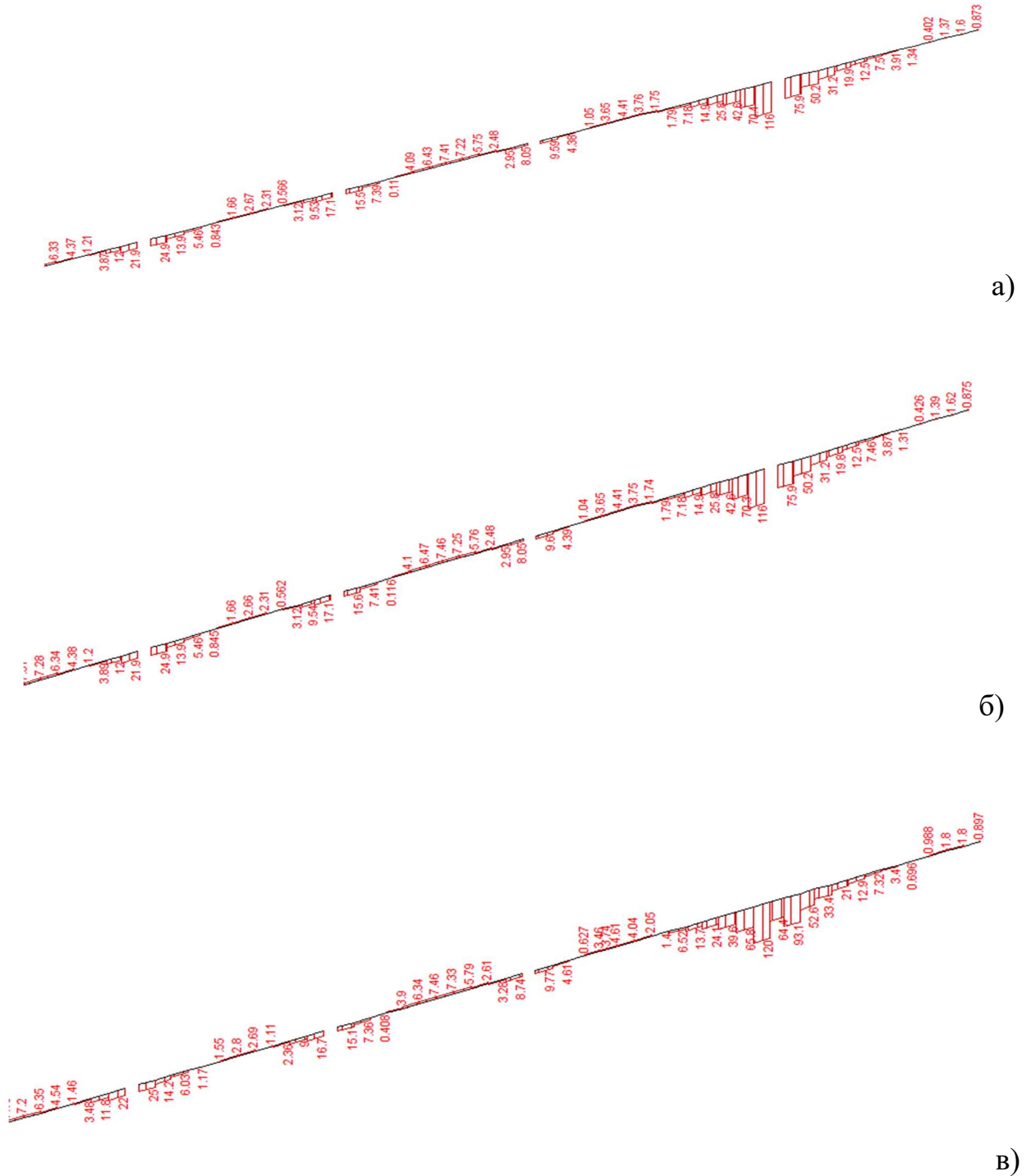


Рисунок 3.14 – Епюри згинальних моментів M_x для половини фундаментної плити при $E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

Отже, як при модулі деформації ґрунту основи $E=10$ МПа, так і при модулі деформації ґрунту основи $E = 20$ МПа характер зміни напружено-деформованого стану фундаментної плити при зміні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ залишається незмінним: зменшення піддатливості основи внаслідок збільшення модуля пружності зменшує розподільчі здатності конструкції споруди.

Більша концентрація зусиль у напружених зонах при розрахунках з врахуванням більшого значення модуля пружності призводить до потреби у більшій кількості армування. Більш явний прояв такої концентрації зусиль спостерігався при модулі деформації основи $E = 20$ МПа.

Для ілюстрації різниці в потрібній кількості арматури при зміні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ була підрахована загальна кількість арматури у фундаментній плиті для варіанту ґрунтової основи з модулем деформації $E = 20$ МПа.

Відомість витрат сталі при $k = E_{e,i}/E_i = 2$

Марки елементів	Вироби арматурні								Загальні витрати
	Арматура класу					Технологічна арматура класу		Всього	
	A500C					A240C			
	ДСТУ 3760:2019					ДСТУ 3760:2019			
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Всього	Ø12	Всього		
Фундаментна плита ФМ-1	141,74	86132,64	1641,72	20141,4	108057,5	11114,6	11114,6	119172,1	119172,1

Відомість витрат сталі при $k = E_{e,i}/E_i = 5$

Марки елементів	Вироби арматурні								Загальні витрати
	Арматура класу					Технологічна арматура класу		Всього	
	A500C					A240C			
	ДСТУ 3760:2019					ДСТУ 3760:2019			
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Всього	Ø12	Всього		
Фундаментна плита ФМ-1	141,74	86132,64	1641,72	37150	125066,10	11114,6	11114,6	136180,7	136180,7

Відомість витрат сталі при $k = E_{e,i}/E_i = 10$

Марки елементів	Вироби арматурні								Загальні витрати
	Арматура класу					Технологічна арматура класу		Всього	
	A500C					A240C			
	ДСТУ 3760:2019					ДСТУ 3760:2019			
	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Всього	Ø12	Всього		
Фундаментна плита ФМ-1	86132,64	1519,74	38871,77	945,56	127469,71	11114,6	11114,6	138584,31	138584,31

На рис. 3.15 наведена діаграма зміни кількості арматури у фундаментній плиті при зміні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ у відсотках до базового варіанту, передбаченого нормами, коли $k = E_{e,i}/E_i = 5$.

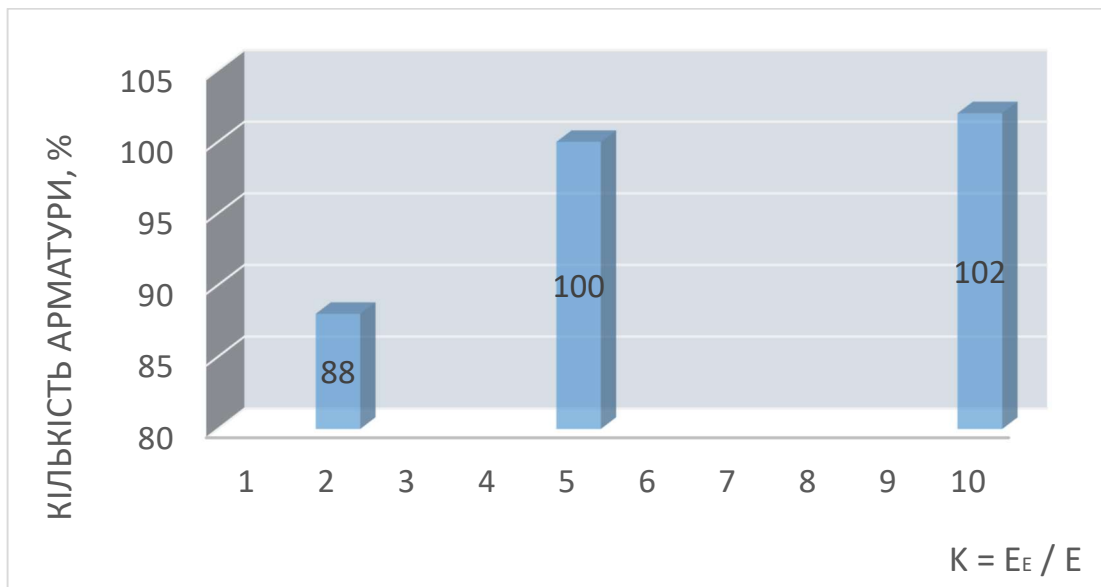


Рисунок 3.15 – Зміна кількості арматури у фундаментній плиті стосовно базового варіанту при $k = E_{e,i}/E_i = 5$

Висновки за розділом 3

Отже, у результаті проведених чисельних досліджень з аналізу зміни напружено-деформованого стану фундаменту при зміні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$, можна зробити такі висновки:

1. Врахування величини співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ має суттєве значення для заглиблених споруд, коли при визначенні осідання методом пошарового підсумовування враховується друге складове, що враховує осідання, пов'язане

з вторинним навантаженням. При цьому для окремо стоячих підземних споруд величина осідання, що залежить від модуля пружності, набуває керівного значення.

2. Ступінь перерозподілу зусиль в конструкції фундаменту залежить від піддатливості основи. Оскільки при збільшенні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ зменшується осідання основи, тобто збільшується її жорсткість, це призводить до меншої розподільчої здатності конструкцій споруди (більша концентрація зусиль у найбільш напружених зонах).

3. Більша концентрація зусиль у напружених зонах при розрахунках з врахуванням більшого значення модуля пружності призводить до потреби у більшій кількості армування. Отже, для ґрунтових основ з співвідношенням $k = E_{e,i}/E_i < 5$ спостерігається зменшення потрібної кількості арматури, тобто є певний економічний ефект, а при $k = E_{e,i}/E_i > 5$ може виникнути ненадійне рішення.

РОЗДІЛ 4 Технічна частина

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

У фізико-географічному відношенні територія розташована на правому корінному березі р. Ірпінь.

У геоморфологічному відношенні майданчик будівництва відноситься до моренно-зандрової рівнини.

Територія вишукувань знаходиться на пустирі.

Рель'єф рівний, слабонахилений на південь. Абсолютні відмітки поверхні майданчика змінюються в межах 157,00 – 160,00 м.

Вітровий район – 1 [18].

Сніговий район – 5 [18].

Клас споруди за ступенем відповідальності – II [19].

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту – 1,0 м [17, 16].

4.1.2 Конструктивні рішення

Об'єкт: підземна автостоянка на 97 машиномісць, з розмірами в осях: 63,3 x 58,55 м. Конструктивна схема будівлі – каркасна зі збірного залізобетону. В таблиці 4.1 наведено експлікацію приміщень.

Таблиця 4.1 – Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа м ²
1	Місяця зберігання автомобілів	1301.36
2	Проїзди	1618.11
3	Приміщення охорони	16.55
4	Санвузол	3.86
5	Електрощитова	6.78
6	Тамбур	7.11
7	Насосна	38.32
8	Приміщ.прибирального ренаменту	23.03
9	Підсобне приміщення	4.53
10	Венткамерна витяжна	68.35
11	Технічні приміщення	82.71

Продовження таблиці 4.1		
12	Венткамерна приточна	68.35
13	Тамбур сходової клітки	10.73x2=21.46
14	Тамбур	11.8x2=23.6
15	Коридор	18.82
16	Пандус основного в'їзду	124.66
17	Пандус запасного в'їзду	124.66
	Загальна площа	3551.94

4.1.3 Опис генерального плану

Для будівництва умовно виділяється ділянка розміром 4800 м² з пташиного польоту зйомки.

Виконана широтна орієнтація відносно сторін горизонту. Також розташування на ділянці зумовлено урахуванням рози вітрів. При розміщенні протипожежні та санітарно-гігієнічні розриви витримано згідно норм. Горизонтальна прив'язка будинку виконується до червоної лінії.

Майданчик будівництва забезпечено основними інженерними мережами – водопроводом, каналізацією, електромережами, газопроводами.

Відведення поверхневих вод здійснюється по дорогах і площадках на прилеглу територію.

В таблиці 4.2 наведено техніко-економічні показники генерального плану.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники генерального плану

№, п/п	Найменування	Од.виміру	Показник	% по ділянці
1	Площа ділянки	ГА	7.8	100
2	Площа забудови	м ²	21931	28.12
3	Площа доріжок, проїздів, відмощення	м ²	24180	31
4	Майданчики	м ²	12450	15.96
5	Площа озеленення	м ²	19439	24.92
6	Коефіцієнт забудови	%	28.12	

4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення

Стіни

Огородження виконується із монолітних залізобетонних стін товщиною 150 мм. Внутрішні стіни – монолітні залізобетонні, товщиною 250 мм, бетон класу С25/30, всі елементи спираються на фундаментну плиту.

Колони

Колони монолітні залізобетонні перерізом 400х400мм бетон класу С25/30.

Покриття

Плита покриття – монолітна залізобетонна, товщиною 300 мм, спирається по периметру на притискні стіни, в середині будівлі – на колони. Клас бетону покриття С25/30, W6, F200.

Сходи

Сходи з площадками запроектовані монолітні залізобетонні, двомаршеві з монолітними площадками, товщиною 200 мм.

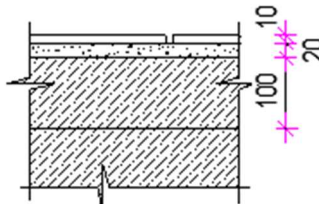
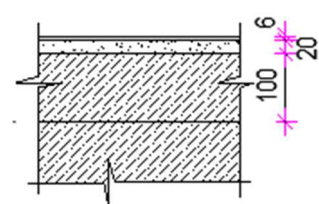
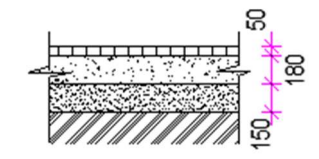
Пандуси

Пандуси – з асфальтобетону 50 мм.

В таблиці 4.3 наведено експлікацію підлог.

Таблиця 4.3 – Експлікація підлог

Назва приміщень	Тип підлоги	Схема підлоги	Дані елементи підлоги	Площа підлоги м ²
Автостоянки, проїзди, електрощитова, насосна, венткамера витяжна, венткамера приточна	1		<ul style="list-style-type: none"> -Мозаїчне покриття з іскронедоючим заповнювачем 30мм -Бетон 100мм -Вирівнююча стяжка 20мм -Гідроізоляція -Вирівнююча стяжка 20мм -Фундаментна плита -Підстиляючий шар піску 100мм -Утрамбований щабнем ґрунт 	3101.27

Санвузол, приміщення прибирального реманенту, тамбури, підсобне, тех. приміщення, коридор, сх. клітка	2		-Плитка керамічна 10мм -Шар цементно- пісчаного розчину 20мм -Гідроізоляція -Бетон 100мм -Фундаментна плита -Підстилаючий шар піску 100мм -Утрамбований щобнем ґрунт	185.12
Приміщення охорони	3		-Лінолеум -Шар цементно- пісчаного розчину 20мм -Гідроізоляція -Бетон 100мм -Фундаментна плита -Підстилаючий шар піску 100мм -Утрамбований щобнем ґрунт	16.55
Пандуси	4		-Гарячий асфальтобетон щільний 50мм -Гранітний щобень -Пісок Ущільнений ґрунт	249.32

В таблиці 4.4 наведено специфікацію вікон та дверей.

Таблиця 4.4 – Зведена специфікація

Марка Поз.	Позначення	Найменування	Кіл-ть
		Ворота:	
Вр-1	Індивідуальні	2650-3200	2
		Вікна:	
ОК-1	Індивідуальні	ОС 1500-1200	1
ОК-2	Індивідуальні	ОС 1260-900/270	4
		Двері:	
Д-1	Індивідуальні	ДГ 2100-1010	6
Д-1л	Індивідуальні	ДГ 2100-1010л	3
Д-2	Індивідуальні	ДГ 2100-910	4
Д-2л	Індивідуальні	ДГ 2100-910л	3
Д-3	Індивідуальні	ДГ 2100-1200	2
Д-3л	Індивідуальні	ДГ 2100-1200л	2
Д-4	Індивідуальні	ДГ 2100-810	3
Д-5	Індивідуальні	ДГ 2100-710	2
Д-6	Індивідуальні	ДГ 2100-710	2
		Плити підвіконні:	
П-1	Індивідуальні	ПОШ 600-1200	1

4.1.5 Внутрішнє оздоблення

Внутрішні поверхні стін оштукатурити цементно-вапняним розчином. Оштукатурені поверхні погрунтувати, пошпаклювати і пофарбувати водоемульсійними фарбами.

Внутрішні поверхні стін в санітарних вузлах оштукатурити цементно-піщаним розчином, погрунтувати і облицювати керамічною плиткою на клею.

4.1.6 Протипожежні заходи

До ступеня вогнестійкості будівлі та споруд відносяться до II ступеня вогнестійкості.

Протипожежна безпека будівлі та споруд досягається застосуванням конструкцій і матеріалів, які містять необхідну межу вогнестійкості та забезпечення будівлі потрібним ступінем вогнестійкості згідно з [23].

Передбачено вільний під'їзд пожежних машин.

4.1.7 Інженерне обладнання

До інженерного устаткування будівлі відносяться водопровід, каналізація, електропроводка і система опалювання.

Електропостачання будівлі здійснюється від загальної електромережі.

Каналізація будівлі підключена до центральної міської каналізаційної мережі.

Водопостачання здійснюється від загального водопроводу. Вода підводиться на кухню до змішувача і в санвузлі до змішувача і зливного бачка.

Система опалювання будівлі – від котла по внутрішній мережі будинку.

4.2 Основи та фундаменти

4.2.2 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

У геоструктурному відношенні територія, що розглядається, відноситься до південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини.

За даними виконаних бурових робіт в геологічній будові майданчика на розвідану глибину 30,0 м приймають участь:

сучасні відклади, які представлені ґрунтово-рослинним шаром (e_{IV});

сучасні делювіальні відклади (d_{IV}), які представлені супісками твердими та пластичними;

середньочетвертинні флювіогляціальні відклади ($f_{II\ dн}$), які представлені пісками мілкими та середньої крупності, супісками твердими та пластичними, суглинками від туго пластичних до текучопластичних.

На основі виконаних польових робіт в основі споруди, що проектується, виділені такі інженерно-геологічні елементи:

ІГЕ-1 (e_{IV}). Ґрунтово-рослинний шар: супісок темно-сірувато-коричневий, пластичний ($I_L \sim 0,1-0,2$), з корінням рослин. Потужність верстви – 0,2-0,6 м.

ІГЕ-2 (d_{IV}). Супісок коричневий, твердий та пластичний ($I_L \sim 0,0-0,2$), масивної текстури, місцями з лінзовидними прошарками піску мілкового 10-20%. Потужність верстви 0,4-0,8 м.

ІГЕ-3 (d_{IV}). Супісок коричневий, пластичний ($I_L \sim 0,2-0,5$), з лінзовидними прошарками піску пилуватого 5-10 %. Потужність верстви 0,4-2,0 м.

ІГЕ-4 ($f_{II\ dн}$). Пісок мілкий коричневий, світло-сірий, світло-сірувато-коричневий, світло-коричневато-жовтий, середньої щільності, малого та середнього ступеню водонасичення, кварцполевошпатовий, з лінзовидними прошарками супіску твердого 5-30 %, місцями з прошарками (10-15 см) піску середньої крупності 20-30 %, Пройдена потужність верстви 0,4-2,0 м.

ІГЕ-5 ($f_{II\ dн}$). Супісок сірувато-коричневий, коричневий, темно-коричневий, коричневато-сірий, сірий, зеленувато-сірий, твердий та пластичний ($I_L \sim 0,0-0,1$), з лінзовидними прошарками піску мілкового 10-20 %, місцями з включенням гравію 1-2 %. Пройдена потужність верстви 15,0-20,0 м.

ІГЕ-6 ($f_{II\ dн}$). Супісок сірувато-коричневий, темно-коричневий, коричневато-сірий, сірий, пластичний ($I_L \sim 0,2-0,6$), з лінзовидними прошарками піску мілкового 5-15 %. Потужність верстви 5,0-7,0 м.

ПЕ-7 ($f_{II \text{ dn}}$). Суглинок коричневий, коричневато-сірий, сірувато-коричневий, світло-сірувато-коричневий, світло-сірий, тугопластичний, з тонкими прошарками піску мілкого 10-15 %, місцями з прошарками суглинку напівтвердого 20-30 %, місцями з включенням гравію 1-3 %. Пройдена потужність верстви до 6,0 м.

Характеристики фізико-механічних властивостей ґрунтів виділених ПЕ (окрім ПЕ-1) визначені на основі лабораторних даних, узагальнених характеристик ґрунтів цього віку та генезису, розроблених для Київської області, та у відповідності з вимогами та рекомендаціями [16]. Характеристики наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Фізико-механічні властивості ґрунтів

Об'єкт: житловий комплекс багатоповерхової забудови ТОВ „Екоінвестбуд”
площею 7,8 га в с. Чайки Києво-Святошинського району Київської області

Показники властивостей		Одиниці вимірювання	ІГЕ-2 (супісок твёрдий та пластич. (I _L ~0,0-0,2))	ІГЕ-3 (супісок пластич. (I _L ~0,2-0,5))	ІГЕ-4 (пісок мілкий)	ІГЕ-5 (супісок твёрдий та пластич. (I _L ~0,0-0,2)	ІГЕ-6 (супісок пластич. (I _L ~0,2-0,6))	ІГЕ-7 (суглинок тугопластичний)
Потужність шару		м	0,5	0,4-0,8	0,4-2,0	15,0-20,0	5,0-7,0	до 6,0
Природна вологість, W		частка один.	0,145	0,156	0,056	0,107	0,131	0,144
Вологість на межі текучості, W _L			0,21	0,19	-	0,16	0,16	0,21
Вологість на межі розкочування, W _P			0,15	0,13	-	0,11	0,10	0,11
Число пластичності, I _P			0,06	0,06	-	0,05	0,06	0,10
Показник текучості, I _L			< 0	0,43	-	< 0	0,52	0,34
Гранулометричний склад: вміст фракцій, мм:	2,00 – 1,00	%	-	-	0,6	-	-	-
	1,00 – 0,50		-	-	7,2	-	-	-
	0,50 – 0,25		-	-	38,9	-	-	-
	0,25 – 0,10		-	-	42,3	-	-	-
	< 0,10		-	-	11,0	-	-	-
Коефіцієнт фільтрації, K _ф		м/добу	-	-	3,1	-	-	-
Щільність ґрунту, ρ		т/м ³	1,83	1,84	1,71	1,85	1,89	1,90
Щільність сухого ґрунту, ρ _d			1,60	1,59	1,62	1,67	1,67	1,66
Щільність часток ґрунту, ρ _s			2,68	2,69	2,65	2,68	2,69	2,70
Коефіцієнт пористості, e		частка один.	0,675	0,692	0,636	0,605	0,611	0,627
Питоме зчеплення, C _n		кПа	14	12	2	16	14	28
C _{II} при α = 0,85			14	12	2	16	14	28
C _I при α = 0,95			9	8	1	11	9	19
Кут внутрішнього тертя, φ _n		град.	25	23	34	28	25	23
φ _{II} при α = 0,85			25	23	34	28	25	23
φ _I при α = 0,95			22	20	31	24	22	20
Модуль деформації, E		МПа	14	12	27	20	18	24
Розрахунковий опір, R ₀		кПа	220	200	300	250	230	220

1,82 * в чисельнику значення в сухому стані,
2,07 в знаменнику в насиченому водою

4.2.3 Визначення навантажень на фундамент

Визначення навантажень здійснюємо для найбільш навантаженого фундаменту під колону по осі В, 7. Колона монолітна залізобетонна перерізом 400х400мм. Вантажна площа перекриття на колону $A_{\text{вант}} = [0,5 \times (6,0 + 7,5)]^2 = 45,56 \text{ (м}^2\text{)}$.

У таблиці 4.6 показаний розрахунок вертикальних навантажень від 1 м² конструкції покриття паркінгу.

Таблиця 4.6 – Навантаження від 1 м² конструкції покриття паркінгу

Найменування навантаження і формула підрахунку	X_e , кН/м ²	γ_{fm}	X_m , кН/м ²
1. Асфальтобетонне покриття 30 мм 23·0,03	0,69	1,3	0,90
2. Підготовка з бетону 120 мм	3,0	1,3	3,9
3. Засипка ґрунтом 1020 мм 18·1,02	18,36	1,15	21,1
4. Гідроізоляція	0,10	1,3	0,13
5. Цементна стяжка 30 мм 22·0,03	0,66	1,3	0,86
6. Бетонна підготовка з ухилом 50...500 25·0,275=6,88	6,88	1,3	8,94
7. Керамзитовий ґравій 150 мм	0,90	1,3	1,17
8. Власна вага плити покриття 220 мм 25·0,22	5,5	1,1	6,05
Разом	36,09		43,05

Корисне навантаження на поверхні покриття паркінгу від автотранспорту НГ-60 $p = 20 \text{ кН/м}^2$ (при русі поперек споруди)

$$p = \frac{34}{1 + 0,5 \cdot \text{tg } 35^\circ \cdot 2} = 23,94 \text{ (кН / м}^2\text{)}.$$

$$\text{Власна вага колони } G = 0,4^2 \cdot 3,3 \cdot 25 = 13,2 \text{ (кН)}.$$

Навантаження в рівні обрізу фундаменту на найбільш навантажений фундамент по осі В, 7.

$$N_e = (36,09 + 23,94) \cdot 45,56 + 13,2 = 2800 \text{ (кН)};$$

$$N_m = (43,05 + 23,94 \cdot 1,0) \cdot 45,56 + 13,2 \cdot 1,1 = 3032,4 \text{ (кН)}.$$

4.2.4 Обґрунтування вибору варіанта фундаменту, його глибини закладання та геометричних розмірів

В зв'язку з технологічним призначенням об'єкту найбільш доцільним конструктивним рішенням фундаменту є суцільна плита, що забезпечує

мінімізацію глибини закладання та відсутність необхідності влаштування підготовки під підлогу. Заглиблення фундаменту нижче підлоги паркінгу приймаємо 0,8 м. Загальна глибина закладання $d = 6,2$ м.

Розрахунок розмірів підшви фундаменту мілкового закладання, згідно з [16], виконуємо за другою групою граничних станів.

Розмір підшви центральнонавантаженого фундаменту повинен задовольняти таким граничним нерівностям

$$p \leq R; \quad (4.1)$$

$$s < s_u,$$

де p – тиск під підшовою фундаменту, кПа;

R – розрахунковий опір ґрунту основи, кПа;

s – фактичне осідання фундаменту, м;

s_u – гранично допустиме значення осідання для даної споруди.

Осереднене значення питомої ваги ґрунту вище підшви фундаменту приймаємо рівним $18,2$ кН/м³.

Питома вага ґрунту ІГЕ №5 нижче підшви фундаменту $18,5$ кН/м³.

Тиск під підшовою фундаменту за умови розподілення на всю вантажну площу

$$p = \frac{N}{A} + \gamma_{mt} d + q = \frac{2800}{45,56} + 25 \cdot 0,8 + 20,0 = 101,5 \text{ (кПа)}.$$

Перевіримо виконання граничних нерівностей.

$$\gamma_{II}' = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots}{h_1 + h_2 + \dots} = \frac{17,0 \cdot 0,5 + 18,3 \cdot 0,5 + 18,4 \cdot 0,6 + 17,1 \cdot 1,5 + 18,5 \cdot 3,1}{6,2} = 18,0 \text{ (кН / м}^3\text{)}.$$

$$k_z = 8/58,5 + 0,2 = 0,33 \text{ (} b = 58,5 \text{ м} > 10 \text{ м)}.$$

$$R = \frac{1,25 \cdot 1,0}{1,1} (0,98 \cdot 0,33 \cdot 58,5 \cdot 18,5 + 4,93 \cdot 0,8 \cdot 18,0 + (4,93 - 1) \cdot 2,0 \cdot 18,0 + 7,40 \cdot 16) = 667,2 \text{ (кПа)}.$$

$$p_{\text{ср.}} = 101,5 \text{ кПа} < R = 667,2 \text{ кПа}.$$

Для визначення осідання фундаменту розбиваємо ґрунтову товщу на шари $0,2b = 11,0$ м. Фундамент плитний з співвідношенням розмірів сторін $\eta = 63,3/58,5 = 2,4$. Котлован з співвідношенням розмірів сторін $\eta_k = 65/60 = 1,08$.

Тиск під подошвою фундаменту обчислюється за формулами

$$\sigma_{zg,0}' = 17,0 \cdot 0,5 + 18,3 \cdot 0,5 + 18,4 \cdot 0,6 + 17,1 \cdot 1,5 + 18,5 \cdot 3,1 = 111,7 \text{ (кПа)}.$$

$$\sigma_{zg,0} = 25,0 \cdot 0,8 = 20,0 \text{ (кПа)}.$$

Оскільки ширина подошви фундаменту $58,5 \text{ м} > 20 \text{ м}$, то нижню межу товщі, що стискається знаходимо за формулою $\sigma_{zp,i} < 0,5\sigma_{zg,i}$.

Оскільки глибина котловану $d = 6,2 \text{ м} > 5 \text{ м}$, та $p = 101,5 \text{ кПа} < \sigma_{zg,0}' = 111,7 \text{ кПа}$, осідання фундаменту знаходимо за формулою

$$s = \beta \sum \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_{e,i}}. \quad (4.2)$$

У результаті розрахунків, приведених у таблиці 4.7, осідання фундаменту $S = 0,81 \text{ см}$.

Таблиця 4.7 – Осідання плитного фундаменту

b = 58,50		l = 63,3 (для ленточного вквсти 10*b)						0,00807				
bk = 60		lk = 65 (для ленточного вквсти 10*b)										
		p = 101,5		σzγ = 0,00		σzg0 = 20,00						
Z	γ	2Z/by	α	σzp	σzg	2Z/bk	αk	σzp(ср)	E	h	S	k
0		0	1	101,5	20	0	1					
4	18,5	0,136	0,998	101,3	94	0,1333	0,998	101,41	100000	4	0,00324	1,078
8,00	18,5	0,273	0,987	100,2	168	0,2667	0,988	100,78	100000	4	0,00322	0,5966
9,00	18,5	0,307	0,982	99,7	186,5	0,3	0,983	99,97	100000	1	0,0008	0,5347
10,00	18,5	0,341	0,976	99,1	205	0,3333	0,978	99,418	100000	1	0,00079	0,4835

На глибині $z = 10,0 \text{ м} > 4+0,1b = 9,85 \text{ м}$ від підшви фундаменту виконується умова межі товщі, що стискається $\sigma_{zp,i} = 99,1 \text{ кПа} < 0,5\sigma_{zg,i} = 0,5 \cdot 205,0 = 102,5 \text{ (кПа)}$.

Допустиме значення осідання для монолітної одноповерхової споруди $S_u = 15 \text{ см}$. Умова $S = 0,81 \text{ см} < S_u = 15 \text{ см}$ виконується.

Граничні нерівності виконуються з запасом.

Потрібна товщина фундаментної плити в першому наближенні 600 мм. Перевіримо достатність цієї товщини розрахунком на продавлювання колоною.

Розрахунок тіла фундаменту за міцністю відноситься до розрахунків за першою групою граничних станів, тому значення навантажень приймаємо розрахунковими граничними.

Бетон класу C20/25 [20]: $\gamma_{c1} = 0,9$; $f_{cd} = 14,5 \text{ МПа}$; $f_{ctd} = 1,0 \text{ МПа}$; $f_{ck} = 18,5 \text{ МПа}$; $\varepsilon_{c3,cd} = 0,63 \text{ ‰}$; $\varepsilon_{cu3,cd} = 3,10 \text{ ‰}$; $E_{cm} = 30 \cdot 10^3 \text{ МПа}$.

Арматура класу A500С [21]: $f_{yd} = 417 \text{ МПа}$; $f_{ywd} = 300 \text{ МПа}$; $E_s = 190 \cdot 10^3 \text{ МПа}$; $\varepsilon_{ud} = 0,012$; A240С: $f_{yd} = 228 \text{ МПа}$.

Захисний шар бетону при наявності бетонної підготовки 70 мм.

Тиск під підшвою фундаменту від дії розрахункових граничних навантажень

$$p_g = 3032,4/45,56 = 66,6 \text{ (кПа)}.$$

$$V_{Rd,max} = 0,5v_f'_{cd} = 0,5 \cdot 0,556 \cdot 14500 \cdot 0,9 = 3627,9 \text{ (кПа)};$$

Прикладена поперечна сила по грані колони

$$V_{Ed} = 3032,4 \text{ (кН)}.$$

$$V_{Ed,\sigma} = V_{Ed} / ud = 3032,4 / (0,4 \cdot 4 \cdot 0,6) = 3158,8 \text{ (кПа)}.$$

Умова зрізу при продавлюванні по грані колони $V_{Ed,\sigma} = 3158,8 \text{ кПа} < V_{Rd,max} = 3627,9 \text{ кПа}$ виконується, розміри перерізу достатні.

Поперечне армування на зріз не вимагається, якщо

$$V_{Ed,\sigma} \leq V_{Rd,c}. \quad (4.3)$$

Розрахункова величина опору на зріз при продавлюванні фундаментних плит без поперечного армування

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k(100\rho_i f_{ck})^{1/3} \frac{2d}{a} \geq V_{\min} \frac{2d}{a}. \quad (4.4)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,3} = 0,138;$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{530}} = 1,614 < 2.$$

ρ_i - відсоток армування робочої арматури, який не перевищує 0,02

Перевіримо виконання умови (4.3) для основного контрольного перерізу.

Продавлююча сила

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 3032,4 - 66,6 \cdot (0,4 \cdot 2,52 + 0,4 \cdot 1,12 + \pi \cdot 1,06^2) = 2700,5 (\text{кН}).$$

$$V_{Ed,\sigma} = V_{Ed,red} / ud = 2700,5 / [(0,4 \cdot 4 + 2\pi \cdot 1,06) \cdot 0,530] = 617,1 (\text{кПа}).$$

Розрахункова величина опору на зріз при продавлюванні фундаментних плит без поперечного армування

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{7,69}{100 \cdot 53,0} = 0,00145 < 0,02;$$

$$V_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,614^{3/2} \cdot 18,5^{1/2} = 0,308 (\text{МПа}).$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k(100\rho_i f_{ck})^{1/3} \frac{2d}{a} = 0,138 \cdot 1,614(100 \cdot 0,00145 \cdot 18,5)^{1/3} =$$

$$= 0,338(\text{МПа}) \geq V_{\min} = 0,308(\text{МПа}).$$

Перевіряємо умову міцності на зріз при продавлюванні при відсутності поперечного армування

$$V_{Ed,\sigma} = 617,1 \text{ кПа} < V_{Rd,c} = 338 \text{ кПа}. \quad \text{Поперечне армування потрібне.}$$

4.2.5 Статичний розрахунок фундаментної плити

Згідно з [20, 22], плитний фундамент повинен задовільняти вимогам розрахунку за несучою здатністю (граничні стани першої групи) і за придатністю до нормальної експлуатації (граничні стани другої групи).

Зусилля у плитному фундаменті і його деформації, а також деформації основи рекомендується визначати розрахунком з умови сумісної роботи надфундаментної конструкції, фундаменту і основи з урахуванням неоднорідності основи по глибині і у плані, розподільчої здатності основи, впливу сусідніх будівель і споруд, а також непружних деформацій ґрунту, бетону і арматури фундаменту, матеріалу елементів надфундаментних конструкцій і наявності тріщин у фундаменті.

Для спрощення розрахунку плитного фундаменту допускається використовувати наближені прийоми врахування непружних деформацій основи, фундаменту і елементів надфундаментних конструкцій або виконувати розрахунок плитного фундаменту у припущенні лінійно-пружного деформування матеріала фундаменту, елементів надфундаментних конструкцій і ґрунтів основи (у так званій лінійній постановці задачі) з використанням принципу незалежності дії сил, а підбір арматури і перевірку міцності перерізів фундаменту виконувати на знайдені зусилля у відповідності до вказівок [20, 21].

При попередніх розрахунках деформацій основи навантаження на неї допускається визначати без урахування їх перерозподілу надфундаментною

конструкцією і приймати у відповідності з статичною схемою будівлі або споруди.

У розрахунках плитного фундаменту на основі, що стискається, допускається не враховувати пластичні деформації ґрунтів основи, якщо при розрахунку основи враховані вимоги глави ДБН на проектування основ будівель і споруд у частині умовного обмеження розвитку зон пластичних деформацій ґрунту під краями фундаменту.

До тріщиностійкості залізобетону плитного фундаменту пред'являються вимоги III категорії, у відповідності з якими допускається обмежене по ширині короточасне і тривале розкриття нормальних і нахилених тріщин.

При розрахунках плитних фундаментів за допомогою ЕОМ рекомендується застосовувати розрахункову схему основи, засновану на гіпотезі перемінного коефіцієнту жорсткості, найбільш зручну для математичної реалізації.

При визначенні перемінного коефіцієнту жорсткості враховують основні параметри фізико-механічних властивостей ґрунтів, неоднорідність геологічної будови основи, розподільчі властивості ґрунту, розміри, форму і жорсткість плитного фундаменту, вплив навантажень, що передаються сусідніми фундаментами, а також величину і фактичну схему розміщення на фундаменті заданих навантажень.

В даному проекті була побудована розрахункова схема всієї будівлі для отримання зусиль, які виникають в елементах системи (рис. 3.3).

Виконаємо моделювання плити за допомогою програмного комплексу Ліра САПР, що є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування.

Для моделювання конструктивних елементів використовуємо КЕ 44 – універсальний чотирикутний КЕ оболонки.

Для всіх елементів крім фундаментної плити крок сітки вузлів приймаємо рівним 1 м. Великий крок дозволить зменшити кількість елементів в схемі (для

зменшення тривалості розрахунку) і при цьому забезпечить в достатній мірі передачу жорсткості конструкцій, їх вагу та прикладене до них навантаження на фундаменту плити.

Для фундаментної плити крок сітки вузлів приймаємо рівним 0,4 м, для збільшення точності розрахунку внутрішніх зусиль. Для всіх елементів проводимо коректування напрямку місцевих осей.

Задаємо жорсткості всіх елементів схеми. Товщину фундаментної плити приймаємо рівною 0,6 м.

Для моделювання ґрунтового масиву використовуємо зв'язок програми Ліра САПР та підпрограми комплексу “Мономах” – “Ґрунт”. Для цього перед початком моделювання вводимо в програму “Ґрунт” характеристики ґрунтів та створюємо “свердловину” в якій задаються потужність шарів.

Після цього за допомогою спеціального інструменту спільної роботи програм “Лир-визор” та “Ґрунт” дані про фундаментну плити імпортуються в програму “Ґрунт”, де створюється тривимірний ґрунтовий масив з заданими параметрами тріангуляції, який потім переноситься в програму “Лир-визор”. За допомогою цих дій утворюється модель основи яка складається з кінцевих елементів KE 271-276 фізично нелінійні об'ємні KE ґрунту в формі паралелепіпеду.

Сумісну роботу надземної частини моделі та ґрунту забезпечують спільні вузли фундаментної плити та верхнього шару ґрунту.

Жорсткості елементів беруться автоматично виходячи з характеристик ґрунтів, введених у програму “Ґрунт”. В налаштуваннях жорсткості тільки необхідно замінити умову міцності Боткіна на умову міцності Кулона – Мора.

Вводимо зв'язки у вузлах ґрунтового масиву. У вузлах вертикальних граней які перпендикулярні осі X забороняємо переміщення по осі X, у вузлах вертикальних граней які перпендикулярні осі Y забороняємо переміщення по осі Y, у вузлах нижньої грані забороняємо переміщення по осі Z.

Тип розрахунку – кроково-ітераційний..

Результатом розрахунку є напруження і переміщення у елементах системи.

Також ми отримуємо ізополе напружень по R_z верхнього шару ґрунту, що являється також ізополем тиску під подошвою фундаментної плити (рис. 4.1).

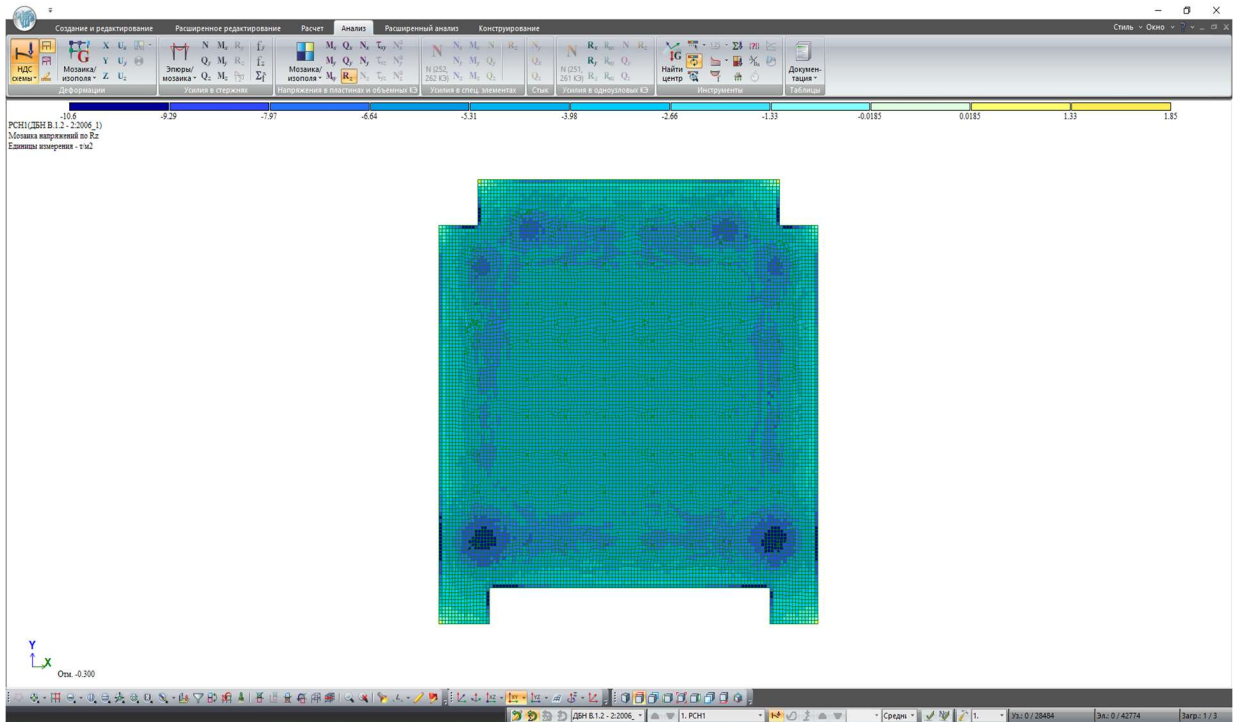


Рисунок 4.1 – Кольорова діаграма реактивного тиску під подошвою фундаментної плити

Максимальний тиск під подошвою фундаментної плити дорівнює 106 кПа, що не перевищує розрахунковий опір ґрунту основи.

Результатами розрахунку за програмами є ізолінії по площі плити внутрішніх зусиль (згинальні моменти і поперечні сили) та вертикальних переміщень (осідань).

Результати розрахунків наведені на рис. 4.2 - 4.4.

Деформовану схему моделі експортуємо в програму «Ліра-арм» для розрахунку необхідного армування.

4.2.6 Розрахунок армування фундаментної плити в програмі “Ліра-арм”

Після виконання статичних розрахунків, було виконано конструкторські розрахунки, результатами яких є клейонки армування.

Розрахунок армування виконуємо в програмі “Ліра-арм”. Результатом роботи програми є кольорові діаграми армування зі шкалою, на якій вказані: зверху – крок стрижнів певного діаметру, знизу – площа в см², яка повинна розташовуватись на 1 м довжини плити. Діаграми отримуємо для двох напрямків армування нижньої та верхньої зони плити.

Діаграми армування плитної частини наведені на рис. 4.5 - 4.8.

Армування плити виконуємо двома сітками, верхньою і нижньою, у відповідності з епюрами згинальних моментів по ділянках плити, з додатковими сітками в зонах концентрації напружень.

З метою уніфікації арматури і спрощення технології її улаштування кількість типорозмірів арматури по ділянках площі приймаємо обмеженою.

Армування виконуємо сітками з робочою верхньою і нижньою арматурою. Для армування в нижній зоні прийнята фонові арматура Ø14 А500С з кроком 200 та додаткові зони армування стержнями Ø16 та Ø20 А500С та з кроком 200 мм, у верхній зоні – фонові Ø14 А500С з кроком 200 по всій площині плити. Просторове положення верхньої і нижньої сіток забезпечується встановленням монтажної арматури.

Робочий варіант армування фундаменту наведений на аркушах графічної частини.

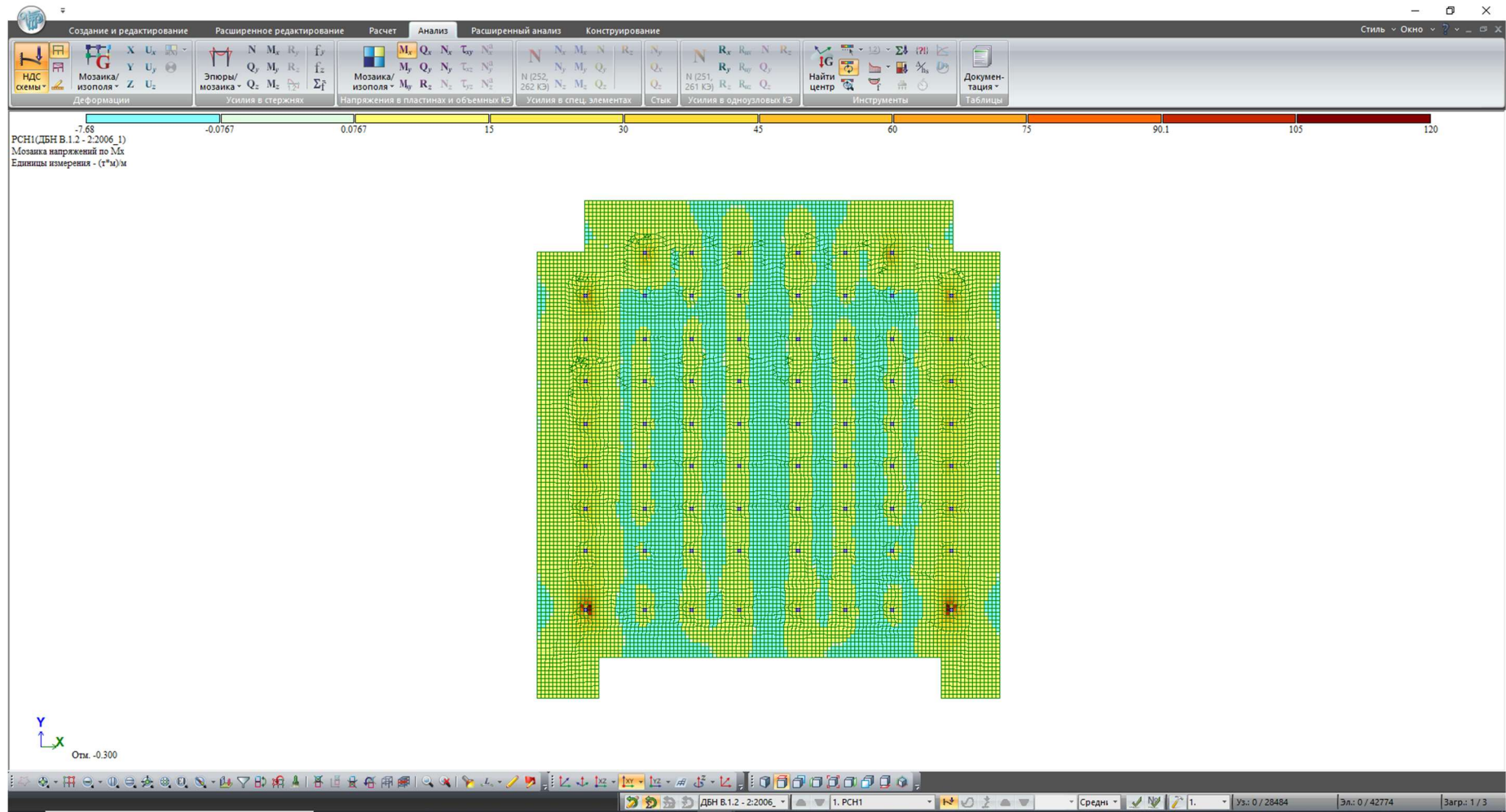


Рисунок 4.2 – Изополе напряжень M_x в тілі фундаментної плити

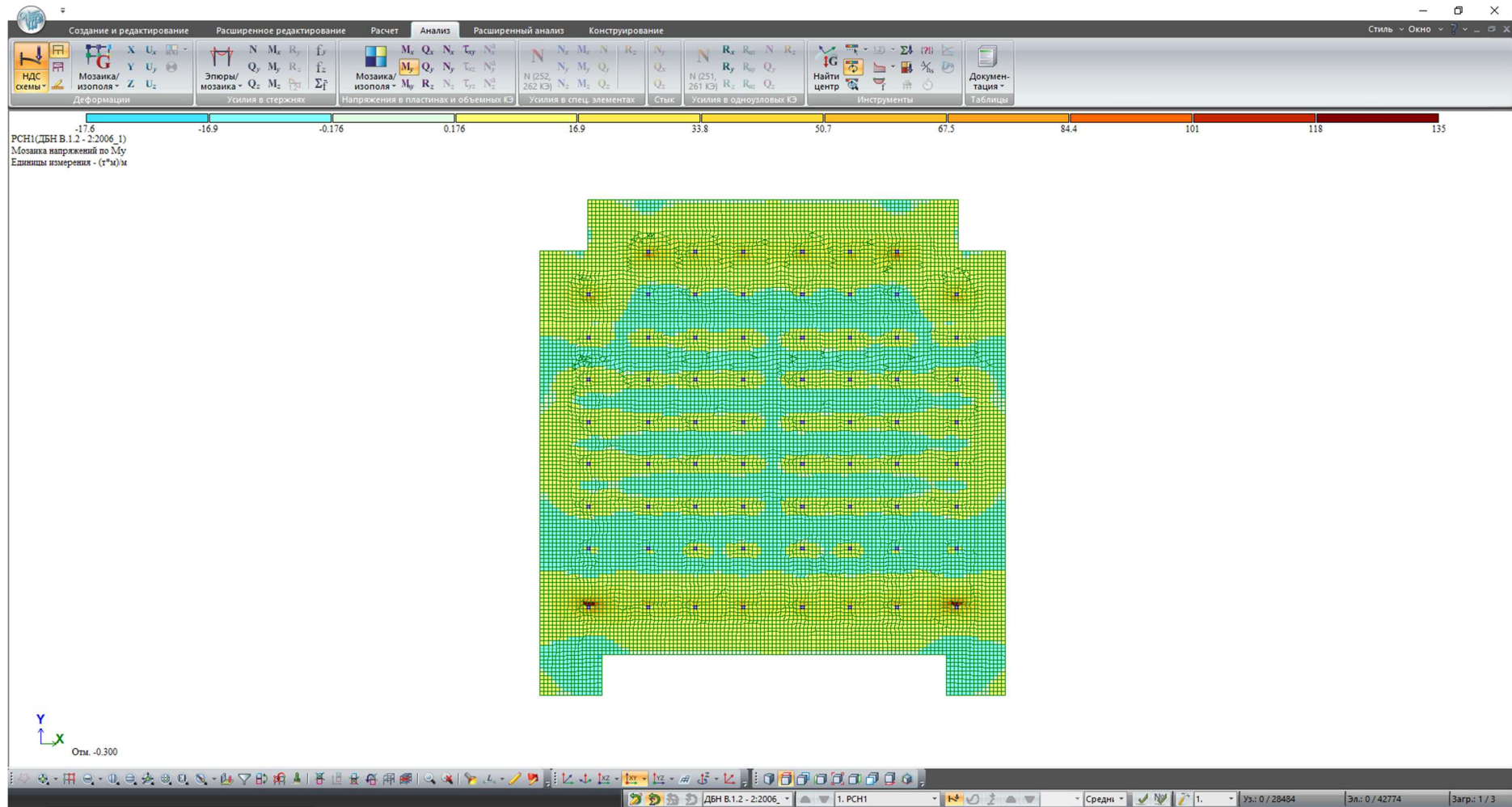


Рисунок 4.3 – Изополе напряжень M_y в тілі фундаментної плити

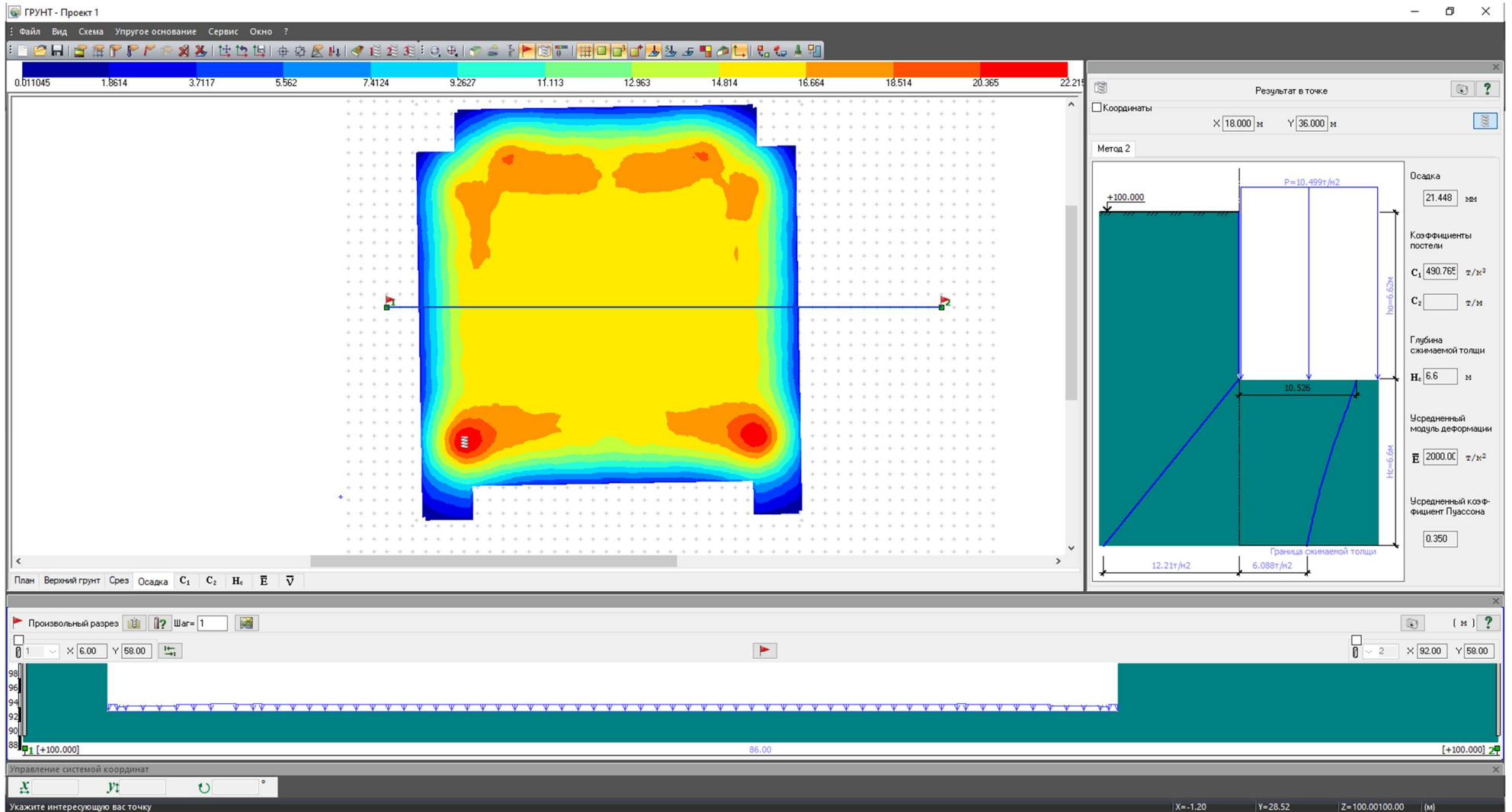


Рисунок 4.4 – Изополе перемещень фундаментної плити

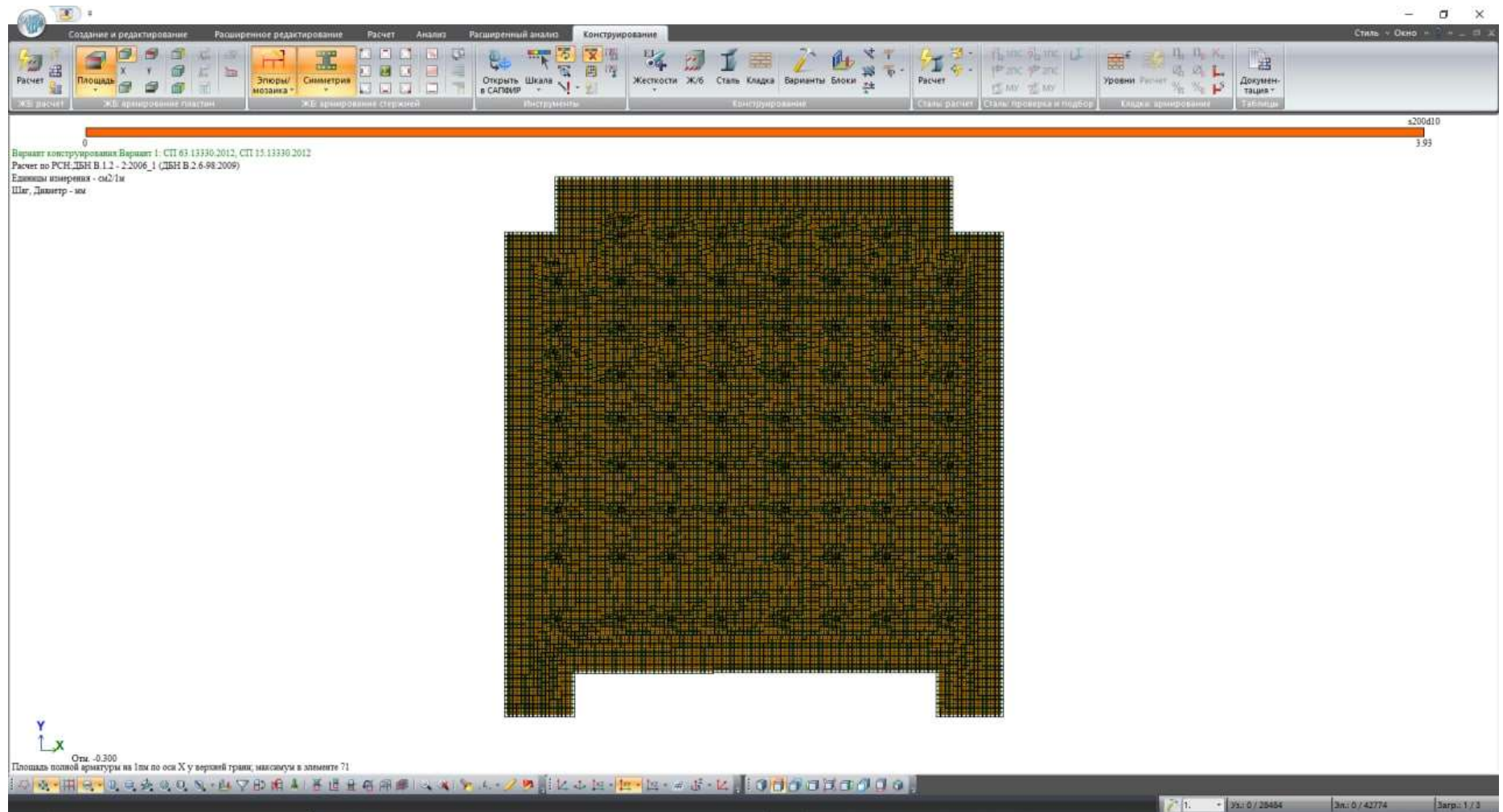


Рисунок 4.5 – Изополе армування по осі X у верхньої грані фундаментної плити

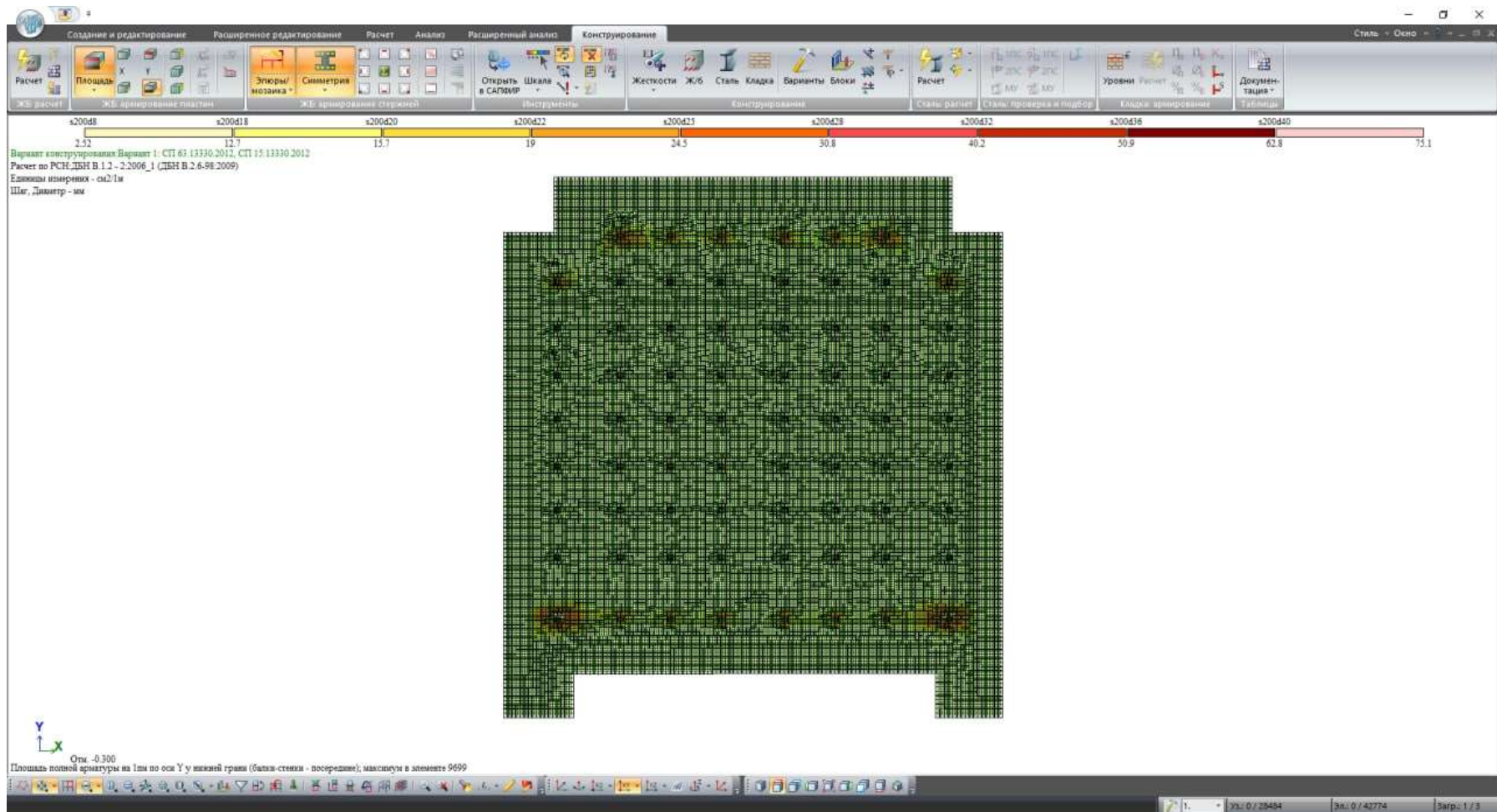


Рисунок 4.6 – Изополе армования по оси Y у нижней грани фундаментной плиты

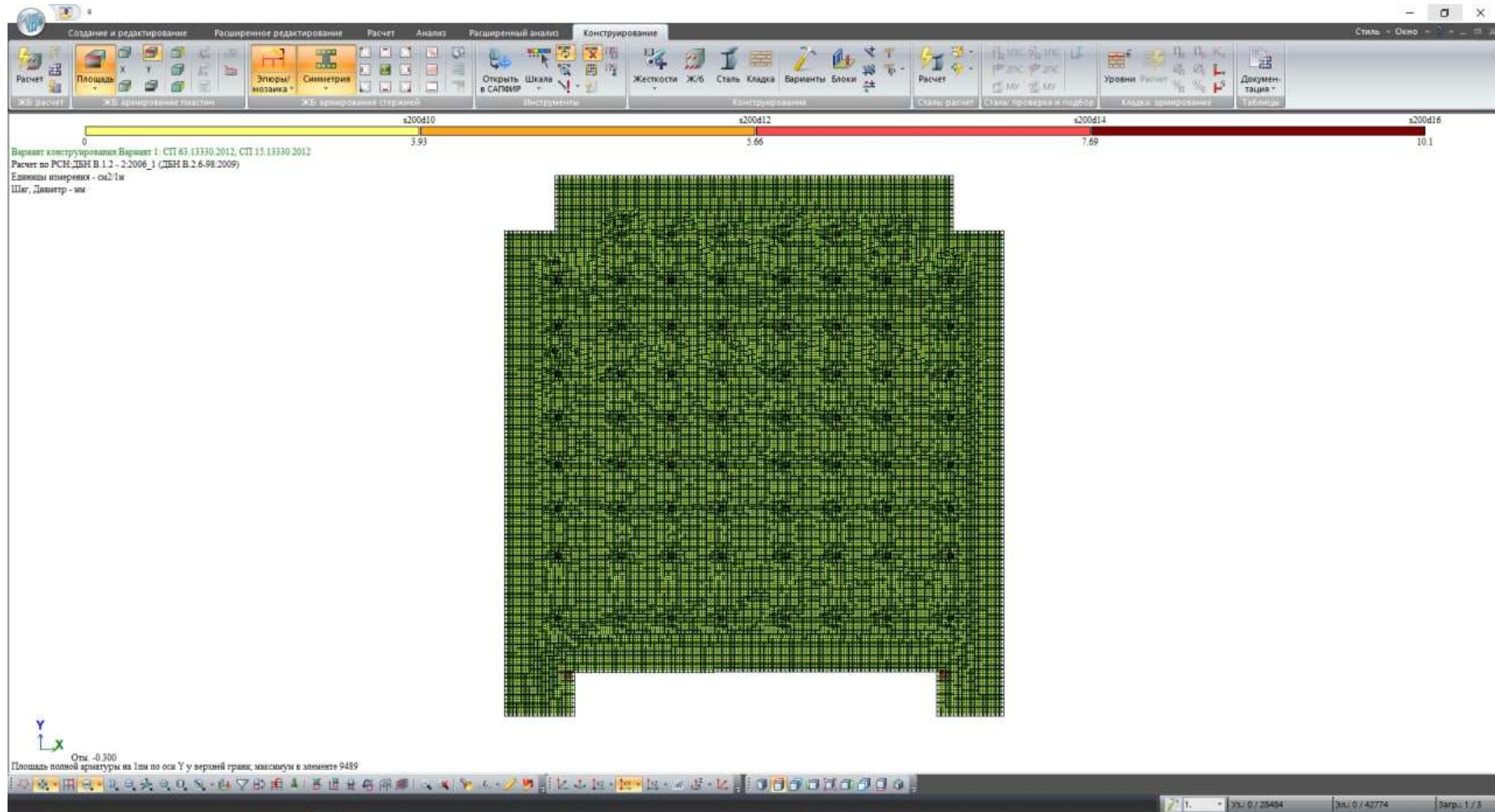


Рисунок 4.7 – Изополе армування по осі У у верхньої грані фундаментної плити

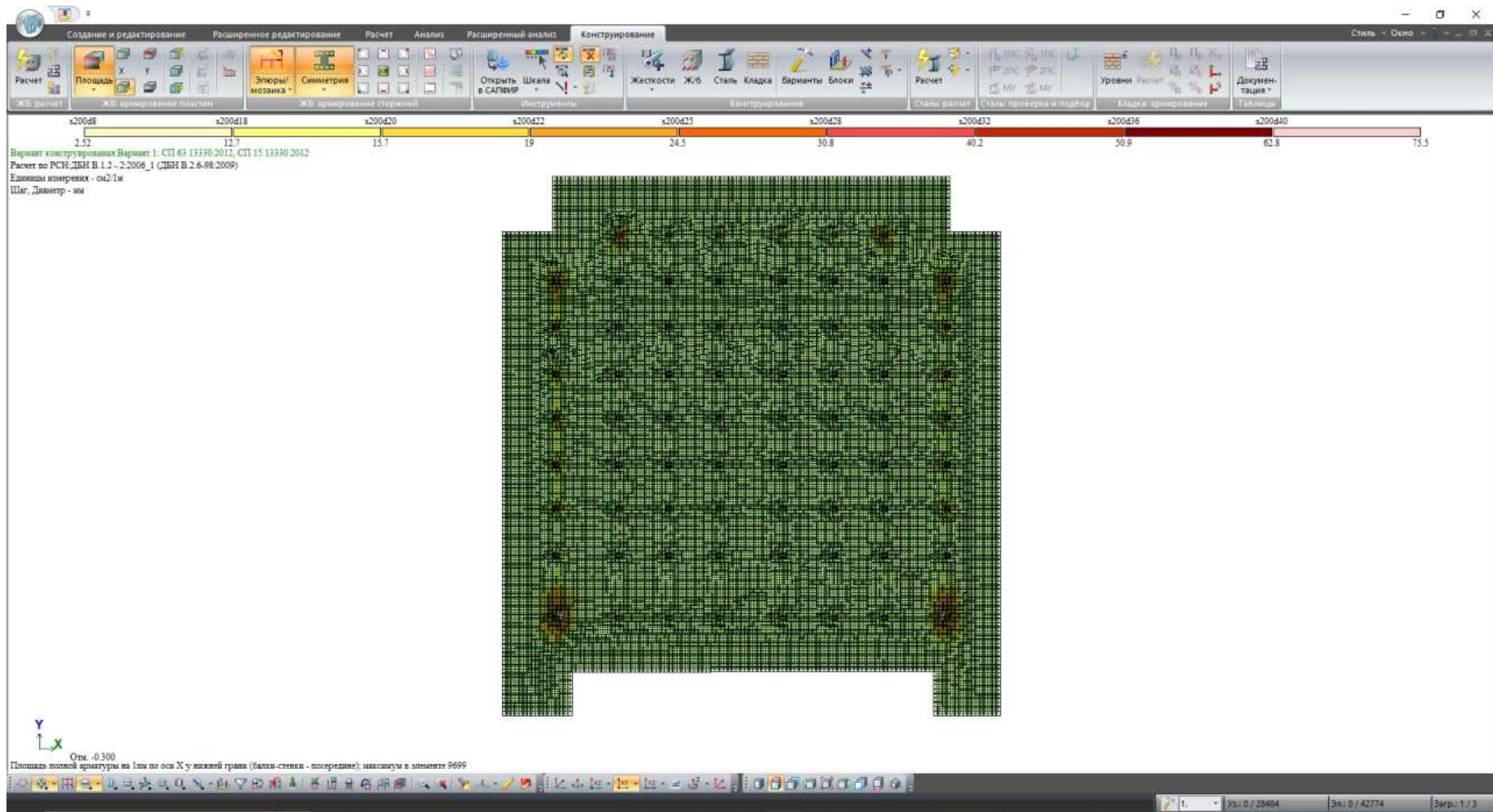


Рисунок 4.8 – Изополе армування по осі X у нижньої грані фундаментної плити

Висновки за розділом 4

Під час розробки технічної частини магістерської кваліфікаційної роботи розроблені основні архітектурно-будівельні рішення підземної автостоянка на 97 машиномісць в с. Чайки Києво-Святошинського району Київської області у м. Вінниця. Закріплені та розширені теоретичні знання, отримані практичні навички, використані сучасні обчислювальні машини та комп'ютерна техніка для рішення інженерних задач, поєднання основних принципів розрахунку та проектування інженерних споруд з комплексним рішенням розроблених архітектурно будівельних та техніко-економічних задач.

Детально розроблені заходи з улаштування плитного фундаменту.

При проектуванні об'єкту використовувались прогресивні технології, енергозберігаючі проектні рішення, сучасні будівельні матеріали. Архітектурно-планувальні рішення враховують вимоги чинних нормативних документів, що забезпечують функціональне призначення та протипожежну безпеку.

РОЗДІЛ 5

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі випускної магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі практичної реалізації конструктивних рішень стосовно плитного фундаменту. Під час будівельно-монтажних робіт персонал попадає під вплив різноманітних небезпечних і шкідливих виробничі фактори. Аварії машин і механізмів, які використовуються на будівельному майданчику, а також невиконання правил по їх безпечній експлуатації може призвести до серйозної загрози життю та здоров'ю технологічного персоналу через небезпеку професійних захворювань і травмувань під час будівництва[24].

На будівельно-монтажний персонал, який здійснює влаштування плитного фундаменту, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори[25]:

- 1) фізичні: - рухомі машини і механізми;
 - рухомі частини виробничого обладнання;
 - вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
 - підвищена та знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
 - підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
 - підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
 - недостатнє освітлення робочої зони;
 - нестача природного освітлення;
 - небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;
 - підвищена та знижена вологість повітря;
 - підвищена та знижена рухливість повітря;
 - підвищений рівень шуму на робочому місці;
 - гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- 2) психофізіологічні :
 - фізичні перевантаження (динамічні);

- нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, розумові перенапруги, монотонність праці).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

За наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зазначених вище, безпека улаштування штучних основ і фундаментів повинна бути забезпечена відповідно до вимог [26] і проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР тощо) на виконання цих робіт зокрема: дотримання вимог допуску працюючих до виконання робіт; дотримання безпечних способів і методів виконання робіт з улаштування штучних основ і фундаментів; вибір засобів механізації для виконання робіт; розроблення та дотримання схем монтажу, демонтажу, переміщення по будівельному майданчику засобів механізації; забезпечення безпечної експлуатації бурового інструменту, палебійних механізмів, віброзанурювачів, механізмів із вдавлення паль; забезпечення безпеки занурення віброзанурювачів, опускних колодязів, забивання та витягання обсадних труб; забезпечення безпечного виконання робіт у зонах обводнених ґрунтів, штучного закріплення ґрунтів, діючих підземних комунікацій; забезпечення безпеки праці під час виконання робіт на одному будівельному майданчику кількома машинами, механізмами; забезпечення безпеки праці під час використання спеціального обладнання для зведення протифільтраційних завіс, споруд типу «стіна у ґрунті», хімічного, термічного та інших видів закріплення ґрунтів; визначення номенклатури та забезпечення необхідної кількості засобів колективного та індивідуального захисту працівників.

До початку робіт наказом роботодавця повинна бути призначена особа, відповідальна за безпечне виконання робіт. Ця особа повинна вивчити геологічні та гідрогеологічні умови, розміщення підземних та наземних комунікацій.

Під час виконання робіт на одному робочому майданчику двома механізмами (бурова установка і кран) відстань між ними повинна бути не менше довжини

стріли крана або башти бурильної установки плюс 5,0 м. За неможливості дотримання цих умов під час монтажу арматурного каркаса палі машиніст бурової установки та бурильники, які не беруть участі у монтажі каркаса, повинні вийти за межі небезпечної зони. Після завершення монтажу каркаса кран необхідно вивести з небезпечної зони. У разі виникнення аварійної ситуації під час забивання бурових паль бурильник повинен залишити небезпечну зону, а машиніст – діяти відповідно до інструкції з експлуатації установки.

На робочому місці необхідно мати засоби колективного захисту, а також аптечку. Заборонено перебування робітників без спецодягу і засобів індивідуального захисту в атмосфері, що містить пил, туман чи пару хімічних речовин.

Монтаж, демонтаж і переміщення палейних і бурових машин і устаткування необхідно виконувати відповідно до ПВР бригадою робітників за участю машиніста і його помічника під керівництвом особи, яка відповідає за безпечне виконання цих робіт. Виконання зазначених робіт забороняється за наявності вітру швидкістю більше ніж 15 м/с, а також під час грози. На будівельному майданчику, де виконуються роботи з монтажу та демонтажу машин і обладнання, безпека праці повинна бути забезпечена на всіх етапах робіт: до початку робіт повинні бути визначені і доведені до всіх виконавців робіт значення сигналів та засобів взаємодії, що подаються під час виконання робіт; заборонено перебування під щоглою бурової установки в період її монтажу або демонтажу; дозволено виконання робіт тільки вдень і на спланованому майданчику з твердою основою; металоконструкції повинні бути виставлені на інвентарні опори з використанням дерев'яних підкладок; всі з'єднання конструкцій повинні бути виконані з використанням передбаченої кількості кріпильних елементів.

Технічний стан палейних і бурових машин (надійність кріплення вузлів, справність зв'язків і робочих настилів) необхідно перевіряти перед початком кожної зміни. Перед підніманням конструкцій палейних чи бурових машин їх елементи необхідно надійно закріпити, а інструмент і незакріплені предмети видалити з цих конструкцій. Під час піднімання конструкції, зібраної у

горизонтальному положенні, необхідно припинити всі інші роботи в радіусі, що дорівнює довжині конструкції плюс 5 м.

Перед початком бурових чи палебійних робіт необхідно перевірити: справність звукових і світлових сигнальних пристроїв; справність усіх механізмів і металоконструкцій; справність пристроїв обмеження висоти піднімання вантажозахоплювального органа; стан канатів для піднімання механізмів; стан вантажозахоплювальних пристроїв.

Під час роботи палебійних чи бурових машин особи, що безпосередньо не беруть участі у цих роботах, повинні перебувати на відстані не менше ніж 15 м. Перед початком огляду, змащування або чищення, усунення будь-яких несправностей бурової машини чи копра буровий інструмент чи палебійний механізм повинен бути опущений, поставлений у стійке положення, а двигун вимкнутий. Опускання та піднімання бурового інструменту чи палі виконується після подачі попереджувального сигналу. Під час піднімання або опускання бурового інструменту забороняється виконувати на копрі чи буровій машині роботи, що не стосуються зазначених процесів.

Піднімання палі (шпунта) та палебійного молота необхідно виконувати окремими гаками. За наявності на копрі тільки одного гака для встановлення палі палебійний молот необхідно зняти з гака і закріпити надійним стопорним болтом. Під час піднімання палі необхідно запобігати розгойдуванню і крутінню за допомогою розчалок. Одночасне піднімання палебійного молота і палі не допускається. Палі дозволяється підтягувати по прямій лінії у межах поля зору машиніста копра тільки через відповідний блок, закріплений в основі копра. Забороняється підтягувати копром палі на відстань більше ніж 10 м з відхиленням їх від поздовжньої осі. Встановлення палі і палебійного устаткування виконується без перерви до повного їх закріплення. Залишати їх у підвішеному стані не допускається. Перед різанням забитих у ґрунт палі необхідно вжити заходів, що унеможливають падіння частини палі, що зрізується. Інженерні мережі та комунікації, що розміщені ближче ніж 2,0 м від свердловини, на період 82 виконання робіт з улаштування палі необхідно відключити.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання заводу та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як роботи виконуються назовні приміщень.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [26, 27]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормальнострумопровідними 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 у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними 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.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні

рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачею інструменту в роботу повинна бути перевірена його комплектність та надійність кріплення деталей, справність захисного кожуху, кабелю (рукава); перед початком роботи повинна бути перевірена справність вимикача та машини на холостому ході; під час перерв у роботі, після закінчення роботи, під час змащування, очищення, заміни робочого елемента інструменту ручні машини необхідно вимкнути та від'єднати від електричної мережі; ручні машини, маса яких із розрахунку на руки працюючого, перевищує 10 кг, повинні мати пристрій для підвішування; під час роботи з ручними машинами на висоті необхідно використовувати засоби підмоцвання (помости); нагляд за експлуатацією ручних машин необхідно доручати спеціально призначеній для цього особі.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму,

ккал/с (Вт) [26]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на постійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	Пб	16-27	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	15-21	Не більше 75	Не більше 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [26]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

Використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітря- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій. Для роботи в екстремальних умовах застосовуються спеціальні костюми з підвищеною тепло світловіддачею. Для захисту голови від випромінювання застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; для захисту очей — окуляри — темні або з прозорим шаром металу, маски з відкидним екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу, а під час опадів – плащів та гумових чобіт.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі на протязі 8 годин чи іншої тривалості (але не більше 40 годин на тиждень) за час всього трудового стажу не може викликати професійних захворювань або розладів у стані здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці.

Нормування параметрів забруднювачів повітря в робочій зоні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Цемент	6		4

Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій в легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Вражаюча дія пилу в основному визначається дисперсністю (розміром частинок пилу), їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею.

Шкідливість виробничого пилу обумовлена його здатністю викликати професійні захворювання легень, в першу чергу пневмоконіози.

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати[27] щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно постійно очищувати пил та проводити вологе прибирання приміщень, за умови вимкнення устаткування.

5.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника.

Природне освітлення.

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройоми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (ен). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5- 28-2018 [23] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г» (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне E_n пр	Сумісне E_{sum}
						Всього	У т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	б	малий	середній	-	200	3	1,8

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським

вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні 87 шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [26] (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунку, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурнопланувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці за [27]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує значних зусиль за показниками важкості та напруженості праці:

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – шкідливий 3.1 (важка):

- загальні енергозатрати організму (кг/м) – до 348; - зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) - 18 000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 61 600;

- маса вантажу, що постійно підіймається – до 35 кг.

- стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) - до 60 000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

- статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 140 000; за участю мязів тулуба та ніг – до 200 000.

- робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% до 50% часу зміни;

- нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів;

- переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;
- сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

- розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання;

- характер виконуваної роботи - робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (%за зміну) - більше 75;

- щільність сигналів (звукові за 1 год) - більше 300;

- навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

- ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи;
- 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 – однозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.

Потрібно визначити сейсмостійкість фундаментів.

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 [16]. Попередні розміри фундаментів визначені розрахунком за деформаціями основ на основне сполучення навантажень (без урахування сейсмічних навантажень) у розділі 4.

Розрахунок на дію вертикальної складової навантаження здійснюється за формулою:

$$N_a \leq \gamma_{c,eq} N_{u,eq} / \gamma_n, \quad (5.1)$$

де N_a - вертикальна складова розрахункового позacentрового 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 [16].

Виконуємо перевірку розмірів подошви фундаменту на аварійне сполучення навантажень.

Розрахункові аварійні значення навантажень:

$$N_a = 2729,16; M_a = 0; Q_a = 0.$$

За табл. 5.1 [53] ґрунтові умови майданчику будівництва відносяться до III категорії. В цьому випадку за табл. А.1 [53] для Київської області сейсмічність території складає 6 балів.

При $\varphi_1 = 24^\circ$ $F_1 = 40$, $F_2 = 40$, $F_3 = 55$ [13]. $c_1 = 0$ (кПа); $\gamma_1 = 20,0$ кН/м³.

Коефіцієнти форми фундаменту ξ_y , ξ_q , ξ_c . Сторона $b = 58,5$ м,
 $\eta = l/b = 63,3/58,5 = 1,08$

$$\xi_y = 1 - \frac{0,25}{\eta} = 0,77; \xi_q = 1 + \frac{1,5}{\eta} = 2,4; \xi_c = 1 + \frac{0,3}{\eta} = 1,27$$

$$p_0 = \xi_q F_1 \gamma_1' d + \xi_c (F_1 - 1) c_1 / \text{tg} \varphi_1 = 2,4 \cdot 40 \cdot 17,9 \cdot 0,8 + 1,27 (40 - 1) \cdot 0 / \text{tg} 24 = 1374,72 \text{ (кПа)};$$

$$p_b = p_0 + \xi_y \gamma_1 b (F_2 - k_{eq} F_3) = 1374,72 + 0,77 \cdot 20 \cdot 58,5 (40 - 0,1 \cdot 55) = 32455,77 \text{ (кПа)}.$$

Вертикальна складова розрахункового граничного навантаження в рівні подошви фундаменту в аварійному сполученні

$$N_a = 2729,16 + 63,3 \cdot 58,5 \cdot 1,4 \cdot 20 \cdot 0,9 = 1044249 \text{ (кН)}.$$

Ексцентриситети розрахункового навантаження і епюри граничного тиску:

$$e_a = \frac{M_a}{N_a} = 0;$$

$$e_u = b(p_b - p_0) / 6(p_b + p_0) = \frac{58,5(32455,77 - 1374,72)}{6(32455,77 + 1374,72)} = 9,3 \text{ (м)}.$$

Оскільки $e_u > e_a$, то граничне критичне навантаження на фундамент визначаємо за формулою [13]

$$N_{u,eq} = 0,5bl(p_b + p_0) = 0,5 \cdot 58,5 \cdot 63,3 \cdot (32455,77 + 1374,72) = 62637997 \text{ (кН)}.$$

Умова міцності (5.1)

$$N_a = 1044249 \leq \gamma_{c,eq} N_{u,eq} / \gamma_n = \frac{0,7 \cdot 62637997}{1,15} = 38127476,5 \text{ (кН)} \text{ виконується}$$

Отже, при дії вертикальної складової сейсмічного навантаження розміри підосви достатні.

Виконаємо перевірку міцності основи на зсув по підосві фундаментів від дії горизонтальної складової навантаження.

Розрахунок виконуємо за рекомендаціями [13, 47]

Ґрунт засипки має такі характеристики:

$$\varphi'_1 = 0,9 \cdot 25 / 1,1 = 20 ; c'_1 = 0,5 \cdot 3 / 1,5 = 1 \text{ (кПа)}, \gamma'_1 = 0,95 \cdot 18,8 = 17,9 \text{ (кН/м}^3 \text{)}.$$

При горизонтальній поверхні засипки, коефіцієнти бокового тиску ґрунту засипки в умовах сейсмічного впливу [47]

$$\lambda_a^* = \frac{\cos^2(\varphi_1 - \omega)}{\cos^2 \omega \cdot (1 + \sqrt{z})^2} = 0,520.$$

$\omega = \arctg(AK) = \arctg(0,04) = 2,29$ ($AK_1 = 0,04$ для сейсмічності території 6 або 7 балів).

$$z = \frac{\sin(\varphi_1 - \omega) \sin \varphi_1}{\cos \omega} = 0,104.$$

$$E_n^* = (1 - AK_1) \cdot E_n = (1 - 0,04) \cdot E_n;$$

$$\lambda_n = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi_1}{2} \right) = tg^2 \left(45 + \frac{20}{2} \right) = 2,04.$$

$$d_c = 2c'_1 \sqrt{\lambda_a} / (\gamma'_1 \lambda_a) = 2 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,52} / (17,9 \cdot 0,52) = 0,155 \text{ (м)}.$$

Рівнодіюча активного тиску на фундамент від ґрунту засипки

$$E_a = 1 \cdot 0,5 (\gamma'_1 \lambda_a d - 2c'_1 \sqrt{\lambda_a}) (d - d_c) = 105,6 \text{ (кН)}.$$

Рівнодіюча активного тиску на фундамент від привантаження на поверхні засипки засипки

$$E_{a \text{ ґр}} = 1 \cdot d \cdot (q \cdot \lambda_a - 2c'_1 \sqrt{\lambda_a}) = 14,69 \text{ (кН)}.$$

Рівнодіюча пасивного тиску на фундамент від ґрунту засипки

$$E_n = 1 \cdot [0,5 \gamma'_1 \lambda_n d^2 + c'_1 d (\lambda_n - 1) / \operatorname{tg} \varphi'_1] = 26,3 \text{ (кН)}.$$

З урахуванням сейсмічного впливу

$$E_n^* = (1 - AK_1) \cdot E_n = (1 - 0,04) \cdot E_n = (1 - 0,004) \cdot 26,3 = 25,3 \text{ (кН)}.$$

Зсувна сила в рівні підшви фундаменту

$$F_{sa} = Q + E_a = 54,6 + 105,6 + 14,6 = 174,8 \text{ (кН)}.$$

Утримуючу силу визначаємо за формулою

$$F_{sr} = (F_v - U) \operatorname{tg} \varphi_1 + abc_1 + E_n = 955,2 \cdot \operatorname{tg} 36 + 2,4^2 \cdot 0 + 25,3 = 719,3 \text{ (кН)}.$$

Умова міцності на зсув по підшві (для II категорії ґрунтів за сейсмічними властивостями $\gamma_{c,eq} = 0,85$)

$$F_{sa} = 174,8 \text{ кН} < \frac{\gamma_{c,eq} F_{sr}}{\gamma_n} = \frac{0,7 \cdot 719,3}{1,15} = 437,8 \text{ (кН)} \text{ виконується з запасом.}$$

Отже, розміри підшви забезпечують надійну роботу фундаменту у випадку сейсмічних впливів.

Висновки за розділом 5

1. У цьому розділі роботи розглянуто заходи та засоби з охорони праці під час виконання будівельних робіт нульового циклу. Досліджено небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають при виконанні земляних робіт та робіт по улаштування фундаменту.
2. У результаті проведених розрахунків перевірено, що розміри плитного фундаменту забезпечують надійну роботу у випадку сейсмічних впливів.

РОЗДІЛ 6

Економічна частина

6.1 Розрахунок варіантів фундаментів з врахуванням результатів дослідження

В підрозділі 4.2 виконаний розрахунок плитного фундаменту, розрахованого згідно з вказівками норм [4]. Підрахована загальна кількість арматури у фундаментній плиті для варіанту ґрунтової основи з модулем деформації $E = 20$ МПа. При цьому прийнято $E_{e,i} = 5 E_i$.

Відомість витрат сталі при $k = E_{e,i}/E_i = 5$

Марки елементів	Вироби арматурні								Загальні витрати
	Арматура класу					Технологічна арматура класу		Всього	
	A500C					A240C			
	ДСТУ 3760:2019					ДСТУ 3760:2019			
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Всього	Ø12	Всього		
Фундаментна плита ФМ-1	141,74	86132,64	1641,72	37150	125066,10	11114,6	11114,6	136180,7	136180,7

Виконаємо перерахунок плитного фундаменту, враховуючи можливість врахування реального співвідношення модуля пружності та модуля деформації. Розглядаємо два варіанти цього співвідношення: $E_{e,i} = 2 E_i$ та $E_{e,i} = 10 E_i$.

6.1.1 Варіант фундаменту з співвідношенням $E_{e,i} = 2 E_i$

Виконаємо моделювання плити за допомогою програмного комплексу Ліра САПР. Результатом розрахунку є напруження і переміщення у елементах системи.

Після виконання статичних розрахунків, було виконано конструкторські розрахунки, результатами яких є клейонки армування. Діаграми армування плитної частини наведені на рис. 6.1 - 6.4.

Підрахована загальна кількість арматури у фундаментній плиті для варіанту ґрунтової основи з модулем деформації $E = 20$ МПа.

Відомість витрат сталі при $k = E_{e,i}/E_i = 2$

Марки елементів	Вироби арматурні								Загальні витрати
	Арматура класу					Технологічна арматура класу		Всього	
	A500C					A240C			
	ДСТУ 3760:2019					ДСТУ 3760:2019			
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Всього	Ø12	Всього		
Фундаментна плита ФМ-1	141,74	86132,64	1641,72	20141,4	108057,5	11114,6	11114,6	119172,1	119172,1

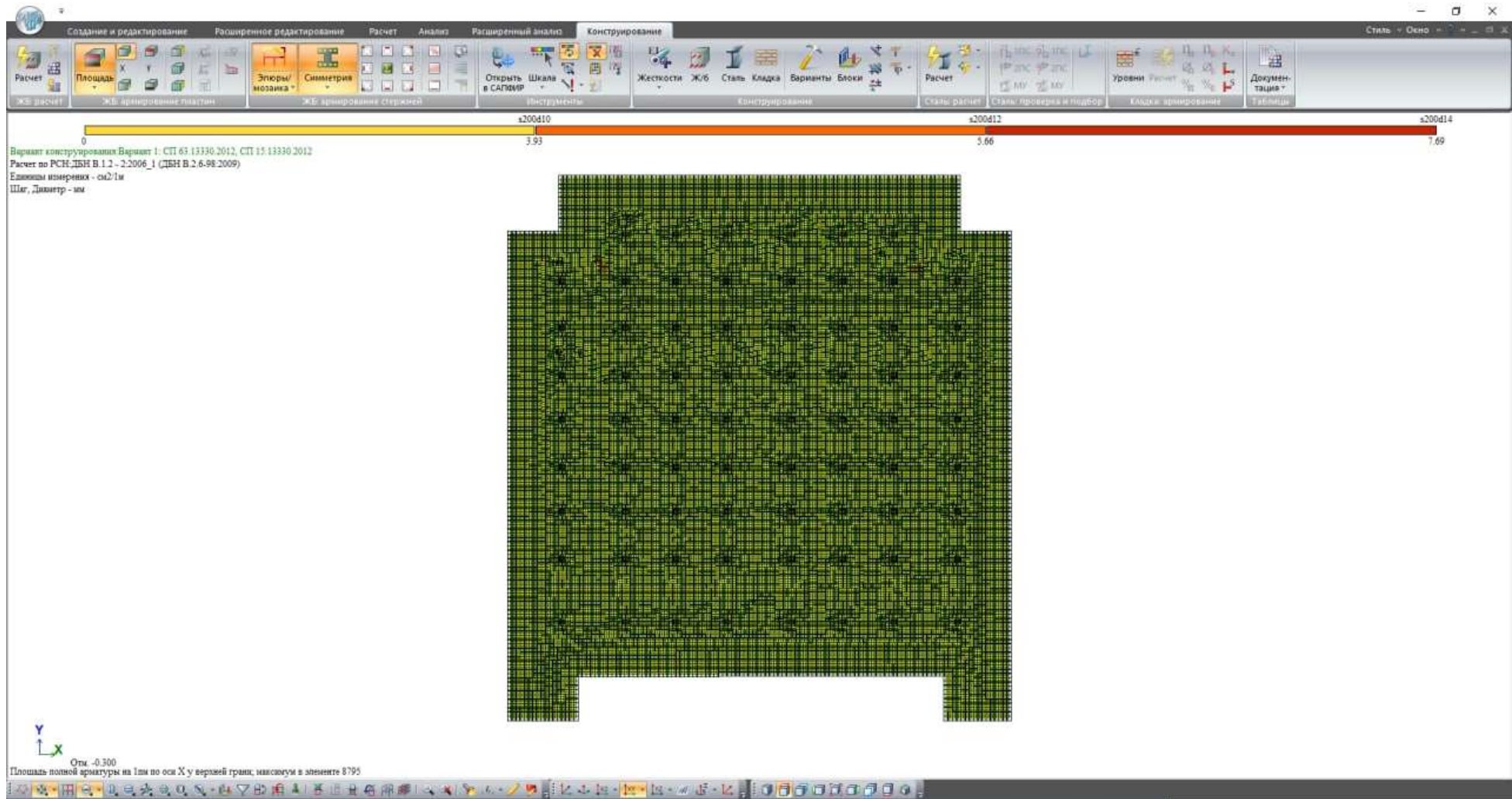


Рисунок 6.1 – Ізополе армування по осі X у верхньої грані фундаментної плити при $E_{c,i} = 2 E_i$

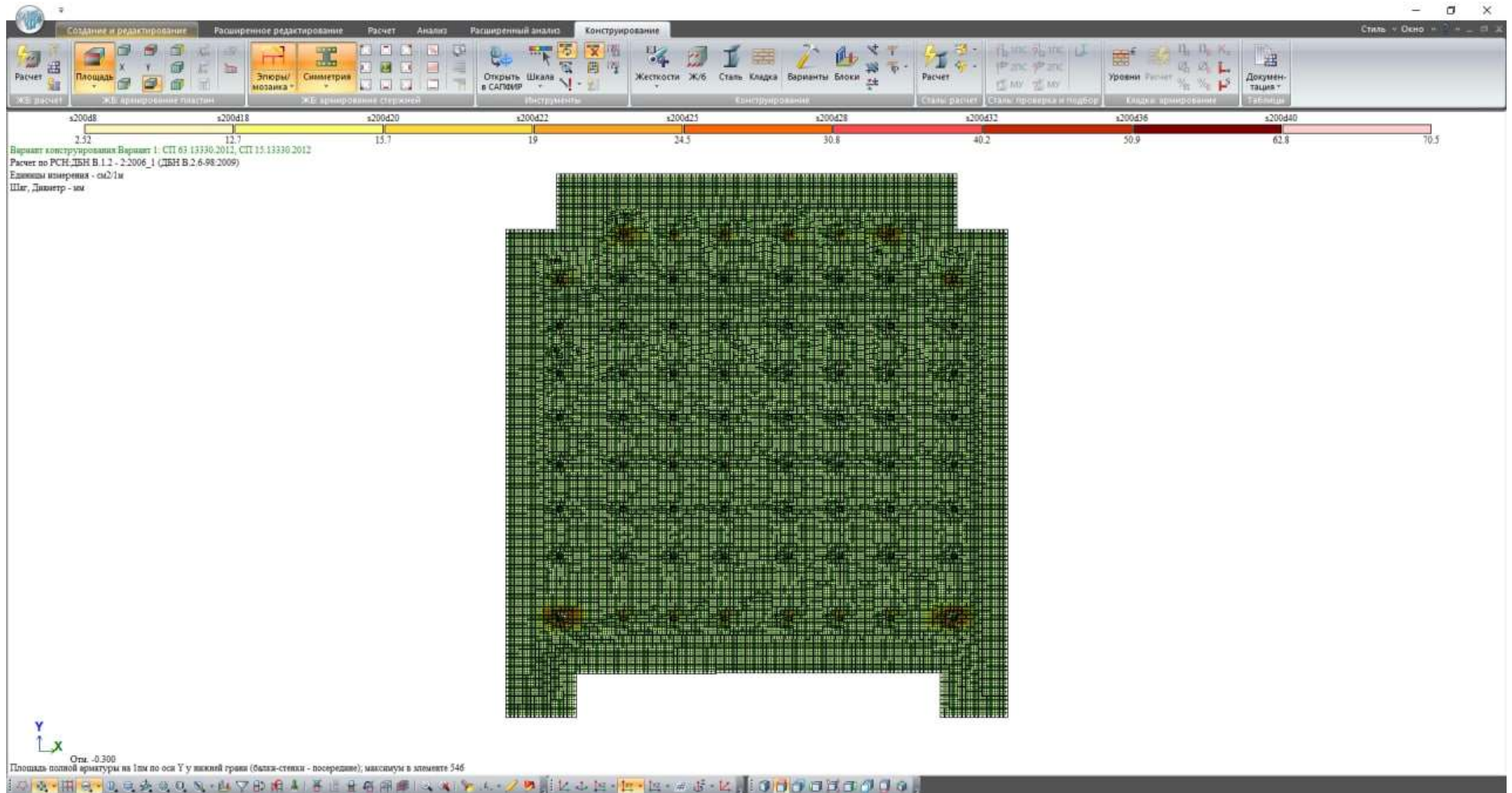


Рисунок 6.2 – Изополе армования по оси Y у нижней грани фундаментной плиты при $E_{c,i} = 2 E_i$

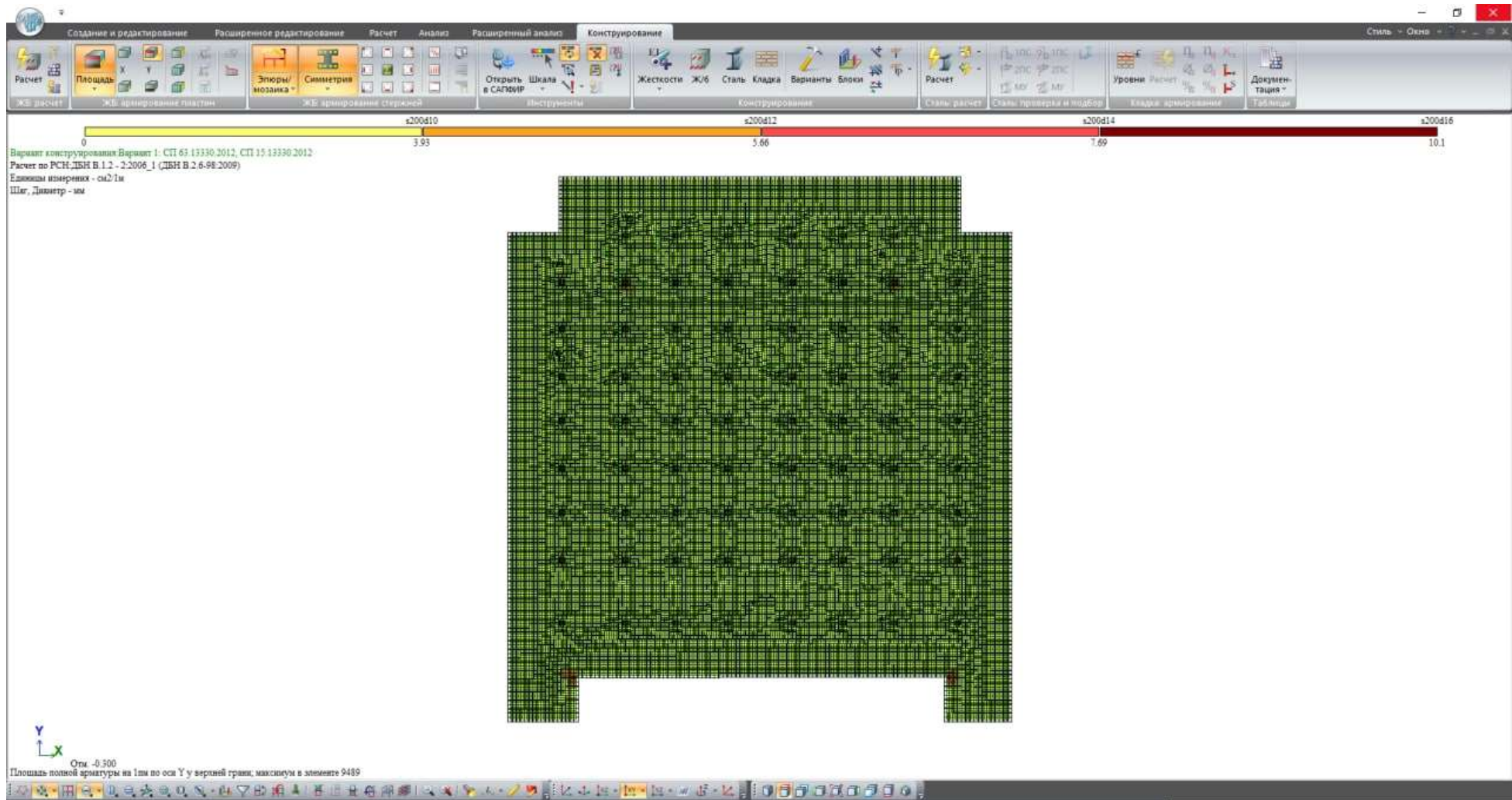


Рисунок 6.3 – Ізополе армування по осі Y у верхньої грані фундаментної плити при $E_{c,i} = 2 E_i$

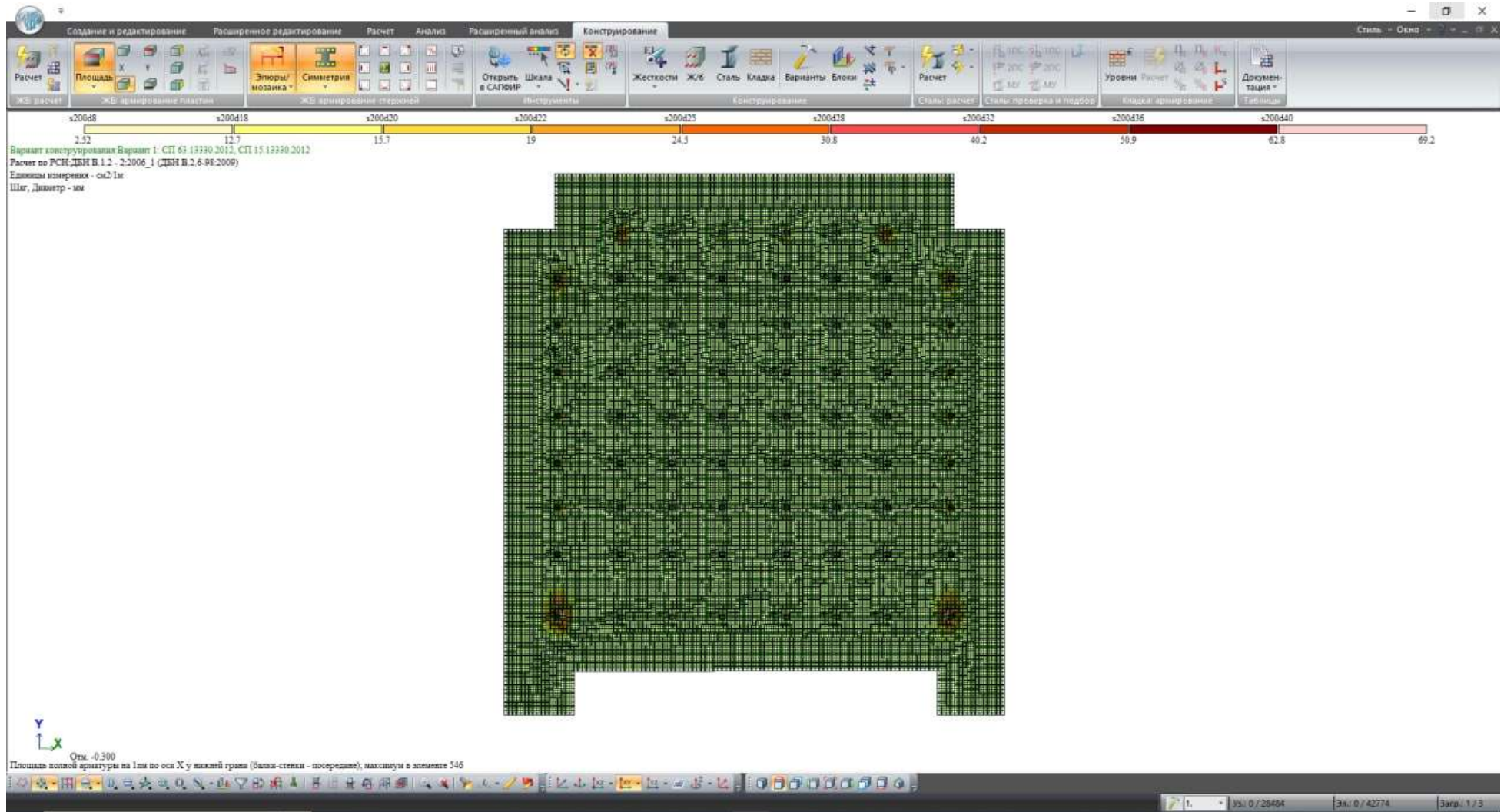


Рисунок 6.4 – Изополе армування по осі X у нижньої грані фундаментної плити при $E_{c,i} = 2 E_i$

6.1.2 Варіант фундаменту з співвідношенням $E_{c,i} = 10 E_i$

Виконаємо моделювання плити за допомогою програмного комплексу Ліра САПР. Результатом розрахунку є напруження і переміщення у елементах системи.

Після виконання статичних розрахунків, було виконано конструкторські розрахунки, результатами яких є клейонки армування. Діаграми армування плитної частини наведені на рис. 6.5 - 6.8.

Підрахована загальна кількість арматури у фундаментній плиті для варіанту ґрунтової основи з модулем деформації $E = 20$ МПа.

Відомість витрат сталі при $k = E_{c,i}/E_i = 10$

Марки елементів	Вироби арматурні								Загальні витрати
	Арматура класу					Технологічна арматура класу		Всього	
	A500C					A240C			
	ДСТУ 3760:2019					ДСТУ 3760:2019			
	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Всього	Ø12	Всього		
Фундаментна плита ФМ-1	86132,64	1519,74	3871,77	945,56	127469,71	11114,6	11114,6	138584,31	

У графічній частині наведені робочі креслення фундаментної плити для варіанту $k = E_{c,i}/E_i = 10$.

6.2 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів

Підвищення співвідношення $k = E_{c,i}/E_i$ до 10 призводить до зростання кількості арматури, а зниження $k = E_{c,i}/E_i$ до 2 – до суттєвого зменшення кількості арматури. Оскільки проведені лабораторні дослідження показали, що для супіщаної основи більш імовірно зниження співвідношення $k = E_{c,i}/E_i$, то при порівнянні варіантів фундаментів розглядаємо два варіанти конструктивного рішення плитних фундаментів:

- традиційне рішення при співвідношенні $k = E_{c,i}/E_i = 5$;
- варіант за результатами наукових досліджень при співвідношенні $k = E_{c,i}/E_i = 2$.

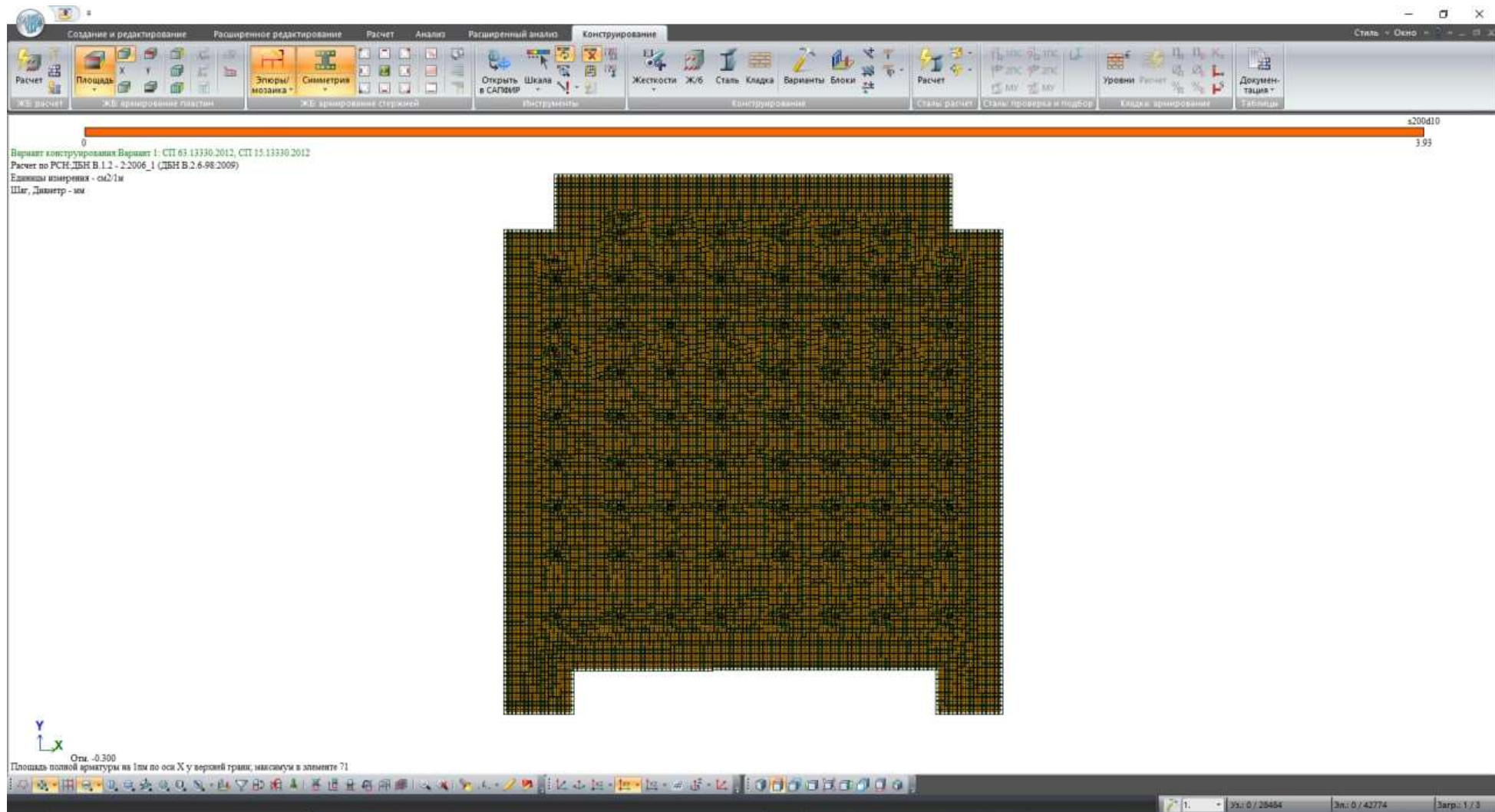


Рисунок 6.5 – Изополе армования по оси X у верхней грани фундаментной плиты при $E_{c,i} = 10 E_i$

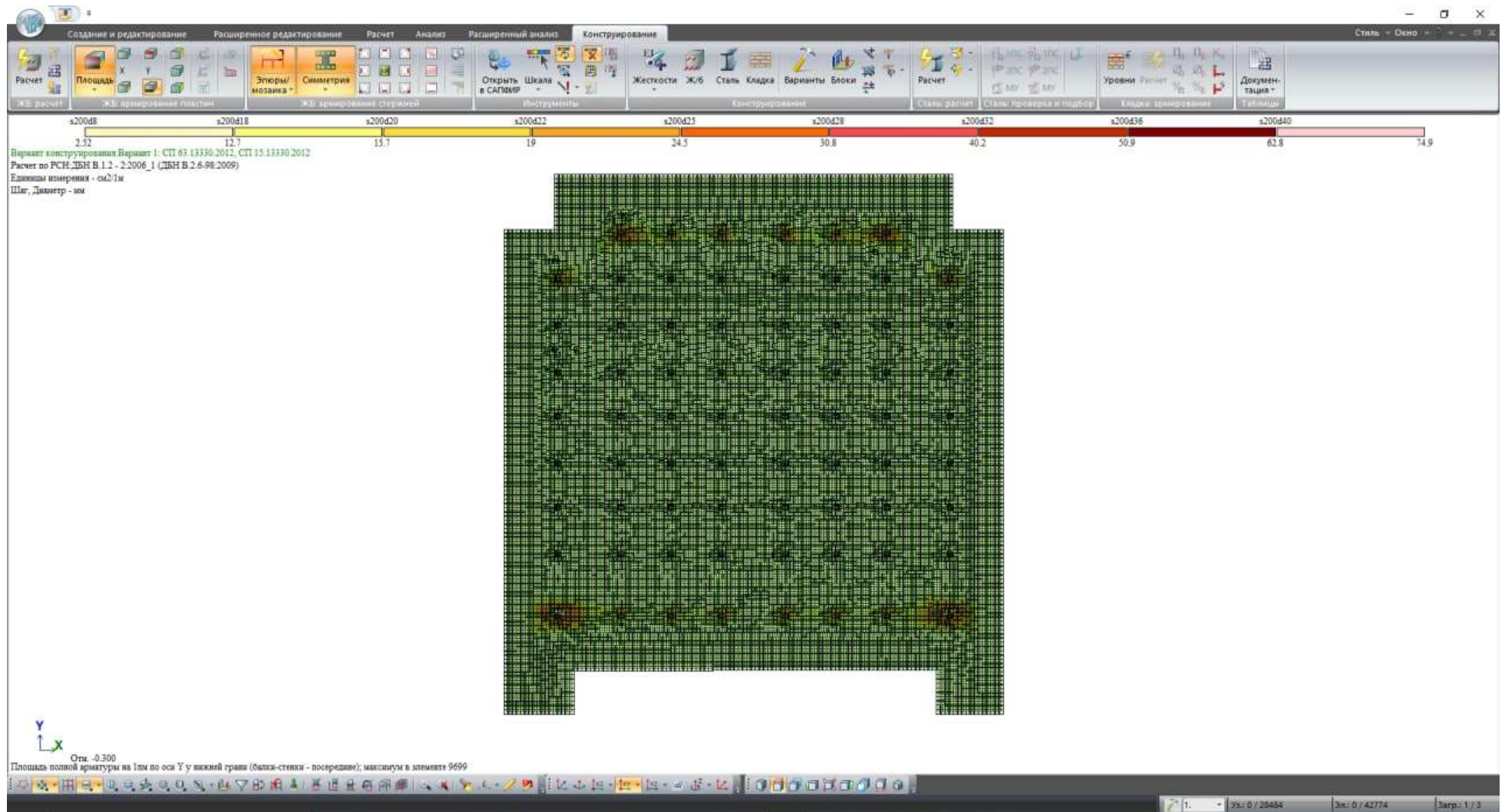


Рисунок 6.6 – Изополе армования по оси Y у нижней грани фундаментной плиты при $E_{с,i} = 10 E_i$

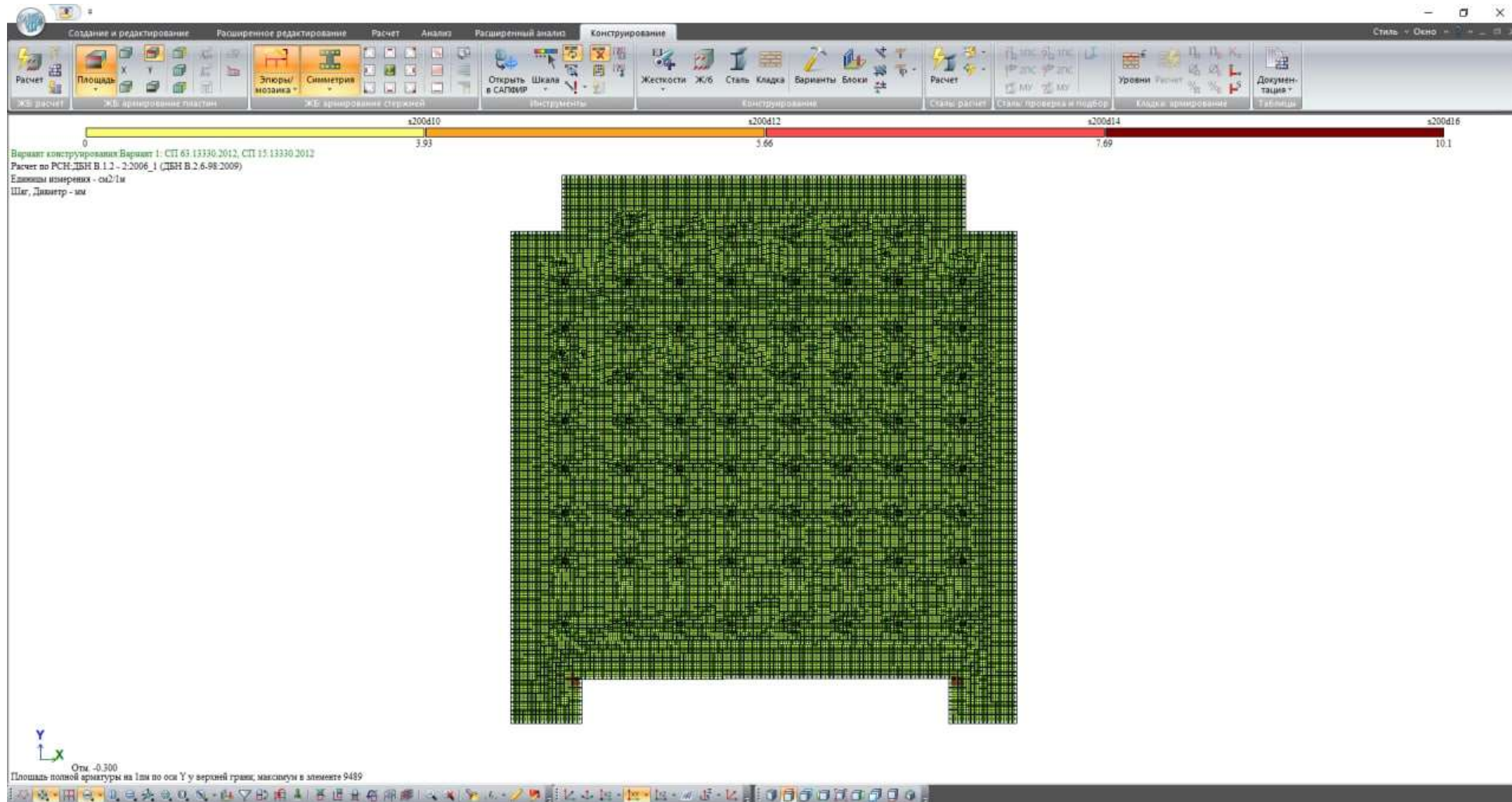


Рисунок 6.7 – Изополе армования по оси Y у верхней грани фундаментной плиты при $E_{c,i} = 10 E_c$

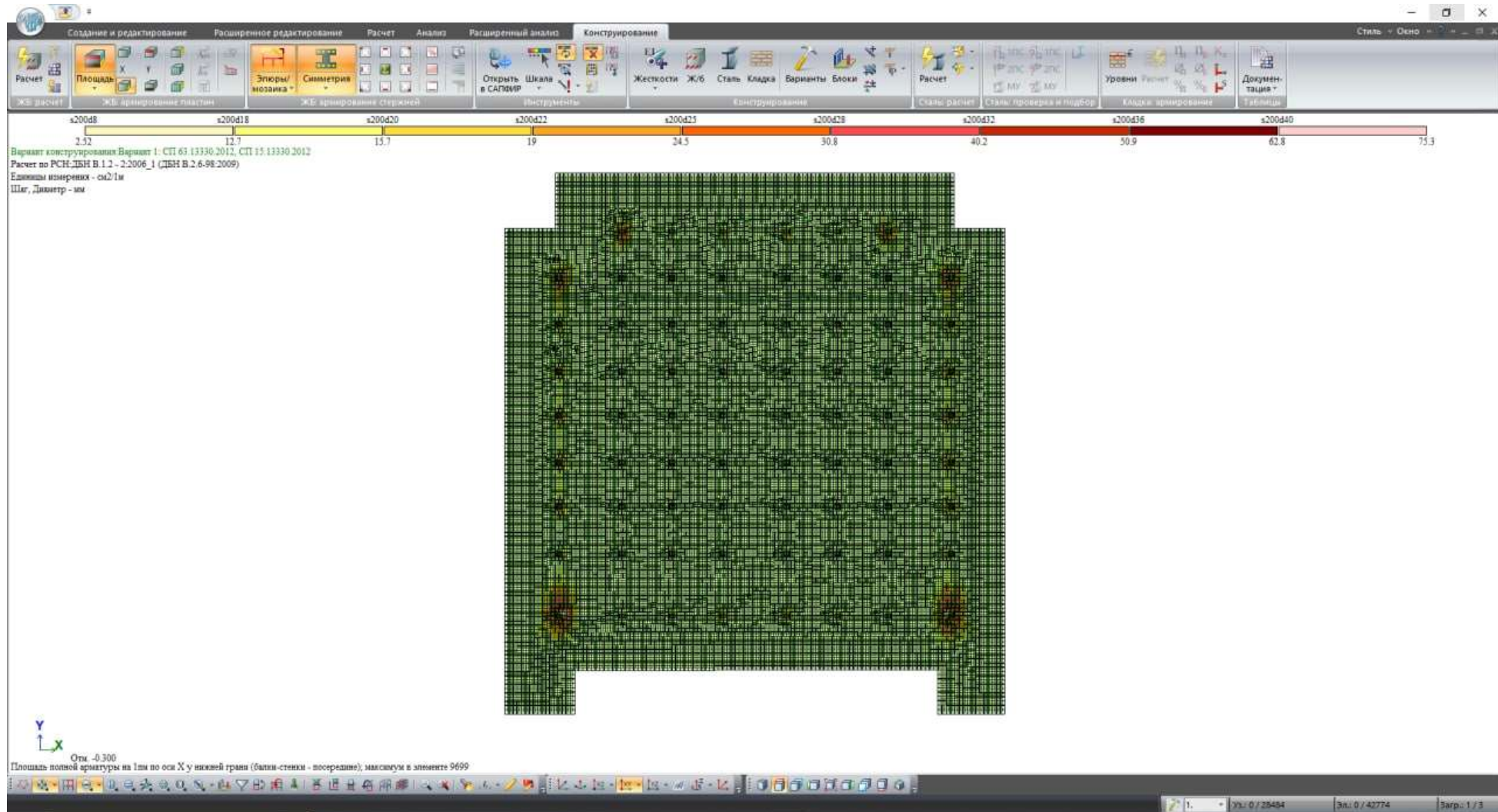


Рисунок 6.8 – Изополе армування по осі X у нижньої грані фундаментної плити при $E_{c,i} = 10 E_i$

У таблиці 6.1 підраховані обсяги основних робіт на улаштування варіантів плитних фундаментів.

Таблиця 6.1 – Обсяги робіт з улаштування варіантів плитних фундаментів

Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість
1. Варіант традиційного рішення при співвідношенні $k = E_{c,i}/E_i = 5$ (базовий)		
1. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 товщиною 100 мм	м ³	344,2
2. Улаштування монолітної фундаментної плити з бетону класу С20/25 товщиною 600 мм	м ³	2063,3
3. Арматура для плити	кг	141,74
Ø12 А500С		86132,64
Ø14 А400С		1641,72
Ø20 А400С		37150,0
Ø12 А240С		11114,6
2. Варіант за результатами наукових досліджень при співвідношенні $k = E_{c,i}/E_i = 2$		
1. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 товщиною 100 мм	м ³	344,2
2. Улаштування монолітної фундаментної плити з бетону класу С20/25 товщиною 600 мм	м ³	2063,3
3. Арматура для плити	кг	141,74
Ø12 А500С		86132,64
Ø14 А400С		1641,72
Ø20 А400С		20141,4
Ø12 А240С		11114,6

Кошторисний розрахунок улаштування фундаменту за запропонованими варіантами виконуємо за допомогою програмного комплексу АВК (таблиця 6.2-6.3).

Підземна автостоянка на 97 машиномісць

Таблиця 6.2 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на Підземна парковка
Варіант традиційного рішення

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 3303,992 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 11,548 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 235,537 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "27 листопада" 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	C147-3-12	Стрижнева арматура АС-II, діаметр 12 мм	100кг	111,146	<u>998,59</u>	-	110989	-	-	-	-	-
2	C147-8-20	Стрижнева арматура А-IV, діаметр 20 мм	100кг	371,5	<u>979,02</u>	-	363706	-	-	-	-	-
3	C147-8-16	Стрижнева арматура А-IV, діаметр 16 мм	100кг	16,4172	<u>979,02</u>	-	16073	-	-	-	-	-
4	C147-8-14	Стрижнева арматура А-IV, діаметр 14 мм	100кг	861,3264	<u>979,02</u>	-	843256	-	-	-	-	-
5	C147-12-12	Стрижнева арматура А-V, діаметр 12 мм	100кг	1,4174	<u>1018,64</u>	-	1444	-	-	-	-	-
6	E37-7-1	Улаштування бетонної підготовки під споруди при подаванні бетонної суміші автосамоскидами	100м3	3,442	<u>9074,24</u> 4911,90	<u>356,35</u> 105,43	31234	16907	<u>1227</u> 363	<u>252,8</u> 5,6219	<u>870,14</u> 19,35	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
7	Е6-1-17	Улаштування фундаментних плит залізобетонних із пазами, стаканами і підколонниками висотою до 2 м, при товщині плити до 1000 мм	100м3	20,633	<u>86028,64</u> 6350,65	<u>8929,18</u> 2316,56	1775029	131033	<u>184236</u> 47798	<u>343,65</u> 113,8023	<u>7090,53</u> 2348,08	
Разом прямі витрати по кошторису							3141731	147940	<u>185463</u> 48161		<u>7960,67</u> 2367,43	
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							3141731					

Всього по кошторису							3303992					
Кошторисна трудоємність, люд.год.							11548					
Кошторисна заробітна плата, грн.							235537					

Склав

_____ *[посада, підпис (ініціали, прізвище)]*

Перевірив

_____ *[посада, підпис (ініціали, прізвище)]*

Підземна автостоянка на 97 машиномісць

**Таблиця 6.3 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
на підземна парковка2
Варіант за результатами наукових досліджень**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 3137,474 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 11,548 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 235,537 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "27 листопада" 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E37-7-1	Улаштування бетонної підготовки під споруди при подаванні бетонної суміші автосамоскидами	100м3	3,442	<u>9074,24</u> 4911,90	<u>356,35</u> 105,43	31234	16907	<u>1227</u> 363	<u>252,8</u> 5,6219	<u>870,14</u> 19,35
2	E6-1-17	Улаштування фундаментних плит залізобетонних із пазами, стаканами і підколонниками висотою до 2 м, при товщині плити до 1000 мм	100м3	20,633	<u>86028,64</u> 6350,65	<u>8929,18</u> 2316,56	1775029	131033	<u>184236</u> 47798	<u>343,65</u> 113,8023	<u>7090,53</u> 2348,08
3	C147-12-12	Стрижнева арматура А-V, діаметр 12 мм	100кг	1,4174	<u>1018,64</u> -	-	1444	-	-	-	-
4	C147-8-14	Стрижнева арматура А-IV, діаметр 14 мм	100кг	861,3264	<u>979,02</u> -	-	843256	-	-	-	-
5	C147-8-16	Стрижнева арматура А-IV, діаметр 16 мм	100кг	16,4172	<u>979,02</u> -	-	16073	-	-	-	-
6	C147-8-20	Стрижнева арматура А-IV, діаметр 20 мм	100кг	201,414	<u>979,02</u> -	-	197188	-	-	-	-
					-	-			-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	C147-3-12	Стрижнева арматура АС-II, діаметр 12 мм	100кг	111,146	<u>998,59</u>	-	110989	-	-	-	-
		Разом прямі витрати по кошторису			-	-	2975213	147940	<u>185463</u>		<u>7960,67</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					2975213		48161		2367,43
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					2641810				
		всього заробітна плата, грн.					196101				
		Загальновиробничі витрати, грн.					162261				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					1219,8				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					39436				
		Всього будівельні роботи, грн.					3137474				

		Всього по кошторису					3137474				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					11548				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					235537				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Порівняння двох варіантів фундаментів зведено до таблиці 6.4

Таблиця 6.4 - Порівняння варіантів фундаментів

Показники (дані)	Варіанти фундаментів	
	Традиційного рішення	За результатами наукових досліджень
Прямі витрати, грн.	3141731	2975213
Кошторисна трудомісткість, грн.	11548	11548
Кошторисна заробітна плата, грн.	235537	235537
Загальновиробничі витрати, грн.	162261	162261
Усього за кошторисом, грн.	3303992	3137474
Кошторисний прибуток, грн.		
Економічний ефект, грн.		166518

Висновки за розділом 6

Порівнюючи кожний варіант фундаментів ми бачимо, що найбільш економічним є варіант за результатами наукових досліджень при співвідношенні $k = E_{e,i}/E_i = 2$. Кошторисна трудомісткість, кошторисна заробітна плата та загальновиробничі витрати є рівні в обох варіантах, але по витратах сталі варіант за результатами наукових досліджень є більш економічним. Економічний ефект 166518 грн.

ВИСНОВКИ

Виконання магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах». було розроблено відповідно до завдання на проектування.

В сучасних нормах зазначено якщо немає результатів визначення модуля деформації по вітці розвантаження, що приймається за модуль пружності, то модуль пружності можна приймати в 5 разів більшим за модуль деформації.

Дослідження показали, що при визначенні модуля пружності за результатами компресійних випробувань доцільно використовувати гілку вторинного навантаження, а модуль пружності, визначений за гілкою розвантаження має суттєво завищені значення. При зростанні коефіцієнта пористості e співвідношення також зростає. При проектуванні заглиблених споруд, для яких величина модуля пружності має особливо суттєве значення, необхідно рекомендувати дослідне визначення співвідношення модуля пружності і модуля деформації.

У результаті проведених чисельних досліджень з аналізу зміни напружено-деформованого стану фундаменту при зміні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ було виявлено, що врахування величини співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ має суттєве значення для заглиблених споруд, коли при визначенні осідання методом пошарового підсумовування враховується друге складове, що враховує осідання, пов'язане з вторинним навантаженням. При цьому для окремо стоячих підземних споруд величина осідання, що залежить від модуля пружності, набуває керівного значення.

Ступінь перерозподілу зусиль в конструкції фундаменту залежить від піддатливості основи. Оскільки при збільшенні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ зменшується осідання основи, тобто збільшується її жорсткість, це

призводить до меншої розподільчої здатності конструкцій споруди (більша концентрація зусиль у найбільш напружених зонах).

Більша концентрація зусиль у напружених зонах при розрахунках з врахуванням більшого значення модуля пружності призводить до потреби у більшій кількості армування. Отже, для ґрунтових основ з співвідношенням $k = E_{e,i}/E_i < 5$ спостерігається зменшення потрібної кількості арматури, тобто є певний економічний ефект, а при $k = E_{e,i}/E_i > 5$ може виникнути ненадійне рішення.

В економічній частині порівнюючи кожний варіант фундаментів ми бачимо, що найбільш економічним є варіант за результатами наукових досліджень при співвідношенні $k = E_{e,i}/E_i = 2$. Кошторисна трудомісткість, кошторисна заробітна плата та загальновиробничі витрати є рівні в обох варіантах, але по витратах сталі варіант за результатами наукових досліджень є більш економічним. Економічний ефект 166518 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Н.А.Цитович, Механіка ґрунтів, висша школа, Москва (1983).113с.
2. К. Terzaghi, Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, London (1943). 526 с.
3. 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..
4. ДСТУ Б.В.2.1-7-2000 (ГОСТ 20276-99). Ґрунти. Методи польового визначення характеристик міцності і деформативності. [Чинний від **2001-03-01**]. Вид. офіц. Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2001. 81 с. (Основи та підвалини будинків і споруд).
5. J. M. Duncan, C. Y. Chang, "Nonlinear analysis of stress and strain in soil," Soil Mech. Found. Div., Am. Soc. Civ. Eng., No. 5(96), 1629-1653 (1970).
6. T. Schanz, P. A. Vermeer, and P. G. Bonnier, The Hardening-Soil Model: Formulation and Verification, Rotterdam: Brinkgreve R.B.J. (1999). 16 с.
7. L. Bjerrum, "Engineering geology of Norwegian normally-consolidated marine clays as related to settlements of buildings," Geotechnique, No. 17, 81-118 (1967).
8. J. B. Burland, "The yielding and dilation of clay," Geotechnique, No. 15, 211-214 (1965).
9. J. B. Burland, "On the compressibility and shear strength of natural clays," Geotechnique, No. 3 (40), 329-378 (1990).
10. T. Benz, Small-Strain Stiffness of Soils and its Numerical Consequences, IGS, Stuttgart (2007).
11. C. R. I. Clayton, "Stiffness at small strain: research and practice," Geotechnique, No. 1 (61), 5-37 (2011).
12. RBJ Brinkgreve, E. Engin, and WM Swolfs,Plaxis 3D. Посібник користувача, НІП-Інформатика, СПб (2011).
13. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83), 1986.

14. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. ПНИИИС, 1985.
15. Ромашкина М. А., Титок В. П. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под редакцией академика РААСН Городецкого А. С. Электронное издание, 2018. 254 с.
16. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування зі зміною №1 та №2. [Чинний від 2012-07-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 161 с. (Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення).
17. 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).
18. ДБН В.1.2.-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007-01-01]. Київ : Мінбуд України, 2006. 59 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).
19. 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).
20. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2011-06-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с. (Конструкції будинків і споруд).
21. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний від 2011-06-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с. (Конструкції будинків і споруд).
22. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа/НИИОСП им. Н.М.Герсеванова. М.: Стройиздат, 1984. 263 с.

23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2019. 137 с.
24. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра галузей знань: 19 – «Архітектура та будівництво / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 60 с.
25. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Чинний від 1976-01-11]. Вид. офіц. Москва, 1976. 4 с.
26. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ: МОЗ, 2000. 39 с.
27. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.
28. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проектування підпірних стін. [Чинний від 2015-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2015. 83 с. (Національні стандарти України).
29. Граніч Ю.М., Маєвська І.В. Співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів при визначенні осідань. Наук.-техн. конф., м. Вінниця, 31 травня 2022р. Вінниця 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/index>
30. Граніч Ю.М., Маєвська І.В. лабораторні дослідження співвідношення модуля деформації і модуля пружності ґрунтів. Інноваційні технології в будівництві-2022: Наук.-техн. конф., м. Вінниця, 25 листопада 2022р. Вінниця 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/index>

ДОДАТКИ ДОДАТОК А

Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Видат співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на
перерозподіл зусиль у фундаментах

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck


Оригінальність 92,1 % Схожість 7,9 %

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  Граніч Ю.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

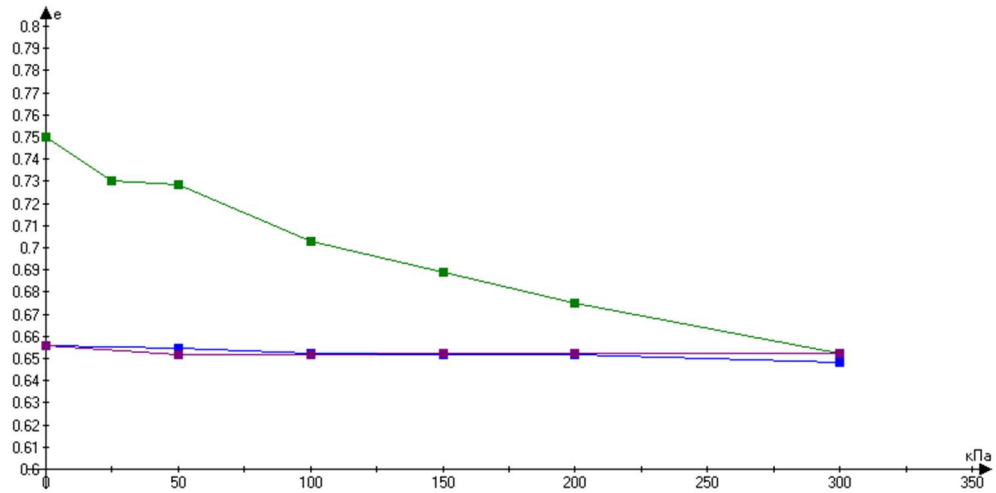
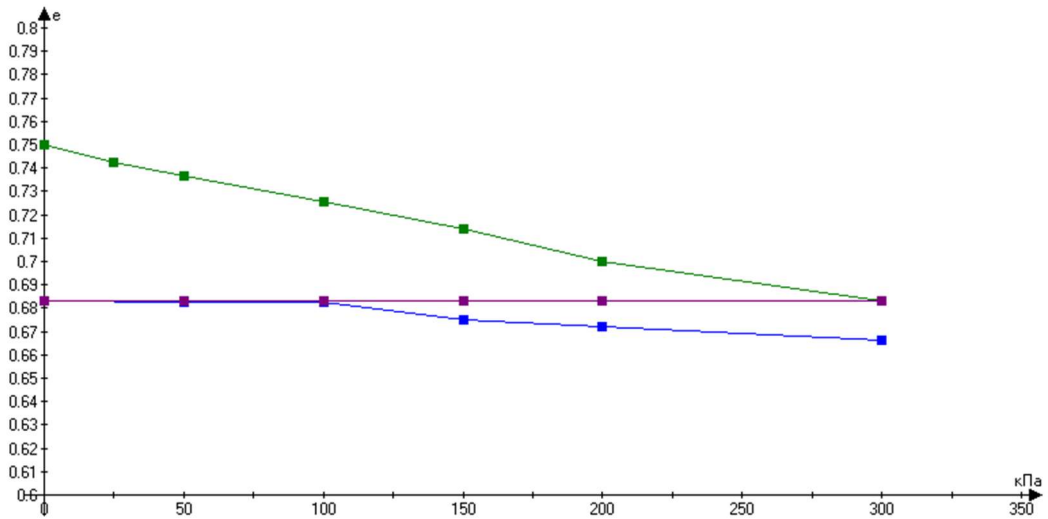
Керівник роботи  Масвська І.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

Результати лабораторних досліджень зразків ґрунту

Зразок ґрунту з котловану на вулиці 600-річчя

№33						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коєфа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
20.07.11,36	0,00	10,00	0	0,00	0,00	0,00
15,20	25,00	9,914	0,086	0,0043	0,00753	0,74248
18,56	50,00	9,848	0,152	0,0076	0,01330	0,73670
21.07.09,08	100,00	9,718	0,282	0,0141	0,02468	0,72533
13,11	150,00	9,588	0,412	0,0206	0,03605	0,71395
16,47	200,00	9,43	0,57	0,0285	0,04988	0,70013
22.07.9,05	300,00	9,238	0,762	0,0381	0,06668	0,68333
10,21	200,00	9,239	0,761	0,03805	0,06659	0,68341
11,44	150,00	9,239	0,761	0,03805	0,06659	0,68341
14,01	100,00	9,239	0,761	0,03805	0,06659	0,68341
15,59	50,00	9,239	0,761	0,03805	0,06659	0,68341
17,08	0,00	9,239	0,761	0,03805	0,06659	0,68341
25.07.12,51	50,00	9,229	0,771	0,03855	0,06746	0,68254
16,45	100,00	9,229	0,771	0,03855	0,06746	0,68254
22.06.08,58	150,00	9,14	0,86	0,043	0,07525	0,67475
12,56	200,00	9,109	0,891	0,04455	0,07796	0,67204
16,56	300,00	9,04	0,96	0,048	0,08400	0,66600
№11						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коєфа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
20.07.11,36	0,00	7,00	0	0,00	0,00	0,00
15,26	25,00	6,771	0,229	0,01145	0,02004	0,72996
18,57	50,00	6,751	0,249	0,01245	0,02179	0,72821
21.07.09,10	100,00	6,46	0,54	0,02700	0,04725	0,70275
13,12	150,00	6,301	0,699	0,03495	0,06116	0,68884
16,48	200,00	6,142	0,858	0,04290	0,07508	0,67493
22.07.9,02	300,00	5,882	1,118	0,05590	0,09783	0,65218
10,20	200,00	5,882	1,118	0,05590	0,09783	0,65218
11,40	150,00	5,882	1,118	0,05590	0,09783	0,65218
13,58	100,00	5,88	1,12	0,05600	0,09800	0,65200
16,00	50,00	5,88	1,12	0,05600	0,09800	0,65200
25.07.09,01	0,00	5,921	1,079	0,05395	0,09441	0,65559
12,51	50,00	5,909	1,091	0,05455	0,09546	0,65454
16,45	100,00	5,882	1,118	0,05590	0,09783	0,65218
22.07.08,59	150,00	5,88	1,12	0,05600	0,09800	0,65200
12,56	200,00	5,88	1,12	0,05600	0,09800	0,65200
16,56	300,00	5,84	1,16	0,05800	0,10150	0,64850

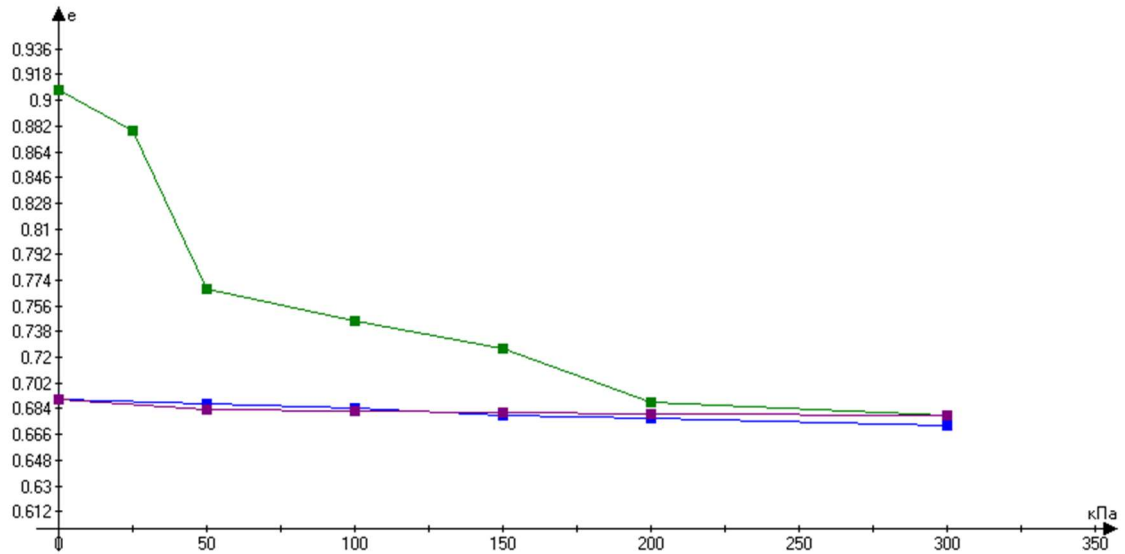
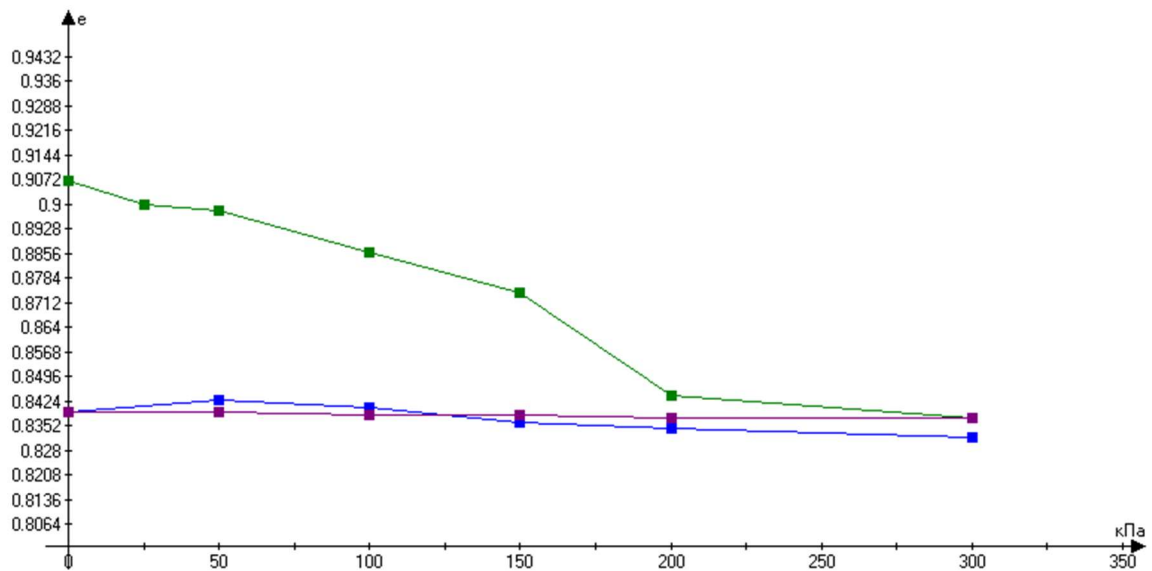
Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 11Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 11

	1)Модуль деформації зразка №33	1)Модуль деформації зразка №11	1)Модуль деформації зразка №33 - розвантаження	1)Модуль деформації зразка 11 розвантаження
$y=17,9$				
$W=0,17$	$y=0,32$	$m_0=0,2520$	$m_0=0,2783$	∞
$W_p=0,206$	$\beta=0,6988$	$m_v=0,1440$	$m_v=0,1590$	$m_0=-0,0017$
$WL=0,293$		$E_k=4,8529$	$E_k=4,40$	$m_v=-0,001$
$e=0,75$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$	$E_k=-698,82$
$I_p=0,087$		$m_0=0,1050$	$m_0=0,0017$	
$\Pi < 0$		$m_v=0,0624$	$m_v=0,0011$	
		$E_k=11,2039$	$E_k=661,12$	
		$E_e/E=2,3087$	$E_e/E=150,42$	

Зразок ґрунту з котловану на зупинці “Перемичка”

102

№27						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
21.07.	0,00	4,00	0	0,00	0,00	0,00
16,40	25,00	3,703	0,297	0,01485	0,02832	0,87868
22.07. 9,00	50,00	2,545	1,455	0,07275	0,13873	0,76827
13,58	100,00	2,306	1,694	0,0847	0,16152	0,74548
17,06	150,00	2,106	1,894	0,0947	0,18059	0,72641
25.07. 9,00	200,00	1,71	2,29	0,1145	0,21835	0,68865
12,50	300,00	1,61	2,39	0,1195	0,22789	0,67911
13,35	200,00	1,62	2,38	0,119	0,22693	0,68007
14,05	150,00	1,63	2,37	0,1185	0,22598	0,68102
14,45	100,00	1,64	2,36	0,118	0,22503	0,68197
15,30	50,00	1,66	2,34	0,117	0,22312	0,68388
22.07. 8,55	0,00	1,73	2,27	0,1135	0,21644	0,69056
12,55	50,00	1,701	2,299	0,11495	0,21921	0,68779
16,51	100,00	1,67	2,33	0,1165	0,22217	0,68483
27.07. 09,08	150,00	1,615	2,385	0,11925	0,22741	0,67959
12,50	200,00	1,59	2,41	0,1205	0,22979	0,67721
16,52	300,00	1,542	2,458	0,1229	0,23437	0,67263
№19						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
21.07.	0,00	8,00	0	0,00	0,00	0,00
	25,00		8	0,40000	0,76280	0,14420
16,46	50,00	7,905	0,095	0,00475	0,00906	0,89794
22.07. 14,00	100,00	7,778	0,222	0,01110	0,02117	0,88583
17,07	150,00	7,657	0,343	0,01715	0,03271	0,87429
25.07. 9,00	200,00	7,339	0,661	0,03305	0,06303	0,84397
12,50	300,00	7,27	0,73	0,03650	0,06961	0,83739
13,35	200,00	7,273	0,727	0,03635	0,06932	0,83768
14,05	150,00	7,28	0,72	0,03600	0,06865	0,83835
14,45	100,00	7,28	0,72	0,03600	0,06865	0,83835
15,30	50,00	7,29	0,71	0,03550	0,06770	0,83930
26.07. 08,55	0,00	5,921	2,079	0,10395	0,19823	0,70877
12,55	50,00	7,325	0,675	0,03375	0,06436	0,84264
15,54	100,00	7,302	0,698	0,03490	0,06655	0,84045
27.07. 09,12	150,00	7,256	0,744	0,03720	0,07094	0,83606
12,50	200,00	7,24	0,76	0,03800	0,07247	0,83453
16,52	300,00	7,21	0,79	0,03950	0,07533	0,83167

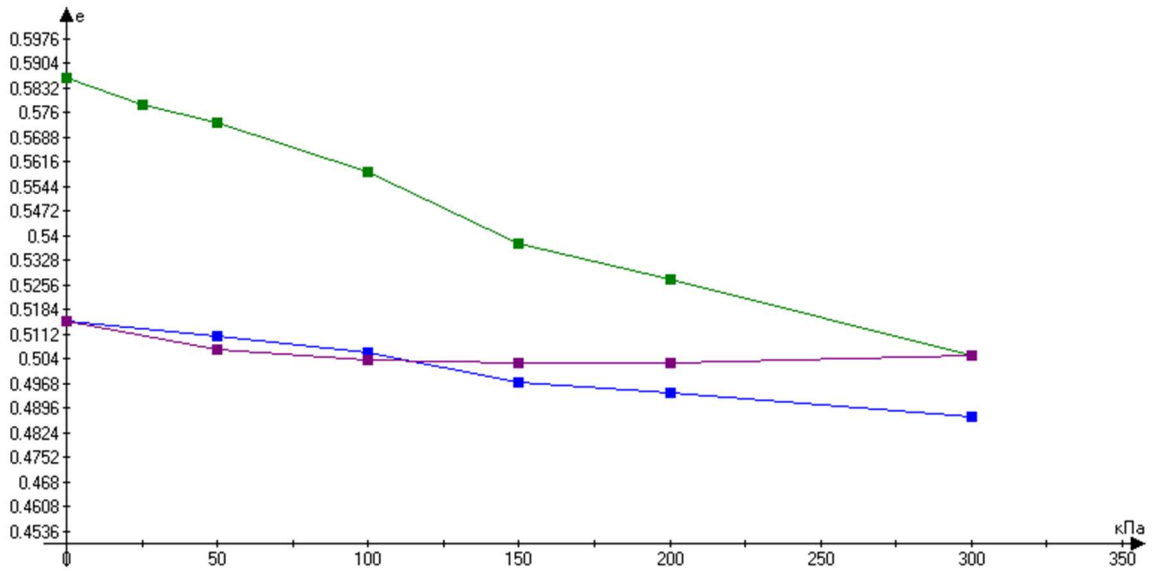
Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 27Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 19

	1)Модуль деформації зразка №27	1)Модуль деформації зразка №19	1)Модуль деформації зразка №27 - розвантаження	1)Модуль деформації зразка 19 розвантаження
$y=15,95$				
$W=0,135$	$y=0,32$	$m_0=0,5683$	$m_0=0,4186$	$m_0=0,0191$
$W_p=0,195$	$\beta=0,6988$	$m_v=0,2980$	$m_v=0,2195$	$m_v=0,01$
$W_L=0,27$		$E_k=2,3450$	$E_k=3,18$	$E_k=69,88$
$e=0,907$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$	$E_k=199,66$
$I_p=0,075$		$m_0=0,0763$	$m_0=0,0591$	
$II < 0$		$m_v=0,0451$	$m_v=0,0346$	
		$E_k=15,4877$	$E_k=20,20$	
		$E_e/E=6,6044$	$E_e/E=6,34$	

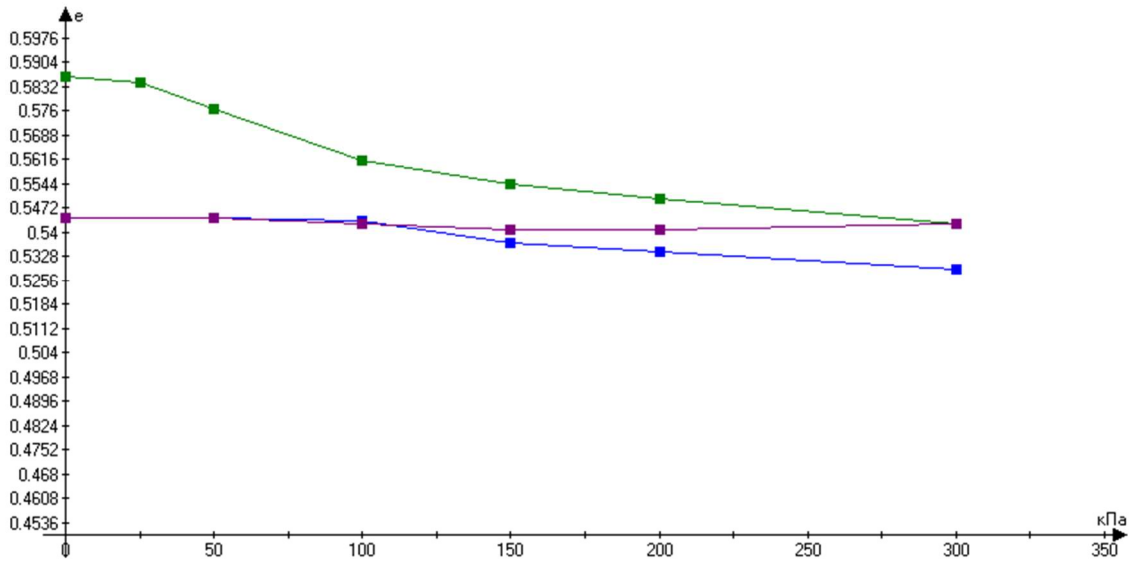
Зразок ґрунту з котловану “Лука-Мелешківська”

104

№2						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
26.07.17,36	0,00	7,00	0	0,00	0,00	0,00
27.07.9,10	25,00	6,9	0,1	0,005	0,00793	0,57807
12,51	50,00	6,835	0,165	0,00825	0,01308	0,57292
16,54	100,00	6,655	0,345	0,01725	0,02736	0,55864
28.07.9,21	150,00	6,39	0,61	0,0305	0,04837	0,53763
12,51	200,00	6,26	0,74	0,037	0,05868	0,52732
15,48	300,00	5,98	1,02	0,051	0,08089	0,50511
29.07.9,02	200,00	5,95	1,05	0,0525	0,08327	0,50274
10,41	150,00	5,95	1,05	0,0525	0,08327	0,50274
12,00	100,00	5,962	1,038	0,0519	0,08231	0,50369
13,15	50,00	5,999	1,001	0,05005	0,07938	0,50662
01.08.9,02	0,00	6,102	0,898	0,0449	0,07121	0,51479
11,52	50,00	6,05	0,95	0,0475	0,07534	0,51067
15,39	100,00	5,99	1,01	0,0505	0,08009	0,50591
02.08.09,13	150,00	5,88	1,12	0,056	0,08882	0,49718
12,40	200,00	5,842	1,158	0,0579	0,09183	0,49417
15,40	300,00	5,755	1,245	0,06225	0,09873	0,48727
№9						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
26.07.17,36	0,00	10,00	0	0,00	0,00	0,00
27.07.9,10	25,00	9,93	0,07	0,00350	0,00555	0,58045
12,51	50,00	9,88	0,12	0,00600	0,00952	0,57648
16,54	100,00	9,688	0,312	0,01560	0,02474	0,56126
28.07.9,21	150,00	9,601	0,399	0,01995	0,03164	0,55436
12,51	200,00	9,545	0,455	0,02275	0,03608	0,54992
15,48	300,00	9,45	0,55	0,02750	0,04362	0,54239
29.07.9,02	200,00	9,43	0,57	0,02850	0,04520	0,54080
10,41	150,00	9,429	0,571	0,02855	0,04528	0,54072
12,00	100,00	9,45	0,55	0,02750	0,04362	0,54239
13,15	50,00	9,47	0,53	0,02650	0,04203	0,54397
01.08.9,02	0,00	9,47	0,53	0,02650	0,04203	0,54397
11,52	50,00	9,47	0,53	0,02650	0,04203	0,54397
15,39	100,00	9,464	0,536	0,02680	0,04250	0,54350
02.08.09,13	150,00	9,38	0,62	0,03100	0,04917	0,53683
12,40	200,00	9,345	0,655	0,03275	0,05194	0,53406
15,40	300,00	9,28	0,72	0,03600	0,05710	0,52890



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 2



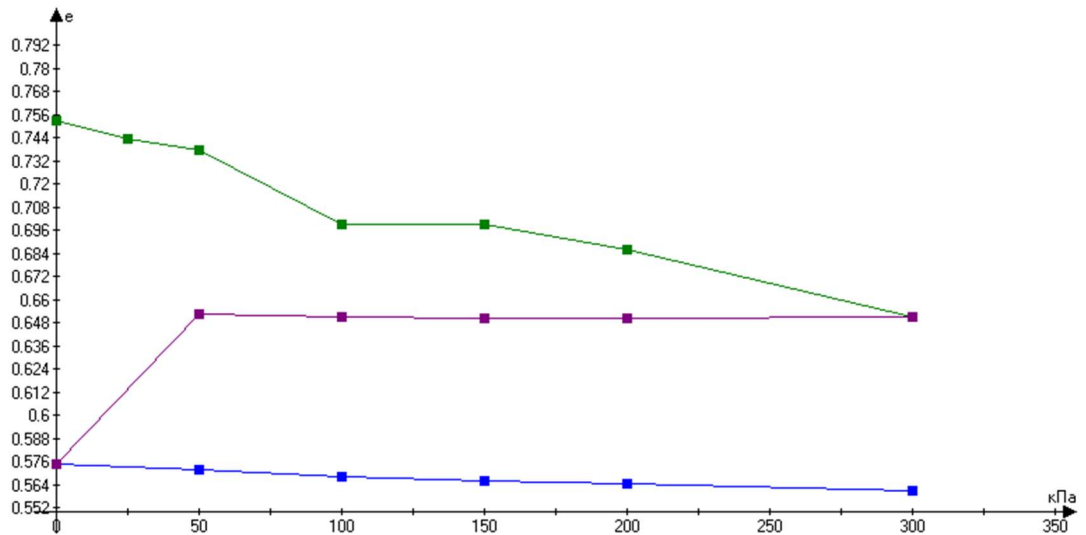
Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 9

	1)Модуль деформації зразка №2	1)Модуль деформації зразка №9	1)Модуль деформації зразка №2 розвантаження	1)Модуль деформації зразка 1 розвантаження
$y=20,4$				
$W=0,207$	$y=0,4$	$m_0=0,3132$	$m_0=0,1134$	$m_0=0,0095$
$W_p=0,245$	$\beta=0,4667$	$m_v=0,1975$	$m_v=0,0715$	$m_v=0,006$
$W_L=0,405$		$E_k=2,3629$	$E_k=6,53$	$E_k=77,78$
$e=0,586$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$	
$I_p=0,16$		$m_0=0,1174$	$m_0=0,0944$	
$I_L < 0$		$m_v=0,0775$	$m_v=0,0611$	
		$E_k=6,0232$	$E_k=7,64$	
		$E_e/E=2,5491$	$E_e/E=1,17$	

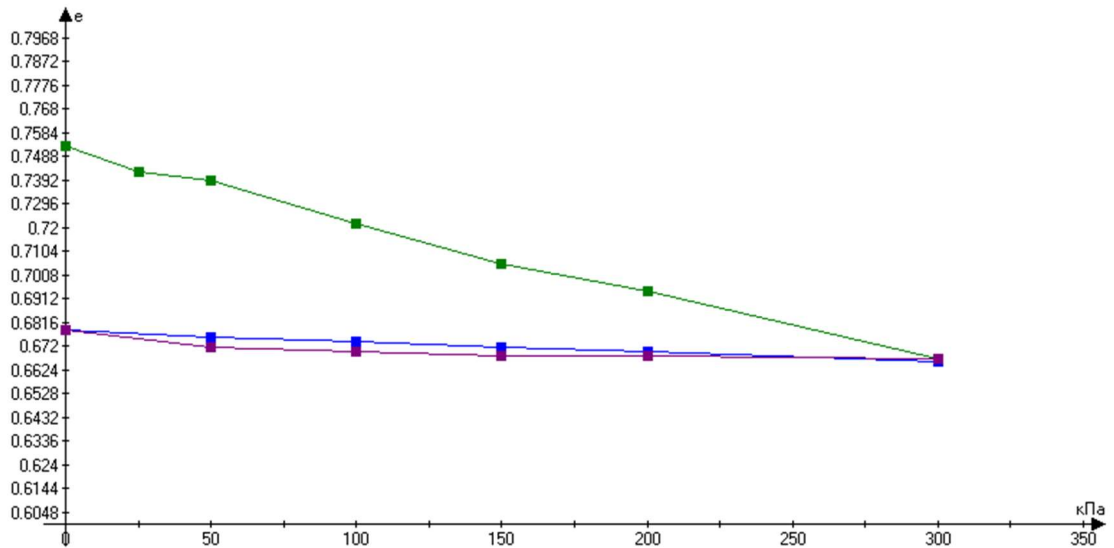
Зразок ґрунту №1 з котловану на вулиці “Андрія Первозванного”

106

№18						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
27.07.	0,00	8,00	0	0,00	0,00	0,00
28.07 9,20	25,00	7,893	0,107	0,00535	0,00938	0,74362
12,50	50,00	7,82	0,18	0,009	0,01578	0,73722
15,47	100,00	6,655	1,345	0,06725	0,11789	0,63511
29.07. 9,00	150,00	7,38	0,62	0,031	0,05434	0,69866
13,13	200,00	7,232	0,768	0,0384	0,06732	0,68568
9,01	300,00	6,833	1,167	0,05835	0,10229	0,65071
10,35	200,00	6,832	1,168	0,0584	0,10238	0,65062
11,50	150,00	6,832	1,168	0,0584	0,10238	0,65062
12,25	100,00	6,838	1,162	0,0581	0,10185	0,65115
14,22	50,00	6,85	1,15	0,0575	0,10080	0,65220
02.08 9,11	0,00	5,97	2,03	0,1015	0,17793	0,57507
12,38	50,00	5,93	2,07	0,1035	0,18144	0,57156
15,49	100,00	5,895	2,105	0,10525	0,18450	0,56850
03.08. 09,08	150,00	5,87	2,13	0,1065	0,18669	0,56631
12,35	200,00	5,852	2,148	0,1074	0,18827	0,56473
16,00	300,00	5,807	2,193	0,10965	0,19222	0,56078
№18(те мне)						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
27.07.	0,00	3,00	0	0,00	0,00	0,00
28.07 9,20	25,00	2,88	0,12	0,00600	0,01052	0,74248
12,50	50,00	2,842	0,158	0,00790	0,01385	0,73915
15,47	100,00	2,64	0,36	0,01800	0,03155	0,72145
29.07. 9,00	150,00	2,452	0,548	0,02740	0,04803	0,70497
13,13	200,00	2,33	0,67	0,03350	0,05873	0,69427
01.08 9,01	300,00	2,02	0,98	0,04900	0,08590	0,66710
10,34	200,00	2,028	0,972	0,04860	0,08520	0,66780
11,50	150,00	2,031	0,969	0,04845	0,08493	0,66807
12,25	100,00	2,05	0,95	0,04750	0,08327	0,66973
14,22	50,00	2,071	0,929	0,04645	0,08143	0,67157
02.08 9,11	0,00	2,15	0,85	0,04250	0,07450	0,67850
12,38	50,00	2,117	0,883	0,04415	0,07739	0,67561
15,50	100,00	2,097	0,903	0,04515	0,07915	0,67385
03.08. 09,07	150,00	2,07	0,93	0,04650	0,08151	0,67149
12,35	200,00	2,05	0,95	0,04750	0,08327	0,66973
16,00	300,00	2,003	0,997	0,04985	0,08739	0,66561



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 18



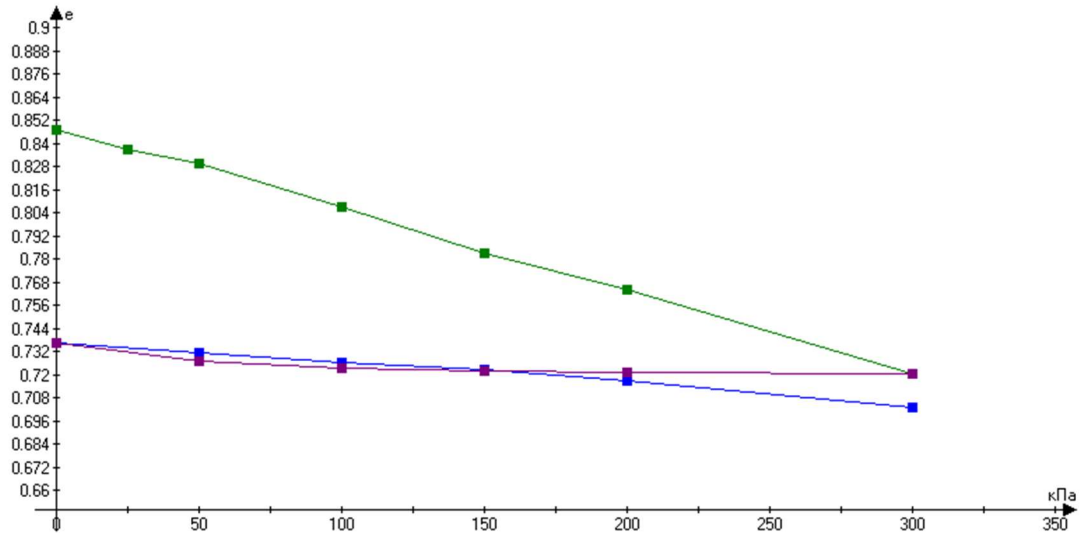
Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 18(темне)

	1)Модуль деформації зразка №18	1)Модуль деформації зразка №18(темне)	1)Модуль деформації зразка №18 розвантаження	1)Модуль деформації зразка 18(темне) розвантаження
$y=18,44$				
$W=0,206$	$y=0,35$	$m0=0,5057$	$m0=0,2717$	$m0=0,0053$
$Wp=0,23$	$\beta=0,6231$	$mv=0,2885$	$mv=0,1550$	$mv=0,003$
$WL=0,31$		$Ek=2,1597$	$Ek=4,02$	$Ek=207,69$
$e=0,753$		$mk=1,00$	$mk=1,00$	$Ek=56,64$
$Ip=0,08$		$m0=0,0377$	$m0=0,0412$	
$Il<0$		$mv=0,0239$	$mv=0,0245$	
		$Ek=26,0388$	$Ek=25,39$	
		$Ee/E=12,0566$	$Ee/E=6,32$	

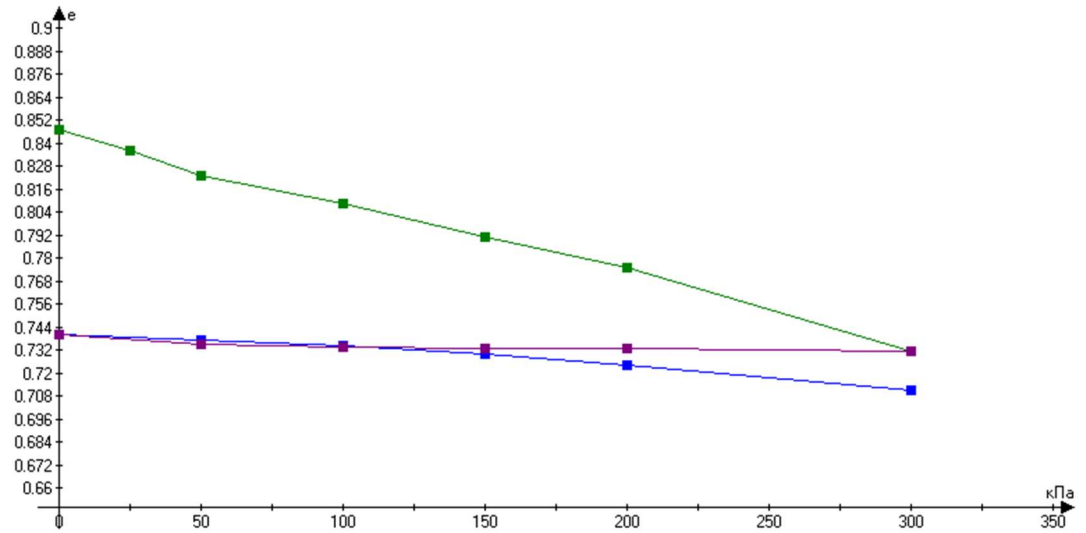
Зразок ґрунту №2 з котловану на вулиці “Андрія Первозванного”

108

№18						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
02.08.	0,00	7,00	0	0,00	0,00	0,00
03.08 9,09	25,00	6,888	0,112	0,0056	0,01034	0,83666
12,36	50,00	6,813	0,187	0,00935	0,01727	0,82973
16,20	100,00	6,568	0,432	0,0216	0,03990	0,80710
03.08. 9,01	150,00	6,31	0,69	0,0345	0,06372	0,78328
12,40	200,00	6,102	0,898	0,0449	0,08293	0,76407
15,30	300,00	5,629	1,371	0,06855	0,12661	0,72039
05.08 9,11	200,00	5,639	1,361	0,06805	0,12569	0,72131
10,22	150,00	5,648	1,352	0,0676	0,12486	0,72214
11,40	100,00	5,661	1,339	0,06695	0,12366	0,72334
12,55	50,00	5,702	1,298	0,0649	0,11987	0,72713
08.08 9,31	0,00	5,803	1,197	0,05985	0,11054	0,73646
13,00	50,00	5,751	1,249	0,06245	0,11535	0,73165
16,31	100,00	5,69	1,31	0,0655	0,12098	0,72602
09.08. 09,09	150,00	5,65	1,35	0,0675	0,12467	0,72233
13,12	200,00	5,589	1,411	0,07055	0,13031	0,71669
10.08 9,05	300,00	5,44	1,56	0,078	0,14407	0,70293
№17						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
02.08.	0,00	10,00	0	0,00	0,00	0,00
03.08 9,09	25,00	9,855	0,145	0,00725	0,01339	0,83361
12,36	50,00	9,742	0,258	0,01290	0,02383	0,82317
16,19	100,00	9,581	0,419	0,02095	0,03869	0,80831
04.08. 9,00	150,00	9,39	0,61	0,03050	0,05633	0,79067
12,40	200,00	9,219	0,781	0,03905	0,07213	0,77487
15.30	300,00	8,75	1,25	0,06250	0,11544	0,73156
9,11	200,00	8,76	1,24	0,06200	0,11451	0,73249
10,22	150,00	8,76	1,24	0,06200	0,11451	0,73249
11,40	100,00	8,77	1,23	0,06150	0,11359	0,73341
12,55	50,00	8,789	1,211	0,06055	0,11184	0,73516
08.08 9,31	0,00	8,84	1,16	0,05800	0,10713	0,73987
13,00	50,00	8,815	1,185	0,05925	0,10943	0,73757
16,30	100,00	8,782	1,218	0,06090	0,11248	0,73452
09.08. 09,09	150,00	8,73	1,27	0,06350	0,11728	0,72972
13,12	200,00	8,669	1,331	0,06655	0,12292	0,72408
10.08. 9,05	300,00	8,525	1,475	0,07375	0,13622	0,71078



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 18



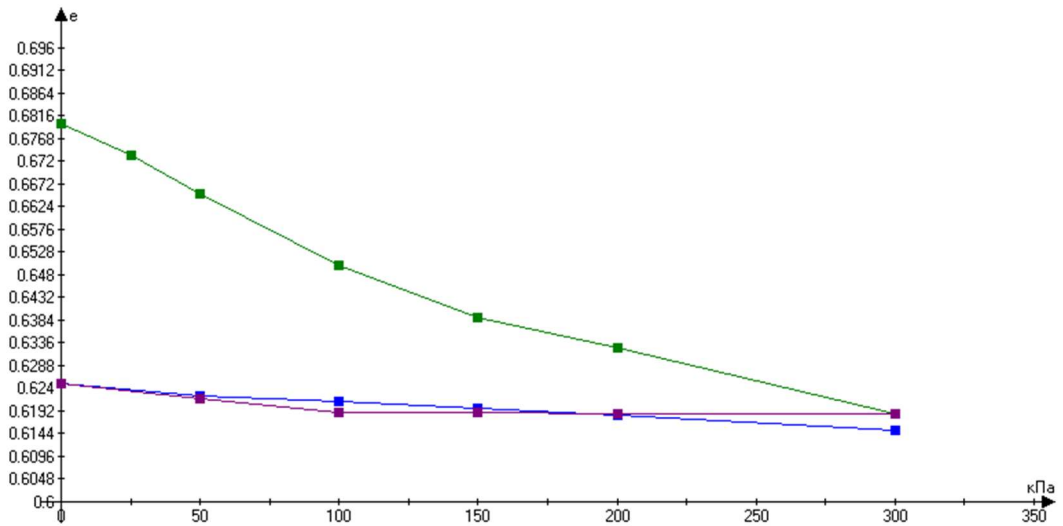
Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 17

	1)Модуль деформації зразка №18	1)Модуль деформації зразка №17	1)Модуль деформації зразка №18 розвантаження	1)Модуль деформації зразка 17 розвантаження
$y=17,3$				
$W=0,192$	$y=0,3$	$m0=0,4304$	$m0=0,3343$	$m0=0,0203$
$Wp=0,245$	$\beta=0,7429$	$mv=0,2330$	$mv=0,1810$	$mv=0,011$
$WL=0,276$		$Ek=3,1882$	$Ek=4,1$	$Ek=67,53$
$e=0,847$		$mk=1,00$	$mk=1,00$	
$Ip=0,031$		$m0=0,0933$	$m0=0,1044$	
$Il<0$		$mv=0,0537$	$mv=0,060$	
		$Ek=13,8296$	$Ek=12,39$	
		$Ee/E=4,3377$	$Ee/E=3,02$	

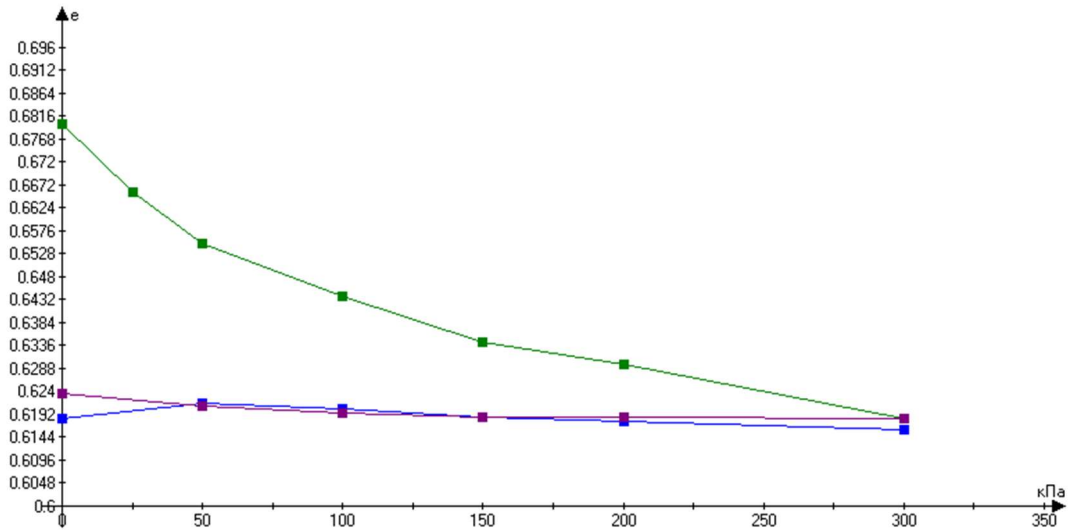
Зразок піску середньої крупності

110

№25						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
03.08.	0,00	9,00	0	0,00	0,00	0,00
04.08 9,00	25,00	8,92	0,08	0,004	0,00672	0,67328
12,40	50,00	8,823	0,177	0,00885	0,01487	0,66513
15,29	100,00	8,642	0,358	0,0179	0,03007	0,64993
05.08. 9,01	150,00	8,511	0,489	0,02445	0,04108	0,63892
12,56	200,00	8,435	0,565	0,02825	0,04746	0,63254
08.08 9,30	300,00	8,27	0,73	0,0365	0,06132	0,61868
10,50	200,00	8,269	0,731	0,03655	0,06140	0,61860
12,09	150,00	8,271	0,729	0,03645	0,06124	0,61876
13,30	100,00	8,284	0,716	0,0358	0,06014	0,61986
14,55	50,00	8,308	0,692	0,0346	0,05813	0,62187
16,29	0,00	8,344	0,656	0,0328	0,05510	0,62490
09.08 9,08	50,00	8,32	0,68	0,034	0,05712	0,62288
12,45	100,00	8,30	0,7	0,035	0,05880	0,62120
16,00	150,00	8,282	0,718	0,0359	0,06031	0,61969
10.08. 9,03	200,00	8,264	0,736	0,0368	0,06182	0,61818
13,00	300,00	8,228	0,772	0,0386	0,06485	0,61515
№7						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
03.08.	0,00	5,00	0	0,00	0,00	0,00
04.08 9,00	25,00	4,83	0,17	0,00850	0,01428	0,66572
12,40	50,00	4,7	0,3	0,01500	0,02520	0,65480
15,29	100,00	4,57	0,43	0,02150	0,03612	0,64388
05.08. 9,10	150,00	4,455	0,545	0,02725	0,04578	0,63422
12,56	200,00	4,399	0,601	0,03005	0,05048	0,62952
08.08. 9,30	300,00	4,265	0,735	0,03675	0,06174	0,61826
10,50	200,00	4,268	0,732	0,03660	0,06149	0,61851
12,09	150,00	4,27	0,73	0,03650	0,06132	0,61868
13,30	100,00	4,278	0,722	0,03610	0,06065	0,61935
14,55	50,00	4,296	0,704	0,03520	0,05914	0,62086
16,29	0,00	4,329	0,671	0,03355	0,05636	0,62364
09.08. 9,07	50,00	4,302	0,698	0,03490	0,05863	0,62137
12,45	100,00	4,289	0,711	0,03555	0,05972	0,62028
16,00	150,00	4,27	0,73	0,03650	0,06132	0,61868
10.08. 9,03	200,00	4,26	0,74	0,03700	0,06216	0,61784
13,00	300,00	4,239	0,761	0,03805	0,06392	0,61608



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 25



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 7

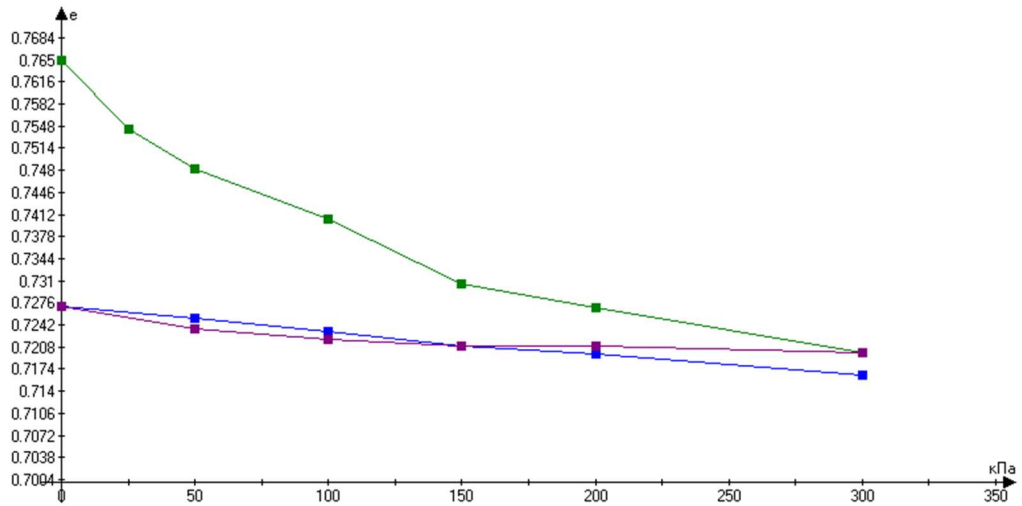
	1)Модуль деформації зразка №25	1)Модуль деформації зразка №7	1)Модуль деформації зразка №25 розвантаження	1)Модуль деформації зразка 7 розвантаження
$W=0,111$	$\gamma=0,3$	$m_0=0,1739$	$m_0=0,1436$	$m_0=0,0126$
	$\beta=0,7429$	$m_v=0,1035$	$m_v=0,0855$	$m_v=0,075$
		$E_k=7,1774$	$E_k=8,69$	$E_k=99,05$
$e=0,68$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$	
		$m_0=0,0302$	$m_0=0,0244$	
		$m_v=0,0186$	$m_v=0,0150$	
		$E_k=39,9162$	$E_k=49,51$	$E_k=148,57$
		$E_e/E=5,5614$	$E_e/E=5,7$	

Щільність 1,76 г/см³

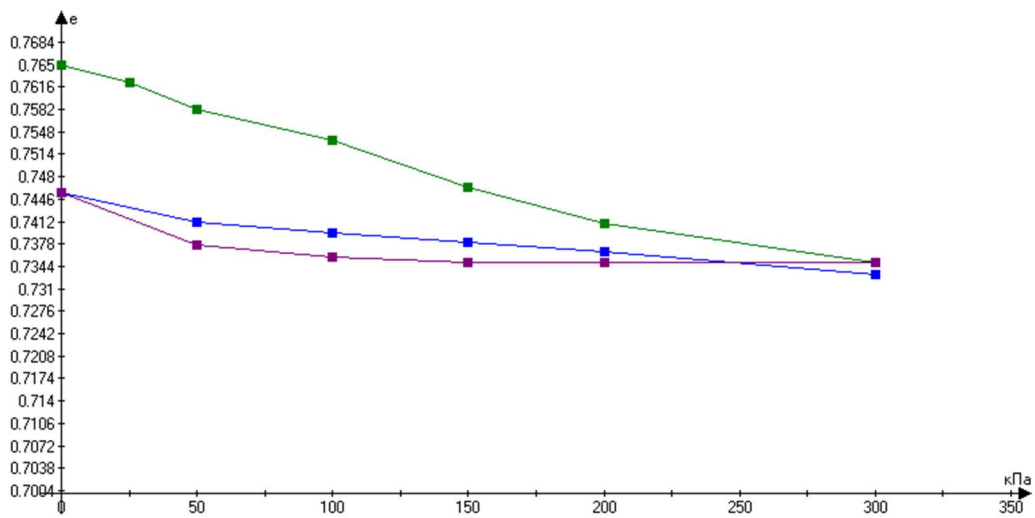
Щільність скоригована на вологість 0,111

Зразок піску мілкої крупності

№18 темне						112
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
12,35	0,00	6,00	0	0,00	0,00	0,00
15,00	25,00	5,88	0,12	0,006	0,01059	0,75441
12.09. 9,05	50,00	5,81	0,19	0,0095	0,01677	0,74823
12,25	100,00	5,722	0,278	0,0139	0,02453	0,74047
16,00	150,00	5,61	0,39	0,0195	0,03442	0,73058
13.09. 9,00	200,00	5,569	0,431	0,02155	0,03804	0,72696
12,00	300,00	5,49	0,51	0,0255	0,04501	0,71999
12,30	200,00	5,5	0,5	0,025	0,04413	0,72088
13,00	150,00	5,5	0,5	0,025	0,04413	0,72088
13,30	100,00	5,512	0,488	0,0244	0,04307	0,72193
14,01	50,00	5,53	0,47	0,0235	0,04148	0,72352
14,33	0,00	5,57	0,43	0,0215	0,03795	0,72705
14.09. 9,11	50,00	5,55	0,45	0,0225	0,03971	0,72529
12,00	100,00	5,527	0,473	0,02365	0,04174	0,72326
16,00	150,00	5,502	0,498	0,0249	0,04395	0,72105
15.09. 9,00	200,00	5,487	0,513	0,02565	0,04527	0,71973
13,00	300,00	5,45	0,55	0,0275	0,04854	0,71646
№18						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
12,24	0,00	10,00	0	0,00	0,00	0,00
15,00	25,00	9,97	0,03	0,00150	0,00265	0,76235
12.09. 9,05	50,00	9,923	0,077	0,00385	0,00680	0,75820
12,25	100,00	9,87	0,13	0,00650	0,01147	0,75353
15,00	150,00	9,789	0,211	0,01055	0,01862	0,74638
13.09. 9,11	200,00	9,728	0,272	0,01360	0,02400	0,74100
12,00	300,00	9,659	0,341	0,01705	0,03009	0,73491
12,30	200,00	9,659	0,341	0,01705	0,03009	0,73491
13,00	150,00	9,661	0,339	0,01695	0,02992	0,73508
13,31	100,00	9,67	0,33	0,01650	0,02912	0,73588
14,01	50,00	9,689	0,311	0,01555	0,02745	0,73755
14,33	0,00	9,78	0,22	0,01100	0,01942	0,74559
14.09. 9,00	50,00	9,73	0,27	0,01350	0,02383	0,74117
12,00	100,00	9,711	0,289	0,01445	0,02550	0,73950
16,00	150,00	9,694	0,306	0,01530	0,02700	0,73800
15.09. 9,00	200,00	9,678	0,322	0,01610	0,02842	0,73658
15,00	300,00	7,56	0,44	0,02200	0,03080	0,36920



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 18(темне)



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 18

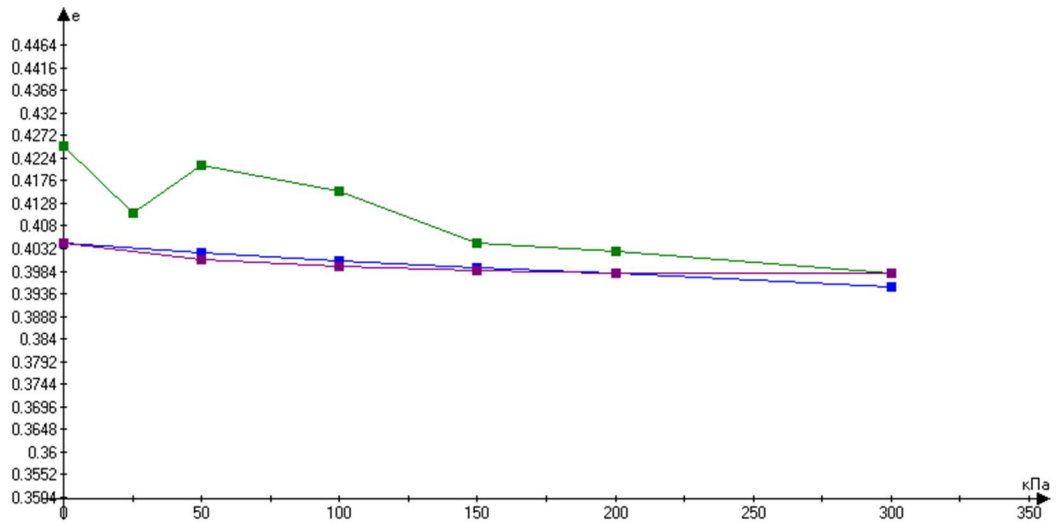
	1)Модуль деформації зразка №18(темне)	1)Модуль деформації зразка №18	1)Модуль деформації зразка №18(темне) розвантаження	1)Модуль деформації зразка 18 розвантаження
$W=0,139$	$\mu=0,3$	$m_0=0,1350$	$m_0=0,1253$	$m_0=0,0106$
	$\beta=0,7429$	$m\nu=0,0765$	$m\nu=0,0710$	$m\nu=0,006$
		$E_k=9,7106$	$E_k=10,46$	$E_k=123,81$
$e=0,765$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$	
		$m_0=0,0353$	$m_0=0,0291$	
		$m\nu=0,0204$	$m\nu=0,0167$	
		$E_k=36,3443$	$E_k=44,53$	
		$E_e/E=3,7428$	$E_e/E=4,26$	

Щільність 1,73 г/см³

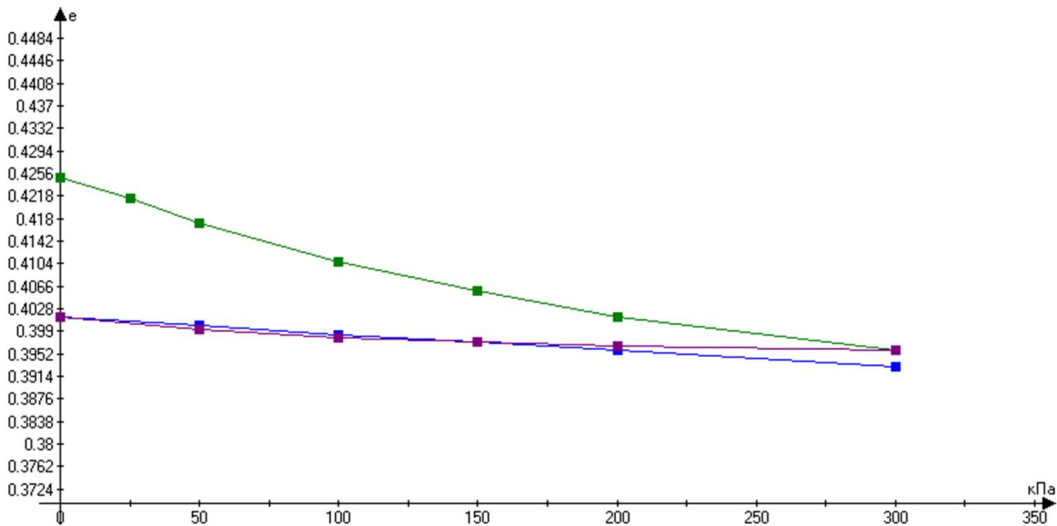
Щільність скоригована на вологість 0,139

Зразок піску середньої крупності, щільний

						114
№7						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
12,16	0,00	5,00	0	0,00	0,00	0,00
16,10	25,00	4,799	0,201	0,01005	0,01432	0,41068
06.09. 9,05	50,00	4,942	0,058	0,0029	0,00413	0,42087
12,52	100,00	4,864	0,136	0,0068	0,00969	0,41531
16,03	150,00	4,71	0,29	0,0145	0,02066	0,40434
07.09. 9,00	200,00	4,685	0,315	0,01575	0,02244	0,40256
12,32	300,00	4,62	0,38	0,019	0,02708	0,39793
13,15	200,00	4,621	0,379	0,01895	0,02700	0,39800
13,59	150,00	4,629	0,371	0,01855	0,02643	0,39857
14,45	100,00	4,64	0,36	0,018	0,02565	0,39935
15,31	50,00	4,66	0,34	0,017	0,02423	0,40078
16,20	0,00	4,711	0,289	0,01445	0,02059	0,40441
08.09. 9,11	50,00	4,683	0,317	0,01585	0,02259	0,40241
12,27	100,00	4,657	0,343	0,01715	0,02444	0,40056
16,00	150,00	4,638	0,362	0,0181	0,02579	0,39921
09.09. 9,03	200,00	4,619	0,381	0,01905	0,02715	0,39785
13,14	300,00	4,578	0,422	0,0211	0,03007	0,39493
№25						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
12,22	0,00	10,00	0	0,00	0,00	0,00
16,10	25,00	9,95	0,05	0,00250	0,00356	0,42144
06.09. 9,55	50,00	9,89	0,11	0,00550	0,00784	0,41716
12,52	100,00	9,80	0,2	0,01000	0,01425	0,41075
16,03	150,00	9,73	0,27	0,01350	0,01924	0,40576
07.09. 9,15	200,00	9,67	0,33	0,01650	0,02351	0,40149
12,32	300,00	9,589	0,411	0,02055	0,02928	0,39572
13,15	200,00	9,60	0,4	0,02000	0,02850	0,39650
13,59	150,00	9,61	0,39	0,01950	0,02779	0,39721
14,45	100,00	9,62	0,38	0,01900	0,02708	0,39793
15,31	50,00	9,638	0,362	0,01810	0,02579	0,39921
16,20	0,00	9,67	0,33	0,01650	0,02351	0,40149
08.09. 9,07	50,00	9,648	0,352	0,01760	0,02508	0,39992
12,28	100,00	9,627	0,373	0,01865	0,02658	0,39842
16,00	150,00	9,61	0,39	0,01950	0,02779	0,39721
09.09. 9,03	200,00	9,59	0,41	0,02050	0,02921	0,39579
12,15	300,00	9,551	0,449	0,02245	0,03199	0,39301



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 7



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 25

	1)Модуль деформації зразка №7		1)Модуль деформації зразка №25		1)Модуль деформації зразка №7 розвантаження		1)Модуль деформації зразка 25 розвантаження	
$W=0,095$	$y=0,3$	$m_0=0,1275$	$m_0=0,0926$	$m_0=0,0135$	$m_0=0,0135$	$m_0=0,0142$		
	$\beta=0,7429$	$m_v=0,0895$	$m_v=0,0650$	$m_v=0,0095$	$m_v=0,0095$	$m_v=0,01$		
		$E_k=8,3001$	$E_k=11,43$	$E_k=78,2$	$E_k=78,2$	$E_k=74,29$		
$e=0,425$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$					
		$m_0=0,0271$	$m_0=0,0264$					
		$m_v=0,0193$	$m_v=0,0188$					
		$E_k=38,5328$	$E_k=39,49$					
		$E_e/E=4,6425$	$E_e/E=3,46$					

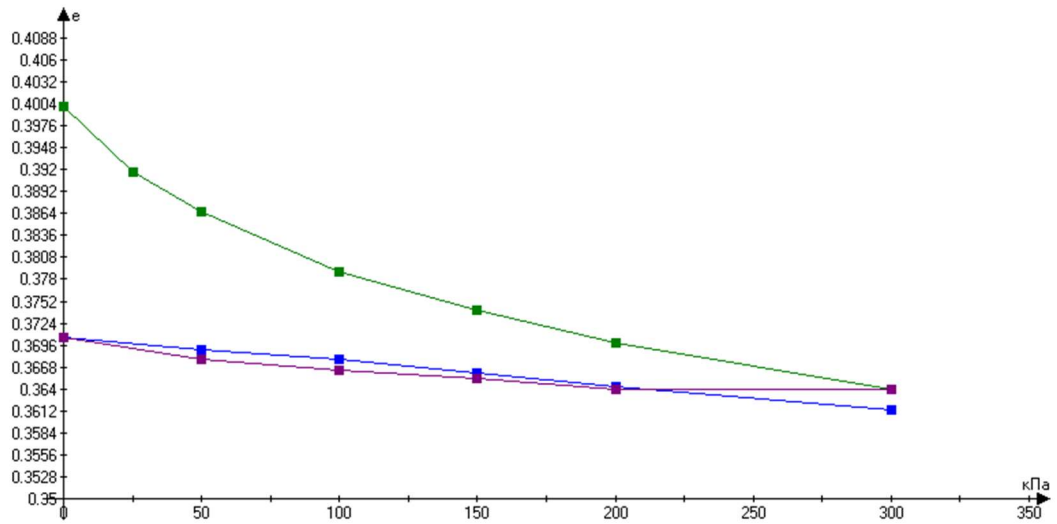
Щільність 2,06 г/см³

Щільність скоригована на вологість 0,095

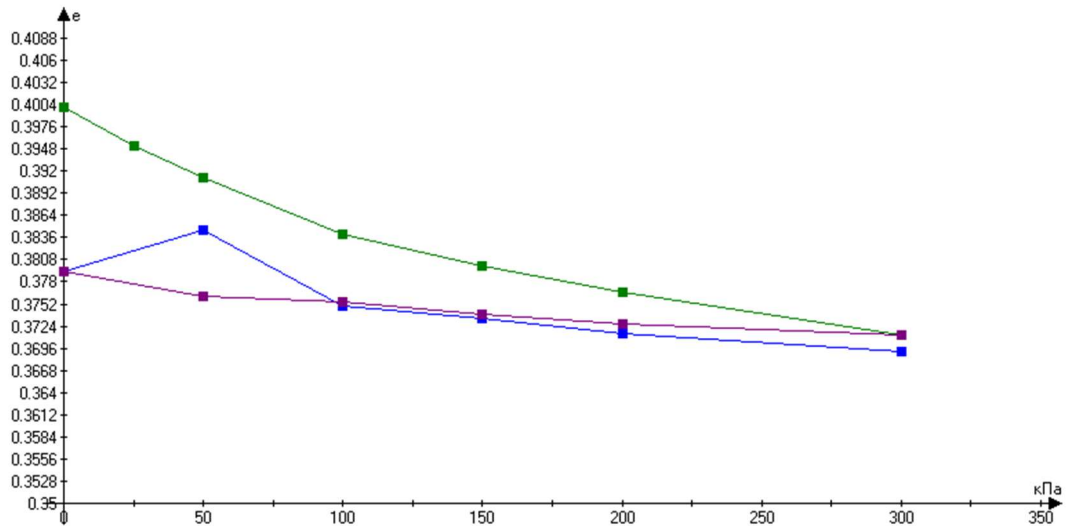
Зразок піску мілкої крупності, щільний

116

№18						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
13,45	0,00	10,00	0	0,00	0,00	0,00
16,06	25,00	9,88	0,12	0,006	0,00840	0,39160
9,15	50,00	9,81	0,19	0,0095	0,01330	0,38670
12,31	100,00	9,70	0,3	0,015	0,02100	0,37900
16,15	150,00	9,63	0,37	0,0185	0,02590	0,37410
9,10	200,00	9,57	0,43	0,0215	0,03010	0,36990
12,26	300,00	9,485	0,515	0,02575	0,03605	0,36395
13,10	200,00	9,485	0,515	0,02575	0,03605	0,36395
13,55	150,00	9,505	0,495	0,02475	0,03465	0,36535
14,47	100,00	9,52	0,48	0,024	0,03360	0,36640
15,33	50,00	9,541	0,459	0,02295	0,03213	0,36787
16,00	0,00	9,58	0,42	0,021	0,02940	0,37060
09.09. 9,09	50,00	9,558	0,442	0,0221	0,03094	0,36906
12,13	100,00	9,539	0,461	0,02305	0,03227	0,36773
15,00	150,00	9,515	0,485	0,02425	0,03395	0,36605
12.09. 9,03	200,00	9,491	0,509	0,02545	0,03563	0,36437
15,00	300,00	9,448	0,552	0,0276	0,03864	0,36136
№17						
Час	Тиск, кПа	Показання індикатора	Осідання зразка, s, мм	Відносне осідання, s/h, h=20мм	Приріст коефа порист., $\Delta e = s(1+e_0)/h$	Коефіцієнт пористості $\Delta e_i = e_0 - \Delta e$
13,40	0,00	8,00	0	0,00	0,00	0,00
16,06	25,00	7,93	0,07	0,00350	0,00490	0,39510
9,15	50,00	7,874	0,126	0,00630	0,00882	0,39118
12,31	100,00	7,772	0,228	0,01140	0,01596	0,38404
16,15	150,00	7,715	0,285	0,01425	0,01995	0,38005
9,10	200,00	7,668	0,332	0,01660	0,02324	0,37676
12,26	300,00	7,59	0,41	0,02050	0,02870	0,37130
13,10	200,00	7,61	0,39	0,01950	0,02730	0,37270
13,55	150,00	7,628	0,372	0,01860	0,02604	0,37396
14,47	100,00	7,65	0,35	0,01750	0,02450	0,37550
15,33	50,00	7,66	0,34	0,01700	0,02380	0,37620
16,00	0,00	7,705	0,295	0,01475	0,02065	0,37935
09.09. 9,00	50,00	7,779	0,221	0,01105	0,01547	0,38453
12,13	100,00	7,641	0,359	0,01795	0,02513	0,37487
16,00	150,00	7,619	0,381	0,01905	0,02667	0,37333
9,04	200,00	7,593	0,407	0,02035	0,02849	0,37151
15,00	300,00	7,56	0,44	0,02200	0,03080	0,36920



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 18



Графік залежності $e=f(\sigma)$ для зразка 17

	1)Модуль деформації зразка №18	1)Модуль деформації зразка №17	1)Модуль деформації зразка №18 розвантаження	1)Модуль деформації зразка 17 розвантаження
$W=0,093$	$\gamma=0,3$	$m_0=0,091$	$m_0=0,0728$	$m_0=0,00245$
	$\beta=0,7429$	$m_v=0,065$	$m_v=0,0520$	$m_v=0,0175$
		$E_k=11,4286$	$E_k=14,29$	$E_k=42,45$
$e=0,4$		$m_k=1,00$	$m_k=1,00$	$E_k=37,14$
		$m_0=0,0336$	$m_0=0,0336$	
		$m_v=0,0245$	$m_v=0,0244$	
		$E_k=30,3024$	$E_k=30,50$	
		$E_e/E=2,6515$	$E_e/E=2,13$	

Щільність 2,1 г/см³

Щільність скоригована на вологість 0,093

ДОДАТОК В

Результати лабораторних досліджень глинистих ґрунтів

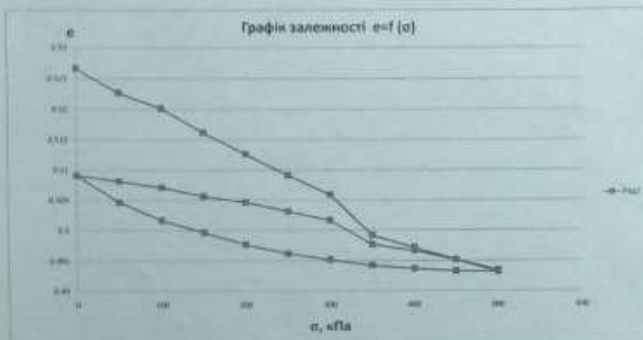
Помилковий коефіцієнт	Тиск, p (кПа)	Пористість, w (%)	Питома вага, r _н (г/см³)	Обсяг порової води, v _в (см³)	Обсяг порової повітря, v _п (см³)	Пористість, n (%)	Коефіцієнт пористості, e	Модуль упругості, E (МПа)	Модуль стисливості, E _s (МПа)
								$E = \frac{p}{\Delta \epsilon}$	$E_s = \frac{p}{\Delta e}$
	0	0	0			0		0	
	10	0	0			0			
	20	0	0			0			
	30	0	0			0			
	40	0	0			0			
	50	0	0			0			
	60	0	0			0			
	70	0	0			0			
	80	0	0			0			
	90	0	0			0			
	100	0	0			0			
	120	0	0			0			
	150	0	0			0			
	200	0	0			0			
	300	0	0			0			
	400	0	0			0			
	500	0	0			0			
	600	0	0			0			
	700	0	0			0			
	800	0	0			0			
	900	0	0			0			
	1000	0	0			0			

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

$$w = \frac{M_w}{M_s} \cdot 100\%$$

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \gamma_s = \rho_s \cdot g$$

$$e = \frac{v_w}{v_s}$$



1. Модуль деформації по горизонтальній сітці констативності

$\epsilon = \frac{e - e_0}{e_0} = \frac{0,75 - 0,70}{0,70} = 0,071$

$\sigma = \frac{e - e_0}{\epsilon} = \frac{0,75 - 0,70}{0,071} = 7,04$ кПа

$E = \frac{p}{\Delta \epsilon} = \frac{10}{0,071} = 140,8$ МПа

2. Модуль деформації по вертикальній сітці констативності

$\epsilon = \frac{e - e_0}{e_0} = \frac{0,75 - 0,70}{0,70} = 0,071$

$\sigma = \frac{e - e_0}{\epsilon} = \frac{0,75 - 0,70}{0,071} = 7,04$ кПа

$E = \frac{p}{\Delta \epsilon} = \frac{10}{0,071} = 140,8$ МПа

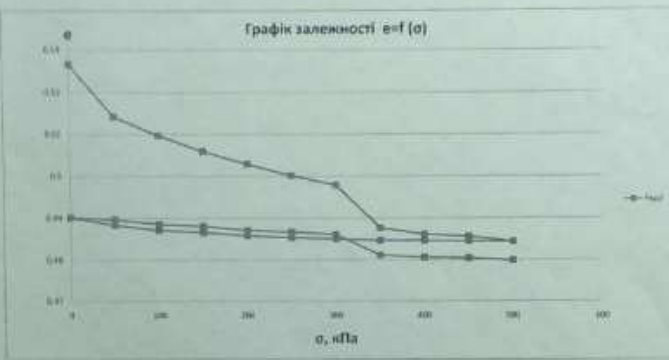
Номер точки (мм)	Темп. ст. (°C)	Чис. деформ.	Попереч. деформация (мм)	Попер. деформация (%)	Макс. деформация (%)	Темп. в ст. (°C)	Коэффициент температур.
0	20	0	0	0	0	20	0,000713
50	25	0,25	0,25	0,0125	0,0175	25,142713	
100	30	0,50	0,50	0,0175	0,0225	30,285426	
150	35	0,75	0,75	0,0225	0,0275	35,428139	
200	40	1,00	1,00	0,0275	0,0325	40,570852	
250	45	1,25	1,25	0,0325	0,0375	45,713565	
300	50	1,50	1,50	0,0375	0,0425	50,856278	
350	55	1,75	1,75	0,0425	0,0475	56,000000	
400	60	2,00	2,00	0,0475	0,0525	61,143750	
450	65	2,25	2,25	0,0525	0,0575	66,287500	
500	70	2,50	2,50	0,0575	0,0625	71,431250	
550	75	2,75	2,75	0,0625	0,0675	76,575000	
600	80	3,00	3,00	0,0675	0,0725	81,718750	
650	85	3,25	3,25	0,0725	0,0775	86,862500	
700	90	3,50	3,50	0,0775	0,0825	92,006250	
750	95	3,75	3,75	0,0825	0,0875	97,150000	
800	100	4,00	4,00	0,0875	0,0925	102,293750	
850	105	4,25	4,25	0,0925	0,0975	107,437500	
900	110	4,50	4,50	0,0975	0,1025	112,581250	
950	115	4,75	4,75	0,1025	0,1075	117,725000	
1000	120	5,00	5,00	0,1075	0,1125	122,868750	

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{5,00 - 0}{1000} = 0,005$$

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{5,00}{1000} = 0,005$$

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{5,00}{1000} = 0,005$$

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{5,00}{1000} = 0,005$$



1. Метод деформаций по прямой линии нагружения

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{3,86}{1000} = 0,00386$$

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{3,86}{1000} = 0,00386$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{300}{0,00386} = 77720 \text{ МПа}$$

2. Метод деформаций по прямой линии разгрузки

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{3,89}{1000} = 0,00389$$

$$m = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{3,89}{1000} = 0,00389$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{300}{0,00389} = 77120 \text{ МПа}$$

коэффициент
E_к = 47,1

E_к = 4,39

300 - 400

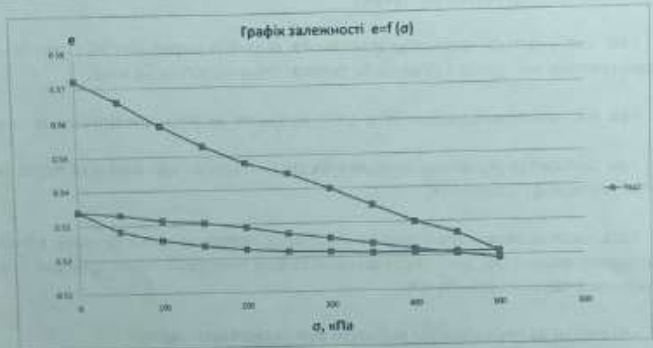
Помилка вимірювання, %	Тиск, атм	Чисельність вимірювань	Помилка вимірювання	Помилка вимірювання	Помилка вимірювання	Помилка вимірювання	Коефіцієнт кореляції
3	0	7	0	0	0	0	0,7221196
53	0,17	0,17	0,006	0,006	0,006	0,006	0,24801796
127	0,28	0,28	0,011	0,011	0,011	0,011	0,33961178
207	0,36	0,36	0,014	0,014	0,014	0,014	0,41801178
297	0,45	0,45	0,017	0,017	0,017	0,017	0,48701178
397	0,53	0,53	0,020	0,020	0,020	0,020	0,54801178
507	0,64	0,64	0,025	0,025	0,025	0,025	0,60201178
627	0,74	0,74	0,030	0,030	0,030	0,030	0,64801178
757	0,85	0,85	0,035	0,035	0,035	0,035	0,68601178
897	0,91	0,91	0,041	0,041	0,041	0,041	0,71601178
1047	1,02	1,02	0,048	0,048	0,048	0,048	0,73801178
1207	1,10	1,10	0,055	0,055	0,055	0,055	0,75201178
1377	1,17	1,17	0,061	0,061	0,061	0,061	0,75801178
1557	1,23	1,23	0,067	0,067	0,067	0,067	0,75601178
1747	1,28	1,28	0,073	0,073	0,073	0,073	0,74601178
1947	1,33	1,33	0,079	0,079	0,079	0,079	0,72801178
2157	1,38	1,38	0,085	0,085	0,085	0,085	0,70201178
2377	1,43	1,43	0,091	0,091	0,091	0,091	0,66801178
2607	1,47	1,47	0,097	0,097	0,097	0,097	0,62601178
2847	1,51	1,51	0,103	0,103	0,103	0,103	0,57601178
3097	1,55	1,55	0,109	0,109	0,109	0,109	0,51801178
3357	1,59	1,59	0,115	0,115	0,115	0,115	0,45201178
3627	1,63	1,63	0,121	0,121	0,121	0,121	0,37801178
3907	1,67	1,67	0,127	0,127	0,127	0,127	0,29601178
4197	1,71	1,71	0,133	0,133	0,133	0,133	0,20601178
4497	1,75	1,75	0,139	0,139	0,139	0,139	0,10801178
4807	1,79	1,79	0,145	0,145	0,145	0,145	0,01201178

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 23400 \cdot 0,0001 = 2,34 \text{ кг}$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot g}{\rho_f \cdot g} = \frac{23400 \cdot 9,81}{1000 \cdot 9,81} = 23,4$$

$$c_p = \frac{2 \cdot (1 + \mu)}{1} = 0,37002$$



1. Метод диференціалів по середній гвинт заштовпувача

$$m = \rho \cdot V = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$E = E_s \cdot \mu_s = 100000 \text{ МПа}$$

2. Метод диференціалів по середній гвинт заштовпувача

$$m = \rho \cdot V = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2,34}{0,0001} = 23400 \text{ кг/м}^3$$

$$E = E_s \cdot \mu_s = 100000 \text{ МПа}$$

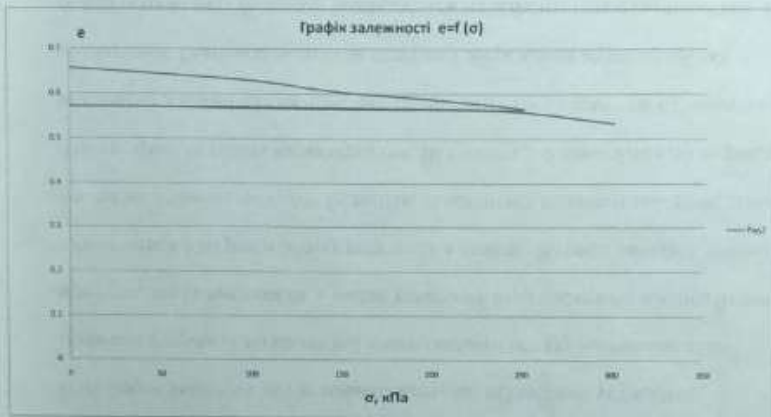
Номери стержнів (№ стержнів)	Типи стержнів	№ стержня	Початковий навантажувач	Кінцеве навантаження	Відхилення стержня, мм, h-0,001	Протяг стержня, мм, Δl = l ₀ (1 + ε)	Коефіцієнт поверховості
0	0	0	0	0	0	0	0
101		0,23	0,25	0,0126	0,0125	0,0001780	0,0001780
102		0,34	0,34	0,0177	0,0177	0,0002590	0,0002590
103		1,04	1,04	0,0521	0,0521	0,0007440	0,0007440
104		1,34	1,35	0,0698	0,0699	0,0008980	0,0008980
105		1,84	1,84	0,0742	0,0742	0,0009020	0,0009020
106		1,93	1,93	0,0717	0,0717	0,0008720	0,0008720
107		1,62	1,63	0,0591	0,0591	0,0008020	0,0008020
108		1,79	1,79	0,0695	0,0695	0,0008700	0,0008700
109		2,79	2,72	0,0940	0,0905	0,0010900	0,0010900
110		1,71	1,71	0,0661	0,0665	0,0008250	0,0008250
111		1,71	1,71	0,0661	0,0665	0,0008250	0,0008250
112		1,74	1,74	0,0687	0,0687	0,0008700	0,0008700
113		1,77	1,77	0,0689	0,0689	0,0008700	0,0008700
114		1,61	1,61	0,0593	0,0593	0,0008020	0,0008020
115		1,85	1,85	0,0675	0,0675	0,0008700	0,0008700
116		2,85	2,85	0,1129	0,1129	0,0013800	0,0013800

$$M = \frac{M_0}{1 + \epsilon}$$

$$M = \frac{M_0}{1 + \epsilon} = \frac{M_0}{1 + \frac{\Delta l}{l_0}} = \frac{M_0 l_0}{l_0 + \Delta l}$$

$$\gamma = \frac{M_0 l_0}{M l} = \frac{M_0 l_0}{M_0 l_0 (1 + \epsilon)} = \frac{1}{1 + \epsilon}$$

$$\epsilon_0 = \frac{\sum (\gamma + \epsilon) - 1}{n} = 0,00780$$



1. Модуль деформаций по первинній гілці навантаження

$$\mu_0 = \frac{\sigma_0 - \sigma_1}{\sigma_0 - \sigma_1} = 0,42$$

$$\mu_0 = \frac{M_0}{1 + \epsilon_0} = 0,254455$$

$$E_0 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} = 1545633 \text{ МПа}$$

$$E = E_0 - \mu_0 = 6,22288 \text{ МПа}$$

2. Модуль деформаций по вторинній гілці навантаження

$$\mu_0 = \frac{\sigma_0 - \sigma_1}{\sigma_0 - \sigma_1} = 0,0119$$

$$\mu_0 = \frac{M_0}{1 + \epsilon_0} = 0,022384$$

$$E_0 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} = 27377 \text{ МПа}$$

$$E = E_0 - \mu_0 = 25,4618 \text{ МПа}$$

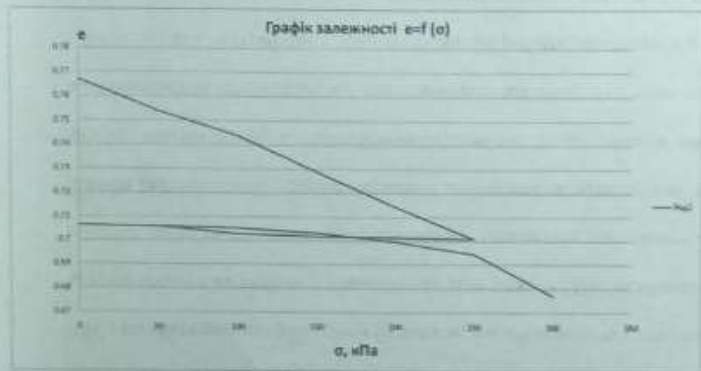
Попередня температура (градуси С)	Тиск, МПа	Чис. випробів	Початкова довжина, мм	Остаточна довжина, мм	Початкова площа, см ²	Площа після випробування, см ²	Коефіцієнт пористості
			l_0	l	S_0	S	$\mu = \frac{S_0 - S}{S_0}$
0	0	3	0	0	0	0	0,76687745
50	0,20	3,70	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
100	0,40	4,40	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
150	0,70	5,70	0,020	0,020	0,020	0,020	0,76687745
200	1,00	7,00	0,025	0,025	0,025	0,025	0,76687745
250	1,20	8,20	0,026	0,026	0,026	0,026	0,76687745
300	1,50	9,50	0,026	0,026	0,026	0,026	0,76687745
350	1,70	1,07	0,025	0,025	0,025	0,025	0,76687745
400	1,70	1,20	0,024	0,024	0,024	0,024	0,76687745
450	1,50	1,20	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
500	1,10	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
550	0,70	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
600	0,20	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
650	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
700	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
750	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
800	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
850	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
900	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
950	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745
1000	0,00	1,10	0,023	0,023	0,023	0,023	0,76687745

$$\sigma = \frac{P}{S} \quad \mu = \frac{S_0 - S}{S_0} \quad \epsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\mu = \frac{S_0 - S}{S_0} \quad \epsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\sigma = \frac{P}{S} \quad \epsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$\mu = \frac{S_0 - S}{S_0} \quad \epsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$



1. Механ. деформації на поверхній гільзі шалашевки

$$\mu = \frac{S_0 - S}{S_0} = \frac{0,023 - 0,023}{0,023} = 0,000$$

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{0,023 - 0,023}{0,023} = 0,000$$

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{2,342730 \text{ МПа}}{0,023} = 101,8578 \text{ МПа}$$

$$E = E_0 \cdot \mu_0 = 101,8578 \text{ МПа}$$

2. Механ. деформації на внутрішній гільзі шалашевки

$$\mu = \frac{S_0 - S}{S_0} = \frac{0,023 - 0,023}{0,023} = 0,000$$

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{0,023 - 0,023}{0,023} = 0,000$$

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{11,00000 \text{ МПа}}{0,023} = 478,2609 \text{ МПа}$$

$$E = E_0 \cdot \mu_0 = 478,2609 \text{ МПа}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = 4,955$$

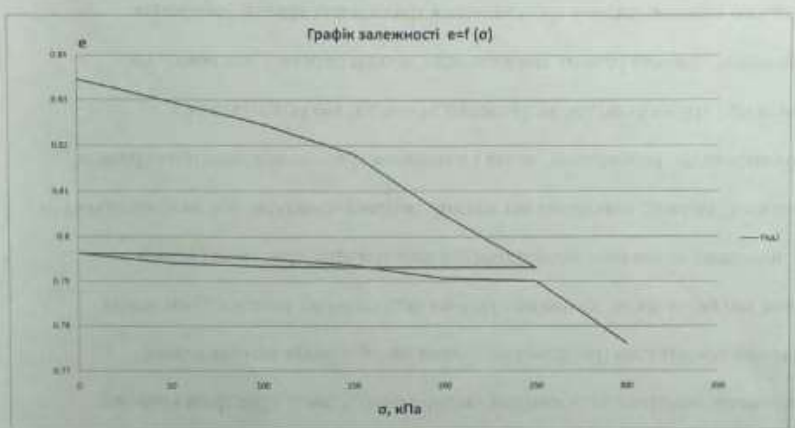
Помилка вимірювання (%)	Тиск, атм	Час витікання	Помилка вимірювання	Осередковане значення	Висновок вимірювання	Помилка вимірювання	Середнє значення
0	0	0	0	0	0	0	0,00078361
50	0,1	0,1	0,005	0,005	0,005	0,005	0,00078361
100	0,2	0,2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00078361
150	0,3	0,3	0,015	0,015	0,015	0,015	0,00078361
200	0,4	0,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00078361
250	0,5	0,5	0,025	0,025	0,025	0,025	0,00078361
300	0,6	0,6	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00078361
350	0,7	0,7	0,035	0,035	0,035	0,035	0,00078361
400	0,8	0,8	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00078361
450	0,9	0,9	0,045	0,045	0,045	0,045	0,00078361
500	1,0	1,0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00078361
550	1,1	1,1	0,055	0,055	0,055	0,055	0,00078361
600	1,2	1,2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00078361
650	1,3	1,3	0,065	0,065	0,065	0,065	0,00078361
700	1,4	1,4	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00078361
750	1,5	1,5	0,075	0,075	0,075	0,075	0,00078361
800	1,6	1,6	0,08	0,08	0,08	0,08	0,00078361
850	1,7	1,7	0,085	0,085	0,085	0,085	0,00078361
900	1,8	1,8	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00078361
950	1,9	1,9	0,095	0,095	0,095	0,095	0,00078361
1000	2,0	2,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,00078361

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,00078361}{0,0001} = 7,8361 \text{ г/см}^3$$

$$M_1 = \frac{m_1}{1 + \mu} = \frac{0,00078361}{1 + 0,0001} = 0,00078361 \text{ г}$$

$$\gamma = \frac{D \cdot g}{\rho \cdot V} = \frac{0,00078361 \cdot 9,8}{0,0001 \cdot 7,8361} = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$\mu = \frac{D \cdot g}{\rho \cdot V} - 1 = 9,8 - 1 = 8,8$$



1. Модуль деформації по першій гіді змалювання

$$\mu_1 = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m_0} = 0,2$$

$$\mu_1 = \frac{m_1}{1 + \mu_1} = 0,109$$

$$\rho_1 = \frac{P}{m_1} = 3,59$$

$$E = E_0 \cdot \mu_1 = 28,04608 \text{ мПа}$$

2. Модуль деформації по вторій гіді змалювання

$$\mu_2 = \frac{m_2 - m_0}{m_0 - m_0} = 0,095$$

$$\mu_2 = \frac{m_2}{1 + \mu_2} = 0,08706$$

$$\rho_2 = \frac{P}{m_2} = 15,83$$

$$E = E_0 \cdot \mu_2 = 15,83$$

$\frac{E_2}{E_1} = 4,43$

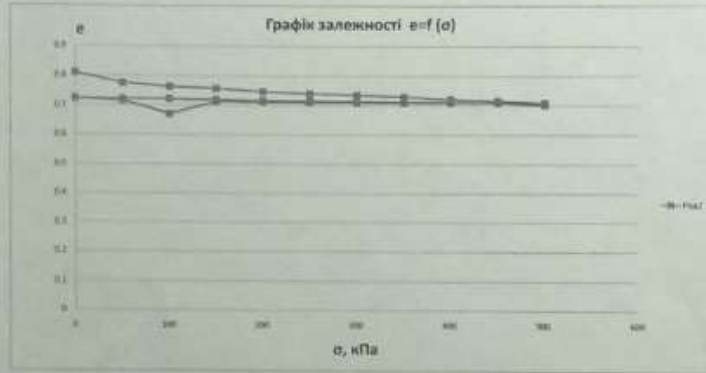
Нагрузка (кПа на чашку)	Тяга, мПа	Чис. отсчетов	Показание измерителя, мм	Одност. значение, мм	Среднее значение, мм, \bar{z}	Первый коэф. корреляции, R_{12}	Коэффициент корреляции, R_{13}
0	0	0	0	0	0	0	0,819625278
20	0,08	0,16	0,0443	0,0443	0,0443	0,0443	0,770125278
100	0,96	0,96	0,047	0,047	0,047	0,047	0,713625278
150	1,55	1,55	0,0575	0,0575	0,0575	0,0575	0,757625278
200	1,98	1,98	0,064	0,064	0,064	0,064	0,740625278
250	1,4	1,4	0,07	0,07	0,07	0,07	0,746625278
300	1,49	1,49	0,0745	0,0745	0,0745	0,0745	0,72825278
350	1,59	1,59	0,0825	0,0825	0,0825	0,0825	0,72925278
400	1,48	1,48	0,0875	0,0875	0,0875	0,0875	0,71325278
450	1,55	1,55	0,0975	0,0975	0,0975	0,0975	0,71675278
500	2,25	2,25	0,103	0,103	0,103	0,103	0,709625278
600	2,77	2,77	0,103	0,103	0,103	0,103	0,709625278
700	2,82	2,82	0,103	0,103	0,103	0,103	0,709625278
800	3,05	3,05	0,1075	0,1075	0,1075	0,1075	0,70975278
900	3,03	3,03	0,1095	0,1095	0,1095	0,1095	0,710125278
200	2	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,710625278
250	1,99	1,99	0,099	0,099	0,099	0,099	0,711625278
300	1,99	1,99	0,0975	0,0975	0,0975	0,0975	0,712625278
350	1,93	1,93	0,1	0,1	0,1	0,1	0,713625278
400	1,87	1,87	0,0975	0,0975	0,0975	0,0975	0,714625278
450	1,75	1,75	0,0975	0,0975	0,0975	0,0975	0,715625278
500	1,78	1,78	0,099	0,099	0,099	0,099	0,716625278
550	1,82	1,82	0,099	0,099	0,099	0,099	0,717625278
600	1,80	1,80	0,0975	0,0975	0,0975	0,0975	0,718625278
650	1,87	1,87	0,0975	0,0975	0,0975	0,0975	0,719625278
700	1,9	1,9	0,095	0,095	0,095	0,095	0,719625278
750	1,93	1,93	0,096	0,096	0,096	0,096	0,719625278
800	1,87	1,87	0,096	0,096	0,096	0,096	0,719625278
850	1,96	1,96	0,095	0,095	0,095	0,095	0,719625278
900	2,02	2,02	0,103	0,103	0,103	0,103	0,709625278
950	2,13	2,13	0,1075	0,1075	0,1075	0,1075	0,709625278

$$m = 0,4 - z \quad \rho = \frac{m}{r} = \frac{0,4}{1,2} = 0,333 \quad \gamma = 14,8 \quad \delta = 1,016 \quad \sigma = 1,0$$

$$M_c = \frac{m \cdot r \cdot \gamma}{\delta} = \frac{0,4 \cdot 1,2 \cdot 14,8}{1,016} = 7,1 \text{ кг/м}^2$$

$$\gamma = \frac{P \cdot g}{\delta} = \frac{14,8 \cdot 9,81}{1,016} = 14,8 \text{ Н/м}^3$$

$$\epsilon = \frac{z \cdot (1 + \beta) - 1}{r} = 0,10925$$



1 Модуль деформаций по первой газу взаимодействия

$$m = m_0 \cdot \frac{S - S_0}{S_1 - S_0} = 0,177 \quad \epsilon = 0,17$$

$$\rho = \frac{m}{r + \epsilon} = 0,09106 \quad \epsilon = 0,0933$$

$$\epsilon_c = \frac{P}{m} = 4,0000 \text{ кПа} \quad \epsilon = 1,17 \quad \delta = 1,016$$

$$\beta = 1 - \frac{z}{r} = 0,17341 \quad \delta = 1,016 \text{ мПа/кПа}$$

$$E = E_0 \cdot m_1 = 21,0000 \text{ кПа}$$

2 Модуль деформаций по второй газу взаимодействия

$$m = m_0 \cdot \frac{S - S_0}{S_1 - S_0} = 0,101 \quad \epsilon = 0,101$$

$$\rho = \frac{m}{r + \epsilon} = 0,0901 \quad \epsilon = 0,0933$$

$$\epsilon_c = \frac{P}{m} = 26,0001 \text{ кПа} \quad \frac{E_0}{E} = 2,68$$

$$E = E_0 \cdot m_1 = 117,0001 \text{ кПа}$$

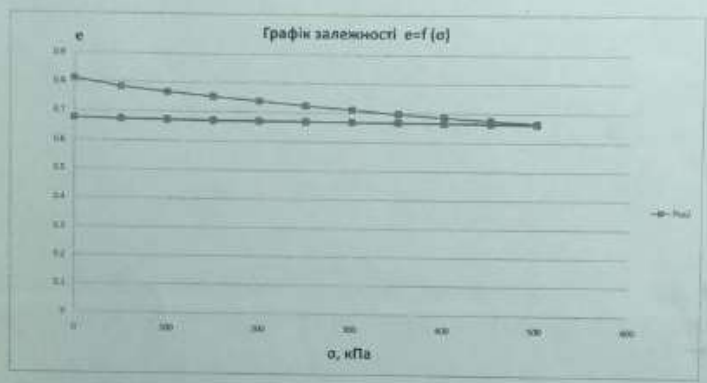
Навантажувальна сила, Н	Тиск, кПа	Пов. поверхні, см ²	Початкова довжина, мм	Після навантаження, мм	Випадок розтягнення, мм	Поворотні коефіцієнти		Коефіцієнт пористості
						$\mu = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100$	$\mu_{\text{пор}} = \frac{\Delta l_{\text{пор}}}{l_0} \cdot 100$	
0	0	0	0	0	0	0	0	0,33025278
50	0,14	0,53	0,227	0,231	0,004	0,00176	0,00176	0,33025278
100	0,27	0,97	0,04131	0,04171	0,004	0,00176	0,00176	0,33025278
150	0,41	1,41	0,0206	0,0208	0,002	0,00088	0,00088	0,33025278
200	0,54	1,85	0,0275	0,0278	0,003	0,00132	0,00132	0,33025278
250	0,70	2,29	0,037	0,0373	0,003	0,00132	0,00132	0,33025278
300	0,84	2,73	0,115	0,1155	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
350	0,98	3,17	0,123	0,1235	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
400	1,12	3,61	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
450	1,26	4,05	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
500	1,40	4,49	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
550	1,54	4,93	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
600	1,68	5,37	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
650	1,82	5,81	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
700	1,96	6,25	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
750	2,10	6,69	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
800	2,24	7,13	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
850	2,38	7,57	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
900	2,52	8,01	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
950	2,66	8,45	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1000	2,80	8,89	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1050	2,94	9,33	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1100	3,08	9,77	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1150	3,22	10,21	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1200	3,36	10,65	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1250	3,50	11,09	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1300	3,64	11,53	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1350	3,78	11,97	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1400	3,92	12,41	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1450	4,06	12,85	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278
1500	4,20	13,29	0,1162	0,1167	0,005	0,0021	0,0021	0,33025278

$$\mu = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 = \frac{0,004}{0,227} \cdot 100 = 1,76\%$$

$$\mu_{\text{пор}} = \frac{\Delta l_{\text{пор}}}{l_0} \cdot 100 = \frac{0,00176}{0,227} \cdot 100 = 0,775\%$$

$$y = P \cdot G = \frac{1000}{9,81} \cdot \frac{11}{100} = 10,2 \text{ кПа}$$

$$G = \frac{E}{E_0} (1 + \mu) = 0,33025$$



1. Модуль деформації по вертикальній осі шкатування

$$m_0 = \frac{m_1 - m_2}{1 + \mu_1} = \frac{1,100218 - 0,28745}{1 + 0,28745} = 0,582$$

$$m_1 = \frac{m_2}{1 + \mu_2} = \frac{0,1582}{1 + 0,1582} = 0,137$$

$$e_1 = \frac{\mu_1}{m_1} = \frac{0,28745}{0,137} = 2,10$$

$$\beta = 1 - \frac{2\mu_1^2}{1 - \mu_1^2} = 0,881241$$

$$E = E_0 \cdot m_0 = 10,17252 \text{ кПа}$$

2. Модуль деформації по горизонтальній осі шкатування

$$m_0 = \frac{m_1 - m_2}{1 + \mu_1} = \frac{1,0275 - 0,28745}{1 + 0,28745} = 0,582$$

$$m_1 = \frac{m_2}{1 + \mu_2} = \frac{0,1011}{1 + 0,1011} = 0,0918$$

$$e_1 = \frac{\mu_1}{m_1} = \frac{0,1011}{0,0918} = 1,10$$

$$E = E_0 \cdot m_0 = 10,17252 \text{ кПа}$$

$$\frac{E_2}{E} = 16,6$$

Номерная точка на графике σ	Точка, кПа		Поперечная нагрузка, кН	Среднее значение, кПа	Величина искривления, кПа	Прямая погрешность, $\Delta\sigma = \sigma(1 + \frac{\Delta\sigma}{\sigma})$	Коэффициент вариации, $\Delta\sigma / \sigma$
	σ	ϵ					
0	0	0	0	0	0	0	1,0446,0000
10	0	0	0	0	0	0	1,0446,0000
150	0,05	0,05	0,0025	0,0025	0,0025	1,0446,0000	1,0446,0000
150	0,21	0,21	0,0105	0,0105	0,0105	1,0446,0000	1,0446,0000
200	0,41	0,41	0,0205	0,0205	0,0205	1,0446,0000	1,0446,0000
250	0,60	0,70	0,0225	0,0225	0,0225	1,0446,0000	1,0446,0000
300	0,70	0,75	0,0225	0,0225	0,0225	1,0446,0000	1,0446,0000
350	0,75	0,75	0,0225	0,0225	0,0225	1,0446,0000	1,0446,0000
400	0,75	0,75	0,0225	0,0225	0,0225	1,0446,0000	1,0446,0000
450	0,75	0,75	0,0225	0,0225	0,0225	1,0446,0000	1,0446,0000
500	0,75	0,75	0,0225	0,0225	0,0225	1,0446,0000	1,0446,0000
100	0,34	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
150	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
200	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
250	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
300	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
350	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
400	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
450	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000
500	0,74	0,74	0,017	0,017	0,017	1,0446,0000	1,0446,0000

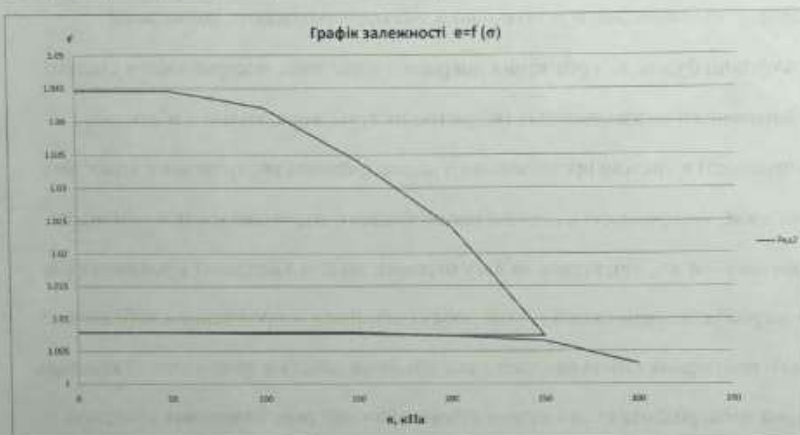
$$\rho = \frac{m}{V} = 1,722 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$M_x = \frac{m \cdot g \cdot l}{2} = \frac{0,74 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{2} = 1,83048 \text{ Н}$$

$$M_y = \frac{m \cdot g \cdot l}{2} = \frac{0,74 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{2} = 1,83048 \text{ Н}$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot S}{2 \cdot H} = \frac{1,722 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2}{2 \cdot 0,1} = 1,8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma_y = \frac{\sum(\sigma \cdot W)}{V} = 1,0446$$



1. Модуль деформации по первой точке нагружения

$$\mu_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\epsilon_1 - \epsilon_0} = \frac{0,18}{0,18} = 0,18$$

$$\mu_1 = \frac{M_1}{l \cdot A \cdot \epsilon_1} = \frac{0,000109}{1 \cdot 0,000109} = 0,000109$$

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_1} = \frac{0,000446 \text{ МПа}}{0,000109} = 4,08246 \text{ МПа}$$

$$\beta = 1 - \frac{2\sigma^2}{1 - \sigma^2} = 0,701724$$

$$E = E_1 \cdot \mu_1 = 28,193315 \text{ МПа}$$

2. Модуль деформации по второй точке нагружения

$$\mu_2 = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \frac{0,0075}{0,00023} = 0,0075$$

$$\mu_2 = \frac{M_2}{l \cdot A \cdot \epsilon_2} = \frac{0,0012493}{0,00023} = 0,0012493$$

$$E_2 = \frac{\sigma_2}{\epsilon_2} = \frac{0,0042346 \text{ МПа}}{0,00023} = 18,368413 \text{ МПа}$$

$$E = E_2 \cdot \mu_2 = 1434,206 \text{ МПа}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = 46,8$$

Попереднє значення σ	σ , МПа	Час витримки, год	Відношення $\sigma_{\text{н}}/\sigma_0$	Відношення $\sigma_{\text{н}}/\sigma_0$, %	Відношення $\sigma_{\text{н}}/\sigma_0$, %	Відношення $\sigma_{\text{н}}/\sigma_0$, %	Відношення $\sigma_{\text{н}}/\sigma_0$, %
0	0	0	1	100	100	100	100
10	0.12	0.12	0.88	88	88	88	88
20	0.25	0.25	0.75	75	75	75	75
30	0.38	0.38	0.62	62	62	62	62
40	0.50	0.50	0.50	50	50	50	50
50	0.62	0.62	0.38	38	38	38	38
60	0.75	0.75	0.25	25	25	25	25
70	0.88	0.88	0.12	12	12	12	12
80	1.00	1.00	0	0	0	0	0
90	1.12	1.12	-0.12	-12	-12	-12	-12
100	1.25	1.25	-0.25	-25	-25	-25	-25
110	1.38	1.38	-0.38	-38	-38	-38	-38
120	1.50	1.50	-0.50	-50	-50	-50	-50
130	1.62	1.62	-0.62	-62	-62	-62	-62
140	1.75	1.75	-0.75	-75	-75	-75	-75
150	1.88	1.88	-0.88	-88	-88	-88	-88
160	2.00	2.00	-1.00	-100	-100	-100	-100
170	2.12	2.12	-1.12	-112	-112	-112	-112
180	2.25	2.25	-1.25	-125	-125	-125	-125
190	2.38	2.38	-1.38	-138	-138	-138	-138
200	2.50	2.50	-1.50	-150	-150	-150	-150
210	2.62	2.62	-1.62	-162	-162	-162	-162
220	2.75	2.75	-1.75	-175	-175	-175	-175
230	2.88	2.88	-1.88	-188	-188	-188	-188
240	3.00	3.00	-2.00	-200	-200	-200	-200
250	3.12	3.12	-2.12	-212	-212	-212	-212
260	3.25	3.25	-2.25	-225	-225	-225	-225
270	3.38	3.38	-2.38	-238	-238	-238	-238
280	3.50	3.50	-2.50	-250	-250	-250	-250
290	3.62	3.62	-2.62	-262	-262	-262	-262
300	3.75	3.75	-2.75	-275	-275	-275	-275
310	3.88	3.88	-2.88	-288	-288	-288	-288
320	4.00	4.00	-3.00	-300	-300	-300	-300
330	4.12	4.12	-3.12	-312	-312	-312	-312
340	4.25	4.25	-3.25	-325	-325	-325	-325
350	4.38	4.38	-3.38	-338	-338	-338	-338
360	4.50	4.50	-3.50	-350	-350	-350	-350
370	4.62	4.62	-3.62	-362	-362	-362	-362
380	4.75	4.75	-3.75	-375	-375	-375	-375
390	4.88	4.88	-3.88	-388	-388	-388	-388
400	5.00	5.00	-4.00	-400	-400	-400	-400
410	5.12	5.12	-4.12	-412	-412	-412	-412
420	5.25	5.25	-4.25	-425	-425	-425	-425
430	5.38	5.38	-4.38	-438	-438	-438	-438
440	5.50	5.50	-4.50	-450	-450	-450	-450
450	5.62	5.62	-4.62	-462	-462	-462	-462
460	5.75	5.75	-4.75	-475	-475	-475	-475
470	5.88	5.88	-4.88	-488	-488	-488	-488
480	6.00	6.00	-5.00	-500	-500	-500	-500
490	6.12	6.12	-5.12	-512	-512	-512	-512
500	6.25	6.25	-5.25	-525	-525	-525	-525

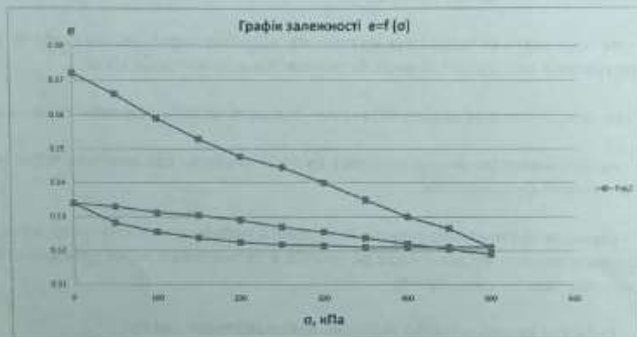
$$m = \frac{\sigma_0 - \sigma_n}{\sigma_0} = \frac{5.00 - 3.00}{5.00} = 0.40$$

$$n = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} = \frac{5.00}{3.00} = 1.67$$

$$k = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} = \frac{5.00}{3.00} = 1.67$$

$$\sigma_n = \sigma_0 \cdot k^{-n} = 5.00 \cdot 1.67^{-1.67} = 3.00$$

$$E = k_0 \cdot \sigma_0 \cdot m_1 = 1.00 \cdot 5.00 \cdot 0.40 = 2.00$$



1. Матриця деформації по внутрішній гвинтовій лінії

$$m_1 = \frac{\sigma_0 - \sigma_n}{\sigma_0} = \frac{5.00 - 3.00}{5.00} = 0.4024$$

$$n = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} = \frac{5.00}{3.00} = 1.6715$$

$$k = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} = \frac{5.00}{3.00} = 1.67$$

$$E = k_0 \cdot \sigma_0 \cdot m_1 = 1.00 \cdot 5.00 \cdot 0.40 = 2.00$$

2. Матриця деформації по зовнішній гвинтовій лінії

$$m_2 = \frac{\sigma_0 - \sigma_n}{\sigma_0} = \frac{5.00 - 3.00}{5.00} = 0.4026$$

$$n = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} = \frac{5.00}{3.00} = 1.6717$$

$$k = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} = \frac{5.00}{3.00} = 1.67$$

$$E = k_0 \cdot \sigma_0 \cdot m_2 = 1.00 \cdot 5.00 \cdot 0.40 = 2.00$$

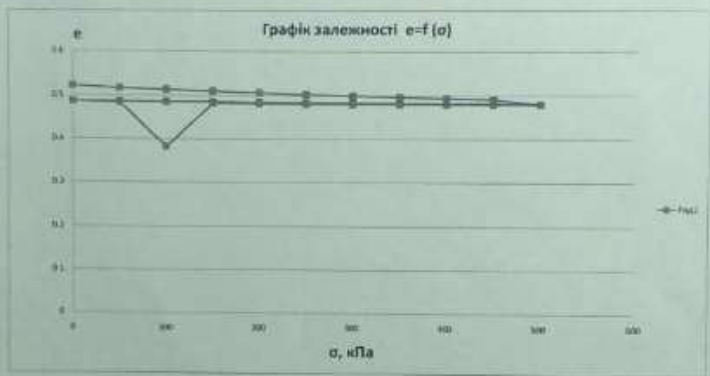
Напряжения в точке, МПа	Тип, МПа	Число слоев, n	Положение волокон, мм	Относительное удлинение, %	Половое удлинение, мм, $\epsilon = \Delta L / L_0$	Прочность волокон, МПа	Коэффициент поперечности
						$R_{тк} = (1 + \mu) R_{тк}$	$K_t = 1 + \mu [K_t]$
0	0	0	0	0	0	0	0,52222222
75	0,115	0,115	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,52047222
150	0,18	0,18	0,015	0,015	0,015	0,015	0,51872222
225	0,25	0,25	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,51697222
300	0,315	0,315	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,51522222
375	0,385	0,385	0,0525	0,0525	0,0525	0,0525	0,51347222
450	0,46	0,46	0,07	0,07	0,07	0,07	0,51172222
525	0,535	0,535	0,1125	0,1125	0,1125	0,1125	0,51007222
600	0,56	0,56	0,12	0,12	0,12	0,12	0,50832222
675	0,61	0,61	0,095	0,095	0,095	0,095	0,50657222
750	0,66	0,66	0,062	0,062	0,062	0,062	0,50482222
825	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,50307222
900	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,50132222
975	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,50007222
1050	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49882222
1125	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49757222
1200	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49632222
1275	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49507222
1350	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49382222
1425	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49257222
1500	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49132222
1575	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,49007222
1650	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48882222
1725	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48757222
1800	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48632222
1875	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48507222
1950	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48382222
2025	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48257222
2100	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48132222
2175	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,48007222
2250	0,625	0,625	0,0475	0,0475	0,0475	0,0475	0,47882222

$$\mu = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_2 + \sigma_1} = \frac{0,0475 - 0,0475}{0,0475 + 0,0475} = 0$$

$$M_1 = \frac{\sigma_1 \cdot \rho \cdot g}{1 + \mu} = \frac{0,0475 \cdot 20000 \cdot 9,8}{1 + 0} = 9350 \text{ Н/м}^2$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot g}{1 + \mu} = \frac{20000 \cdot 9,8}{1 + 0} = 196000 \text{ Н/м}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{\gamma \cdot h}{1 + \mu} = \frac{196000 \cdot 0,0475}{1 + 0} = 9350 \text{ МПа}$$



1. Момент деформации по верхней грани пластины

$$\mu = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_2 + \sigma_1} = \frac{0,0475 - 0,0475}{0,0475 + 0,0475} = 0,0000$$

$$M_1 = \frac{\sigma_1 \cdot \rho \cdot g}{1 + \mu} = \frac{0,0475 \cdot 20000 \cdot 9,8}{1 + 0} = 9350 \text{ Н/м}^2$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot g}{1 + \mu} = \frac{20000 \cdot 9,8}{1 + 0} = 196000 \text{ Н/м}^3$$

$$E = E_0 \cdot (1 + \mu) = 200000 \cdot (1 + 0) = 200000 \text{ МПа}$$

2. Момент деформации по нижней грани пластины

$$\mu = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_2 + \sigma_1} = \frac{0,0475 - 0,0475}{0,0475 + 0,0475} = 0,0000$$

$$M_2 = \frac{\sigma_2 \cdot \rho \cdot g}{1 + \mu} = \frac{0,0475 \cdot 20000 \cdot 9,8}{1 + 0} = 9350 \text{ Н/м}^2$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot g}{1 + \mu} = \frac{20000 \cdot 9,8}{1 + 0} = 196000 \text{ Н/м}^3$$

$$E = E_0 \cdot (1 + \mu) = 200000 \cdot (1 + 0) = 200000 \text{ МПа}$$

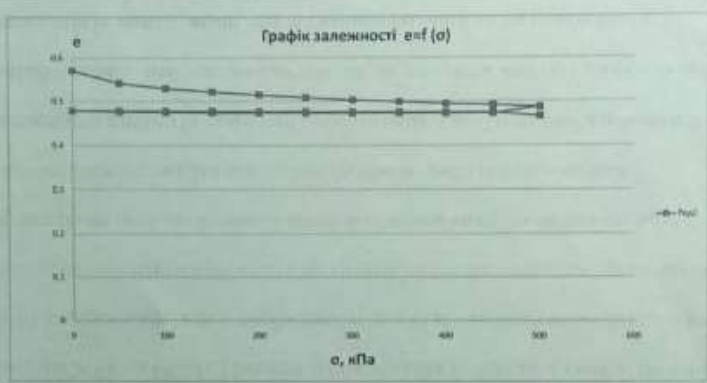
Помилка вимірюв. вимір.	Тиск, кПа	Час вимір. с	Початкова висота, мм	Після висота, мм	Висота середня, мм h-20мм	Середнє коефіцієнт деформації μ = (h-h₀) / h₀	Ефективна пористість e = μ / γ
0	0	0	0	0	0	0	0,3344(99)
50	0,32	0,08	0,225	0,225	0,225	0,000	0,3344(99)
100	0,62	0,12	0,240	0,240	0,240	0,000	0,3344(99)
150	0,90	0,18	0,255	0,255	0,255	0,000	0,3344(99)
200	1,11	0,21	0,265	0,265	0,265	0,000	0,3344(99)
250	1,27	0,25	0,270	0,270	0,270	0,000	0,3344(99)
300	1,37	0,28	0,275	0,275	0,275	0,000	0,3344(99)
350	1,43	0,30	0,278	0,278	0,278	0,000	0,3344(99)
400	1,51	0,32	0,280	0,280	0,280	0,000	0,3344(99)
450	1,58	0,34	0,282	0,282	0,282	0,000	0,3344(99)
500	1,65	0,36	0,283	0,283	0,283	0,000	0,3344(99)
550	1,71	0,38	0,284	0,284	0,284	0,000	0,3344(99)
600	1,77	0,40	0,285	0,285	0,285	0,000	0,3344(99)
650	1,83	0,42	0,285	0,285	0,285	0,000	0,3344(99)
700	1,88	0,44	0,286	0,286	0,286	0,000	0,3344(99)
750	1,93	0,46	0,286	0,286	0,286	0,000	0,3344(99)
800	1,98	0,48	0,287	0,287	0,287	0,000	0,3344(99)
850	2,03	0,50	0,287	0,287	0,287	0,000	0,3344(99)
900	2,08	0,52	0,288	0,288	0,288	0,000	0,3344(99)
950	2,13	0,54	0,288	0,288	0,288	0,000	0,3344(99)
1000	2,18	0,56	0,288	0,288	0,288	0,000	0,3344(99)

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{\pi d^2 h}{4}}$$

$$\mu = \frac{h - h_0}{h_0} = \frac{h - 20}{20}$$

$$e = \frac{\mu}{\gamma} = \frac{\frac{h - h_0}{h_0}}{\frac{\rho \cdot g}{\rho_{\text{ж}} \cdot g}} = \frac{h - h_0}{h_0} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho}$$

$$e = \frac{h - h_0}{h_0} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} = \frac{h - 20}{20} \cdot \frac{1000}{\rho}$$



1. Модуль деформації по жорсткий стан взаємодіяння

$$\mu_{\text{ж}} = \frac{h - h_0}{h_0} = \frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_0 - \sigma}$$

$$\mu_{\text{ж}} = \frac{h_0}{h_0 - \sigma_0}$$

$$E_{\text{ж}} = \frac{\rho \cdot g}{\mu_{\text{ж}}}$$

$$E = E_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}}$$

2. Модуль деформації по жорсткий стан взаємодіяння

$$\mu_{\text{ж}} = \frac{h - h_0}{h_0} = \frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma_0 - \sigma}$$

$$\mu_{\text{ж}} = \frac{h_0}{h_0 - \sigma_0}$$

$$E_{\text{ж}} = \frac{\rho \cdot g}{\mu_{\text{ж}}}$$

$$E = E_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}}$$

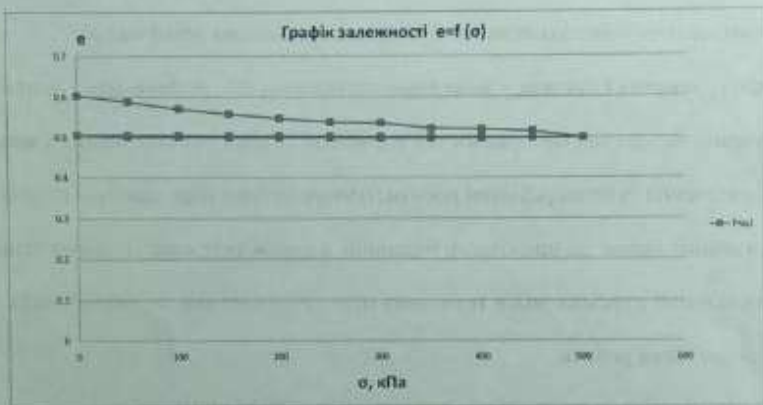
Відстань між точками, м	Тиск, кПа	Час витікання, с	Площа поверхні пори, см²	Об'єм пори, см³	Висота стовпа, м	Пористість пори, %	Коефіцієнт пористості
h	p	t	S	V	H	μ	γ
0	0	0	0	0	0	0	0
50	0,31	6,32	0,014	0,010	0,010	0,010	0,010
100	0,28	6,98	0,017	0,020	0,020	0,020	0,020
150	0,27	7,92	0,020	0,030	0,030	0,030	0,030
200	0,26	8,74	0,023	0,040	0,040	0,040	0,040
250	0,25	9,46	0,026	0,050	0,050	0,050	0,050
300	0,24	10,18	0,029	0,060	0,060	0,060	0,060
350	0,23	10,89	0,032	0,070	0,070	0,070	0,070
400	0,22	11,61	0,035	0,080	0,080	0,080	0,080
450	0,21	12,32	0,038	0,090	0,090	0,090	0,090
500	0,20	13,04	0,041	0,100	0,100	0,100	0,100
550	0,19	13,75	0,044	0,110	0,110	0,110	0,110
600	0,18	14,47	0,047	0,120	0,120	0,120	0,120
650	0,17	15,18	0,050	0,130	0,130	0,130	0,130
700	0,16	15,90	0,053	0,140	0,140	0,140	0,140
750	0,15	16,61	0,056	0,150	0,150	0,150	0,150
800	0,14	17,33	0,059	0,160	0,160	0,160	0,160
850	0,13	18,04	0,062	0,170	0,170	0,170	0,170
900	0,12	18,76	0,065	0,180	0,180	0,180	0,180
950	0,11	19,47	0,068	0,190	0,190	0,190	0,190
1000	0,10	20,19	0,071	0,200	0,200	0,200	0,200
1050	0,09	20,90	0,074	0,210	0,210	0,210	0,210
1100	0,08	21,62	0,077	0,220	0,220	0,220	0,220
1150	0,07	22,33	0,080	0,230	0,230	0,230	0,230
1200	0,06	23,05	0,083	0,240	0,240	0,240	0,240
1250	0,05	23,76	0,086	0,250	0,250	0,250	0,250
1300	0,04	24,48	0,089	0,260	0,260	0,260	0,260
1350	0,03	25,19	0,092	0,270	0,270	0,270	0,270
1400	0,02	25,91	0,095	0,280	0,280	0,280	0,280
1450	0,01	26,62	0,098	0,290	0,290	0,290	0,290
1500	0,00	27,34	0,101	0,300	0,300	0,300	0,300

$$\rho = \frac{m}{V} = 2,38 \frac{10^{-3} \text{ кг}}{10^{-6} \text{ м}^3} = 2,38 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = \frac{m_0}{m} = \frac{0,010}{0,020} = 0,5$$

$$\gamma = \frac{\rho \cdot g}{\rho_0 \cdot g} = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{2,38 \cdot 10^3}{1000} = 2,38$$

$$c_v = \frac{V_0}{V} \cdot (1 + \mu) = 1$$



1. Моляр деформації по переривній гвинт завантаженню

$$\mu_1 = \frac{m_1}{m} = \frac{0,010}{0,020} = 0,5$$

$$\mu_2 = \frac{m_2}{m} = \frac{0,015}{0,020} = 0,75$$

$$c_1 = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{2,38}{1000} = 0,00238$$

$$\beta = 1 - \frac{2 \cdot c_1}{1 + \mu_1} = 0,99774$$

$$E = E_0 \cdot \mu_1 = 22,80000 \text{ МПа}$$

2. Моляр деформації по вторинній гвинт завантаженню

$$\mu_3 = \frac{m_3}{m} = \frac{0,0125}{0,020} = 0,625$$

$$\mu_4 = \frac{m_4}{m} = \frac{0,0116}{0,020} = 0,58$$

$$c_2 = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{2,38}{1000} = 0,00238$$

$$E = E_0 \cdot \mu_3 = 24,82500 \text{ МПа}$$

$\frac{E_0}{E} = 12,9$

Начальная нагрузка, N	Тяга, мПа	Число витков	Поперечное сечение, мм	Начальная длина, мм	Поперечное сечение, мм	Поперечное сечение, мм	Поперечное сечение, мм	Коэффициент расширения
0	0	0	0	0	0	0	0	0.1343322
50	0.062	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.1343322	
100	0.123	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.1343322	
150	0.185	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.1343322	
200	0.247	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.1343322	
250	0.309	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.1343322	
300	0.371	0.374	0.374	0.374	0.374	0.374	0.1343322	
350	0.433	0.436	0.436	0.436	0.436	0.436	0.1343322	
400	0.495	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.1343322	
450	0.557	0.560	0.560	0.560	0.560	0.560	0.1343322	
500	0.619	0.622	0.622	0.622	0.622	0.622	0.1343322	
550	0.681	0.684	0.684	0.684	0.684	0.684	0.1343322	
600	0.743	0.746	0.746	0.746	0.746	0.746	0.1343322	
650	0.805	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.1343322	
700	0.867	0.870	0.870	0.870	0.870	0.870	0.1343322	
750	0.929	0.932	0.932	0.932	0.932	0.932	0.1343322	
800	0.991	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994	0.1343322	
850	1.053	1.056	1.056	1.056	1.056	1.056	0.1343322	
900	1.115	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	0.1343322	
950	1.177	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	0.1343322	
1000	1.239	1.242	1.242	1.242	1.242	1.242	0.1343322	
1050	1.301	1.304	1.304	1.304	1.304	1.304	0.1343322	
1100	1.363	1.366	1.366	1.366	1.366	1.366	0.1343322	
1150	1.425	1.428	1.428	1.428	1.428	1.428	0.1343322	
1200	1.487	1.490	1.490	1.490	1.490	1.490	0.1343322	
1250	1.549	1.552	1.552	1.552	1.552	1.552	0.1343322	
1300	1.611	1.614	1.614	1.614	1.614	1.614	0.1343322	
1350	1.673	1.676	1.676	1.676	1.676	1.676	0.1343322	
1400	1.735	1.738	1.738	1.738	1.738	1.738	0.1343322	
1450	1.797	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	0.1343322	
1500	1.859	1.862	1.862	1.862	1.862	1.862	0.1343322	

$$m = \frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

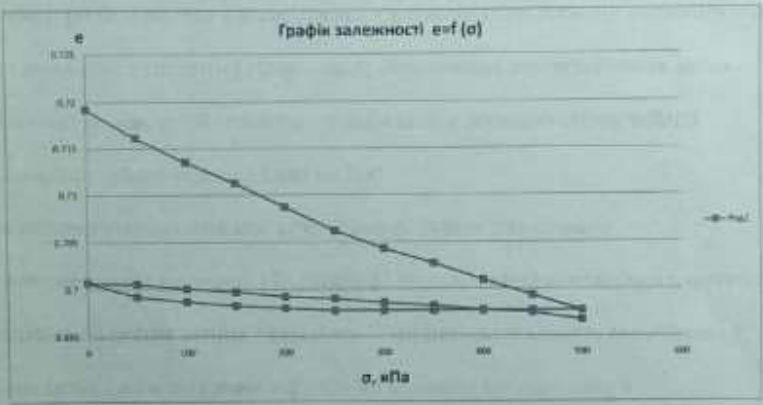
$$m_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

$$m_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

$$\gamma = \frac{\sigma \cdot g}{e \cdot H} = \frac{1.862 \cdot 9.8}{0.063 \cdot 100} = 29.8$$

$$\gamma_e = \frac{\sigma \cdot g}{e \cdot H} = \frac{1.862 \cdot 9.8}{0.063 \cdot 100} = 29.8$$

$$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} = \frac{1.862}{5156} = 0.000361$$



1. Модуль деформации по первой группе зависимости

$$m_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

$$m_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

$$\gamma = \frac{\sigma}{e} = \frac{1.862}{0.063} = 29.54$$

$$\gamma_e = \frac{\sigma \cdot g}{e \cdot H} = \frac{1.862 \cdot 9.8}{0.063 \cdot 100} = 29.8$$

2. Модуль деформации по второй группе зависимости

$$m_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

$$m_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_0} = \frac{1.862}{1.862} = 1$$

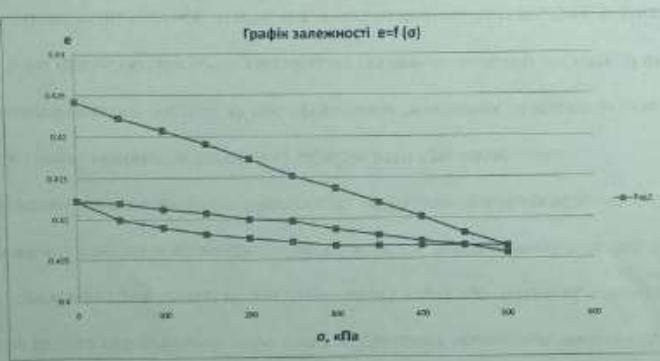
$$\gamma = \frac{\sigma}{e} = \frac{1.862}{0.063} = 29.54$$

$$\gamma_e = \frac{\sigma \cdot g}{e \cdot H} = \frac{1.862 \cdot 9.8}{0.063 \cdot 100} = 29.8$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{1.862}{0.000361} = 5156$$

Протяг (мм)	Тиск, кПа	Час шарику	Поводження шарика	Осадка шарика, мм	Висота шарика, мм	Протяг коеф. порист.	Коефіцієнт пористості
σ	P	t	σ	Δ	h	$\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g}$	$\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0}$
0	0	0	0	0	0	0,0	0,420711941
50	0,04	0,14	0,001	0,002	0,002	0,002	0,42211507
100	0,07	0,17	0,003	0,005	0,005	0,005	0,426711677
150	0,107	0,197	0,005	0,008	0,008	0,008	0,431115977
200	0,139	0,205	0,008	0,010	0,010	0,010	0,437216077
250	0,166	0,19	0,009	0,009	0,009	0,009	0,441115577
300	0,21	0,23	0,010	0,010	0,010	0,010	0,443716947
350	0,265	0,245	0,012	0,012	0,012	0,012	0,441161007
400	0,29	0,28	0,014	0,014	0,014	0,014	0,440215977
450	0,31	0,32	0,016	0,016	0,016	0,016	0,448111887
500	0,331	0,337	0,018	0,018	0,018	0,018	0,446611887
550	0,351	0,351	0,019	0,019	0,019	0,019	0,446611887
600	0,371	0,371	0,020	0,020	0,020	0,020	0,446611887
650	0,391	0,391	0,021	0,021	0,021	0,021	0,446611887
700	0,411	0,411	0,022	0,022	0,022	0,022	0,446611887
750	0,431	0,431	0,023	0,023	0,023	0,023	0,446611887
800	0,451	0,451	0,024	0,024	0,024	0,024	0,446611887
850	0,471	0,471	0,025	0,025	0,025	0,025	0,446611887
900	0,491	0,491	0,026	0,026	0,026	0,026	0,446611887
950	0,511	0,511	0,027	0,027	0,027	0,027	0,446611887
1000	0,531	0,531	0,028	0,028	0,028	0,028	0,446611887

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{1}{3} \pi r^2 h}$
 $\rho = 1,473 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
 $m_0 = \rho \cdot V_0 = 1,473 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3} \pi r^2 h_0 = 0,420711941$
 $m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{1}{3} \pi r^2 h = 0,42211507$
 $\mu = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho \cdot \frac{1}{3} \pi r^2 h}{\rho \cdot \frac{1}{3} \pi r^2 h_0} = \frac{h}{h_0} = \frac{\Delta}{h_0}$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = 0,420711941$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,04}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,002$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,002}{0,002} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,07}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,005$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,005}{0,005} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,107}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,008$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,008}{0,008} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,139}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,010$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,010}{0,010} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,166}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,009$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,009}{0,009} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,21}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,010$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,010}{0,010} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,265}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,012$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,012}{0,012} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,29}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,014$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,014}{0,014} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,31}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,016$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,016}{0,016} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,331}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,018$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,018}{0,018} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,351}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,019$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,019}{0,019} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,371}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,020$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,020}{0,020} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,391}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,021$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,021}{0,021} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,411}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,022$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,022}{0,022} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,431}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,023$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,023}{0,023} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,451}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,024$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,024}{0,024} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,471}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,025$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,025}{0,025} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,491}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,026$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,026}{0,026} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,511}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,027$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,027}{0,027} = 1$
 $\mu = \frac{\sigma}{\rho \cdot g} = \frac{0,531}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = 0,028$
 $\mu_0 = \frac{\Delta}{h_0} = \frac{0,028}{0,028} = 1$



1. Матриця деформації по першому рівню навантаження
 $m = \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_1 - \sigma_0} = 0,005$
 $m = \frac{\mu - \mu_0}{\mu - \mu_0} = 0,00475$
 $\mu_0 = \frac{\Delta_0}{h_0} = \frac{0,002}{0,002} = 1$
 $\mu = \frac{\Delta}{h} = \frac{0,005}{0,005} = 1$
 $E = E_0 \cdot m_0 = 0,420711941$
2. Матриця деформації по второму рівню навантаження
 $m = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = 0,010$
 $m = \frac{\mu - \mu_0}{\mu - \mu_0} = 0,00825$
 $\mu_0 = \frac{\Delta_0}{h_0} = \frac{0,005}{0,005} = 1$
 $\mu = \frac{\Delta}{h} = \frac{0,010}{0,010} = 1$
 $E = E_0 \cdot m_0 = 0,42211507$

ДОДАТОК Г
Відомість аркушів графічної частини

Аркуш	Найменування	Примітка
1	Мета і задачі дослідження « Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах »	Плакат 1
2	Взяття зразків ґрунту	Плакат 2
3	Визначення фізичних характеристик ґрунтів	Плакат 3
4	Проведення компресійних випробувань	Плакат 4
5-7	Результати лабораторних досліджень	Плакат 5-7
8	Співвідношення модуля пружності і модуля деформації для глинистих піщаних ґрунтів	Плакат 8
9	Розрахункові моделі Ліра САПР	Плакат 9
10-12	Порівняльні кольорові діаграми реактивного опору осідань та згинальних моментів M_x фундаментної плити для ґрунту з модулем деформації $E = 20$ МПа.	Плакат 10-12
13	Зміна кількості арматури у фундаментній плиті стосовно базового варіанту при $k = E_{e,i}/E_i = 5$	Плакат 13
14	План підземної автостоянки Розрізи	Плакат 14
15	Генеральний план Вузли Розрізи	Плакат 15
16	Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Опалубочне креслення. Схема верхнього армування. $K=5$	Плакат 16
17	Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Схема нижнього армування. Специфікація. Відомість витрат сталі. $K = 5$	Плакат 17
18	Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Опалубочне креслення. Схема верхнього армування. $K = 10$	Плакат 18
19	Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Схема нижнього армування. Специфікація. Відомість витрат сталі. $K = 10$	Плакат 19
20	Висновки	Плакат 20

Магістерська кваліфікаційна робота Граніч Ю.М. на тему:

«Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах»

Мета дослідження. Метою роботи є провести дослід по визначенню співвідношення модуля деформації і модулі пружності по вітці розвантаження та повторного навантаження для різних типів ґрунтів. Дослідити вплив співвідношення модуля деформації і модулі пружності при визначенні осідань.

Задачі дослідження:

- виконати аналіз існуючих досліджень про співвідношення модуля деформації і модулі пружності;
- спланувати та провести чисельні компресійні випробування для різних видів ґрунтів з побудовою гілок навантаження і розвантаження;
- провести моделювання роботи фундаментів з різним співвідношенням модуля пружності і модуля деформації основи, а також впливу цього співвідношення на роботу системи споруда-фундамент-основа в програмному комплексі Ліра-САПР;
- порівняти отримані математичні та фізичні результати досліджень;
- визначити вплив співвідношення модуля деформації і модулі пружності на визначення осідань.

Взяття зразків ґрунту

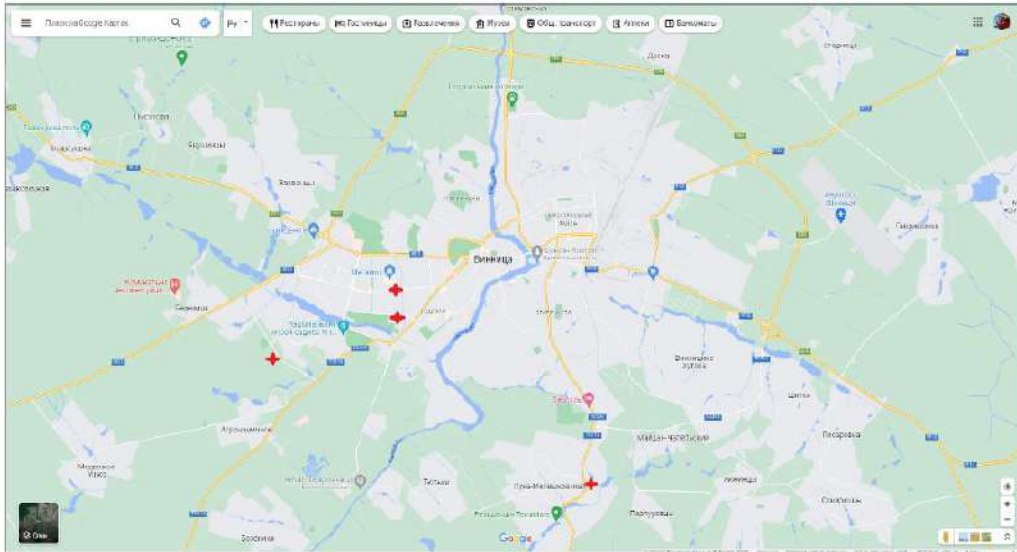


Рисунок 2.1 – карта знаходження котлованів



Рисунок 2.2 – Взяття зразків ґрунту з котловану

Визначення фізичних характеристик ґрунтів



Визначення вологості
ґрунтів



Ваговий контроль щільності
ґрунтів

Проведення компресійних випробувань



Результати лабораторних досліджень

Таблиця 1 – Співвідношення E_c/E для суглинків

e	0,75	0,907	0,586	0,753
E_c/E	2,3	6,6	1,86	6,32

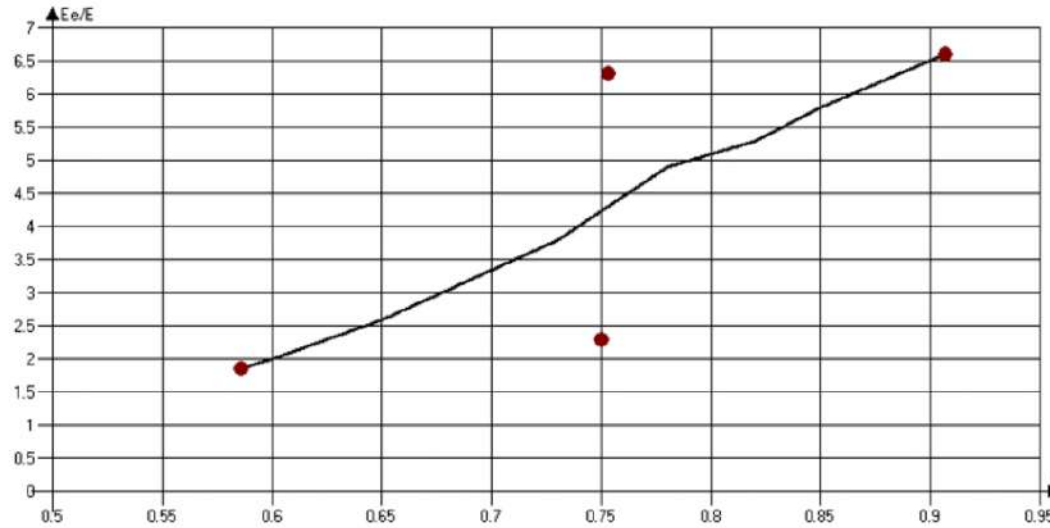


Рисунок 4 – Співвідношення для суглинків

Таблиця 6 – Співвідношення E_c/E супісків

e	0,907	0,847
E_c/E	6,5	3,8

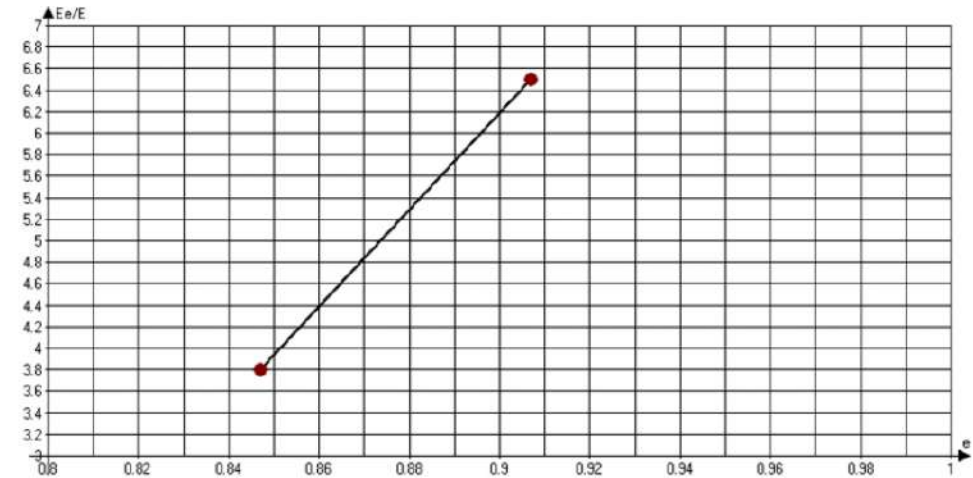


Рисунок 8 – Співвідношення для супісків

Результати лабораторних досліджень

Таблиця 4 – Співвідношення E_e/E для глин

e	0,424	0,527	0,572	0,657	0,767	0,835	0,81
E_e/E	2,74	4,39	4,85	11,4	4,955	4,35	3,68

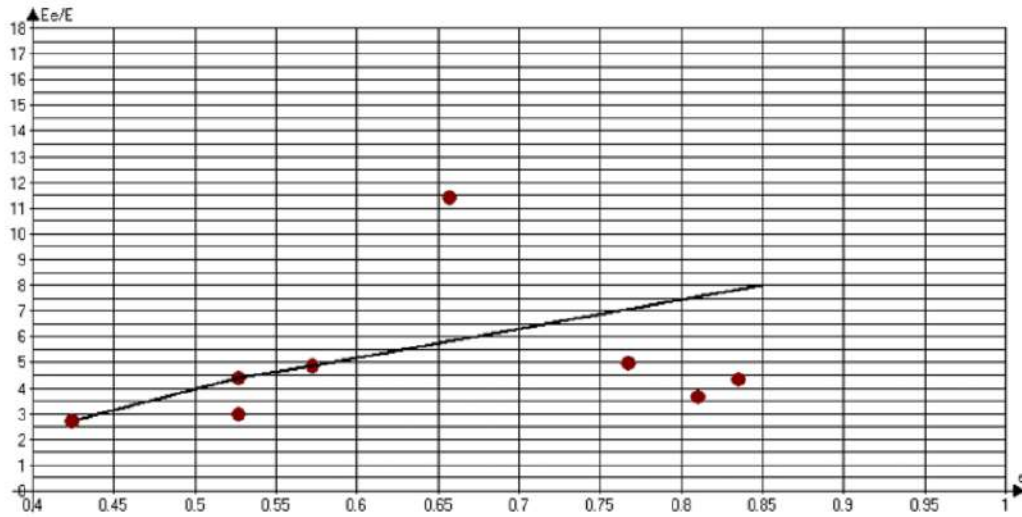


Рисунок 5 – Співвідношення для глин

Таблиця 5 – Співвідношення E_e/E для водонасичених глин

e	0,522	0,57	0,61	0,719	0,811	1,05
E_e/E	6,6	13,6	12,9	5,56	16,6	76,8

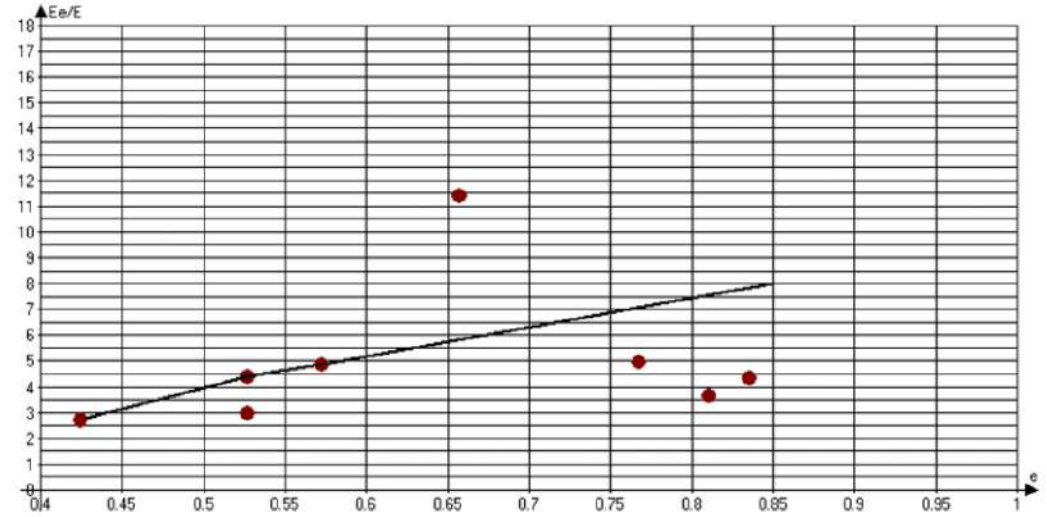


Рисунок 7 – Співвідношення водонасичених для глин

Результати лабораторних досліджень

Таблиця 2 – Співвідношення E_p/E для пісків середньої крупності

e	0,68	0,425
E_p/E	5,6	4,05

Таблиця 3 – Співвідношення E_p/E для мілких пісків

e	0,765	0,4
E_p/E	4,0	2,39

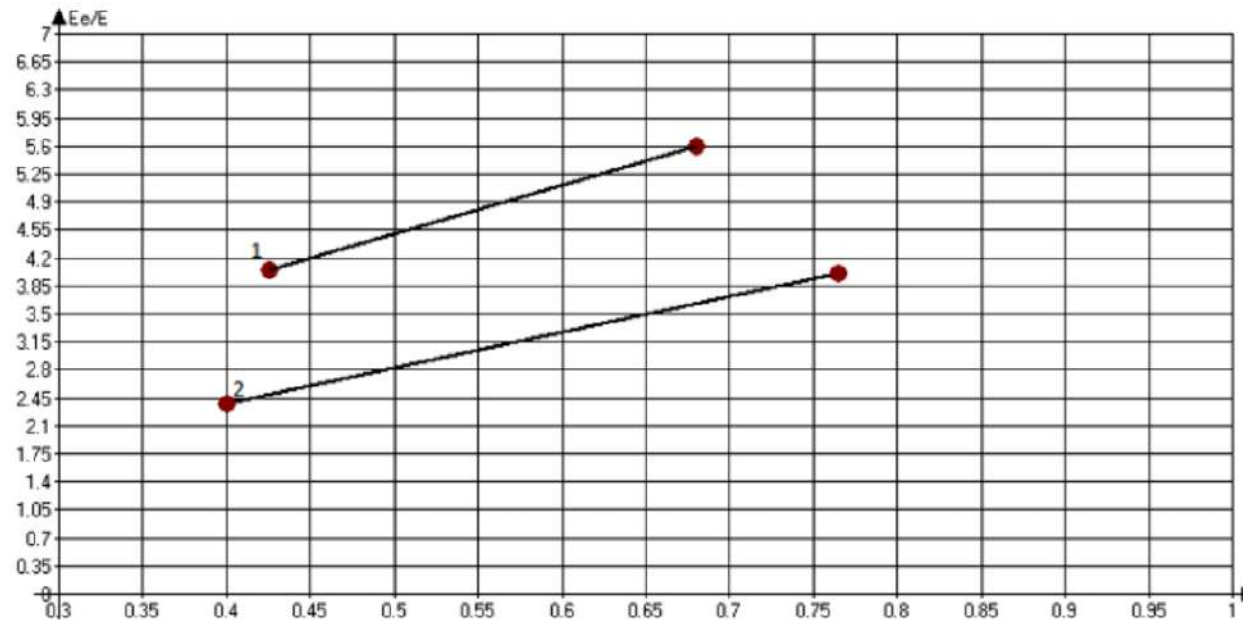


Рисунок 5 – Співвідношення для пісків; 1 - середньої крупності
2 - для мілких пісків

Співвідношення модуля пружності і модуля деформації для глинистих піщаних ґрунтів

Таблиця 7

Глинясті ґрунти	Значення показника текучості	Значення коефіцієнта $k = \frac{E_e}{E}$ при коефіцієнті пористості		
		$e \leq 0,5$	$0,5 < e \leq 0,8$	$0,8 < e \leq 1,1$
Супіски	$0 \leq I_L \leq 1$		4,0	6,5
Суглинки	$I_L \leq 0$		2,5-6,0	6,6
Глини	$\frac{0,25 \leq I_L}{\leq 0,75}$	2,7	3,0-5,0	4,0-5,0
	$0,75 < I_L \leq 1$		5,0-13,0	16,0-70

Таблиця 8

Піщані ґрунти	Значення коефіцієнта $k = \frac{E_e}{E}$ при коефіцієнті пористості	
	$e = 0,4-0,45$	$e = 0,7-0,8$
Піски середньої крупності	4	5,5
Піски мілкі	2	4

Розрахункові моделі Ліра САПР

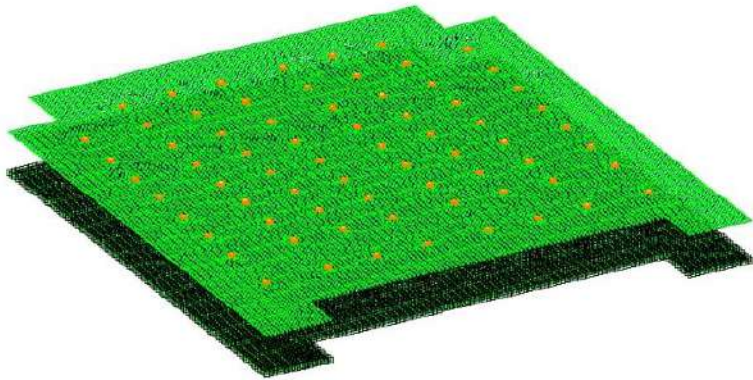


Рисунок 3.3 – Розрахункова модель споруди паркінгу, одержана в програмі Ліра САПР.

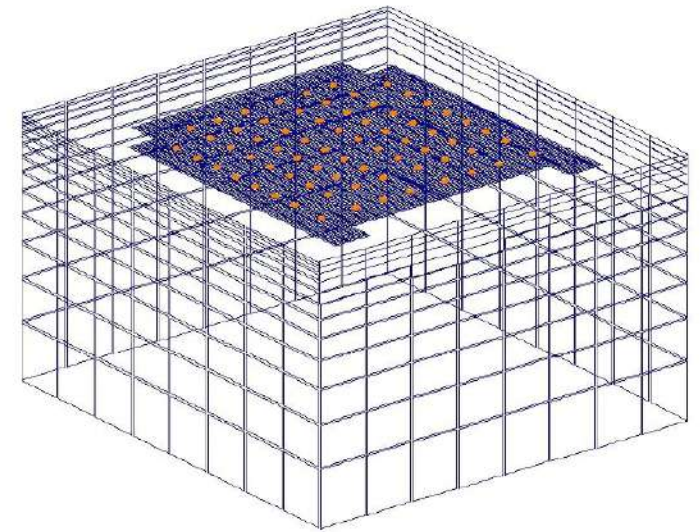
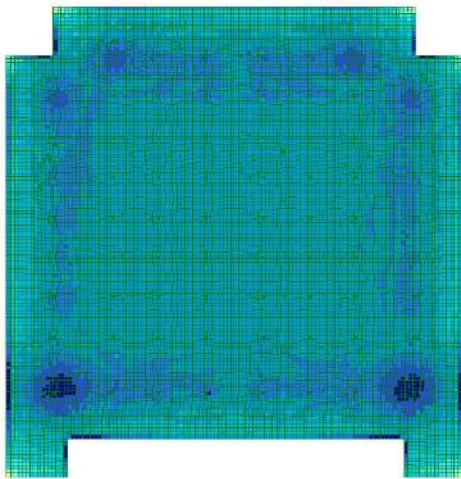


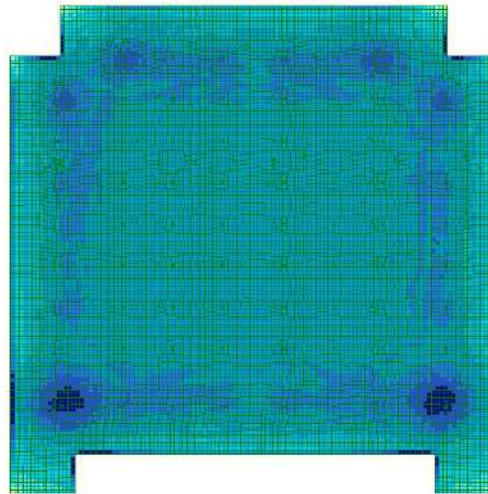
Рисунок 3.4 – Модель ґрунтового масиву

Порівняльні кольорові діаграми реактивного опору осідань та згинальних моментів M_x фундаментної плити для ґрунту з модулем деформації $E = 20$ МПа.

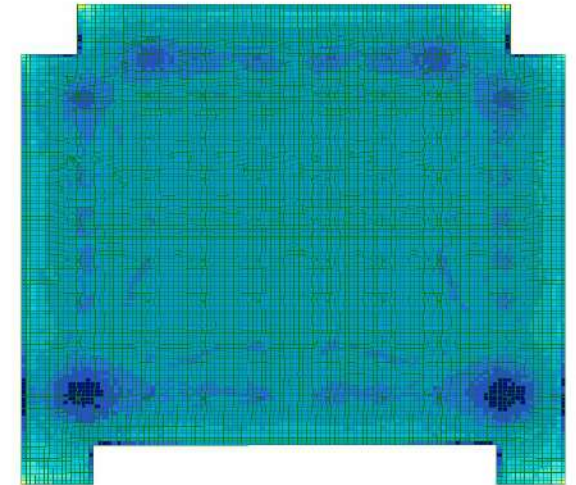
а)



б)



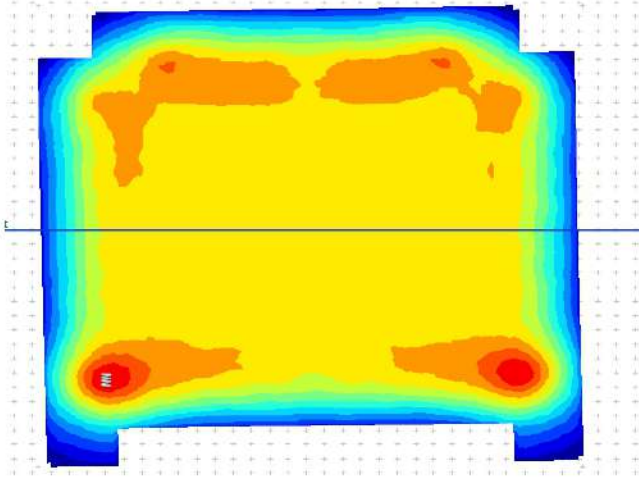
в)



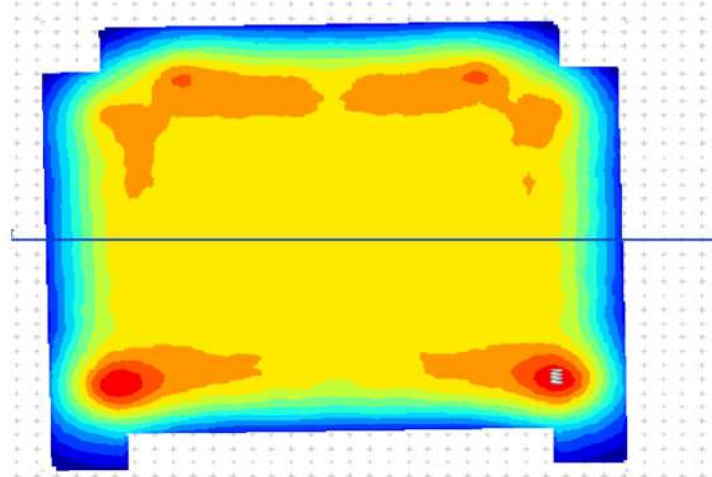
Кольорові діаграми тиску під подошвою фундаменту R_z для $E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

Порівняльні кольорові діаграми реактивного опору основи, осідань та згинальних моментів M_x фундаментної плити для ґрунту з модулем деформації $E = 20$ МПа.

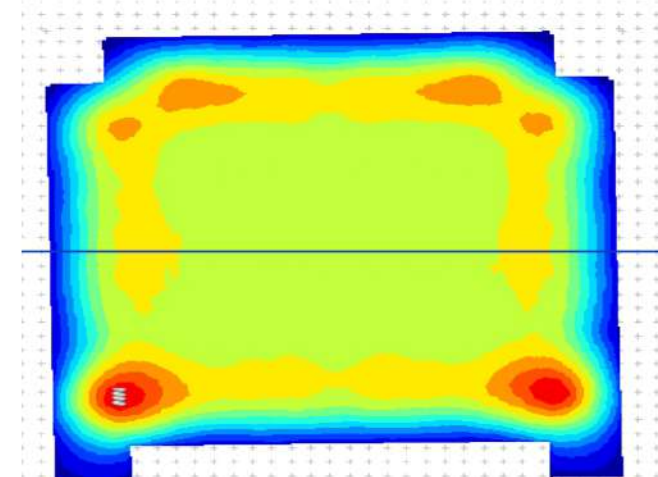
а)



б)



в)



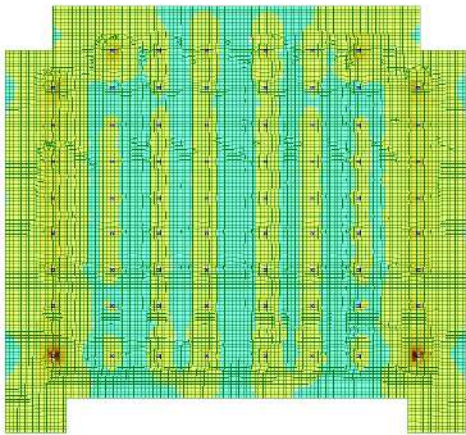
Кольорові діаграми осідань фундаментної плити

для

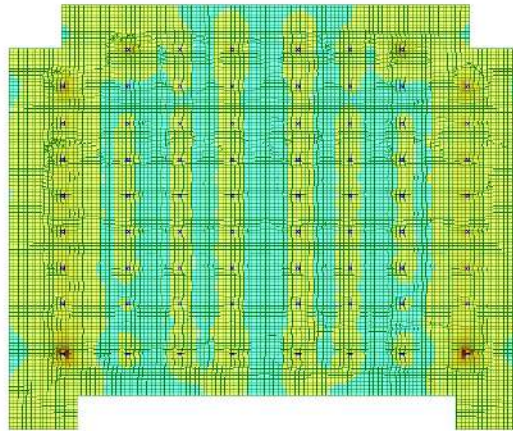
$E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

Порівняльні кольорові діаграми реактивного опору осідань та згинальних моментів M_x фундаментної плити для ґрунту з модулем деформації $E = 20$ МПа.

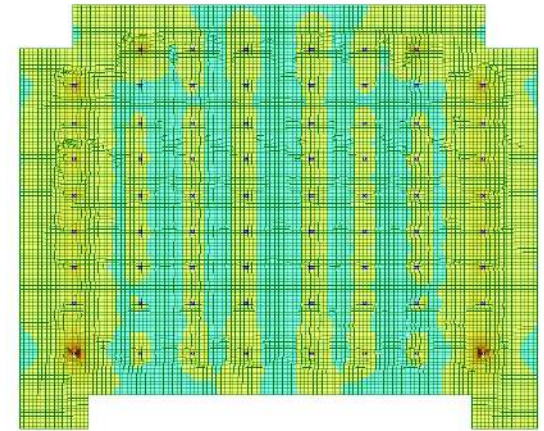
а)



б)

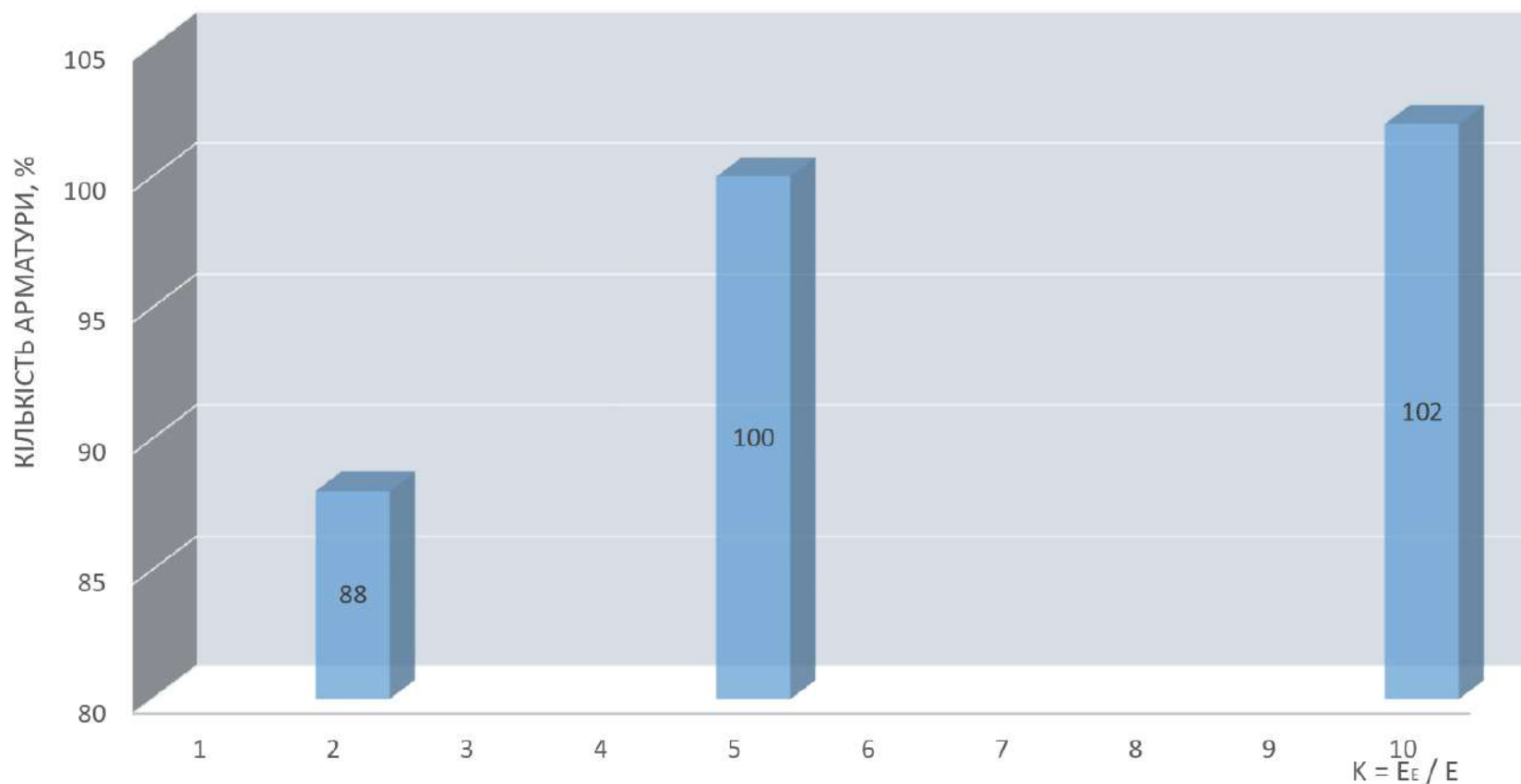


в)

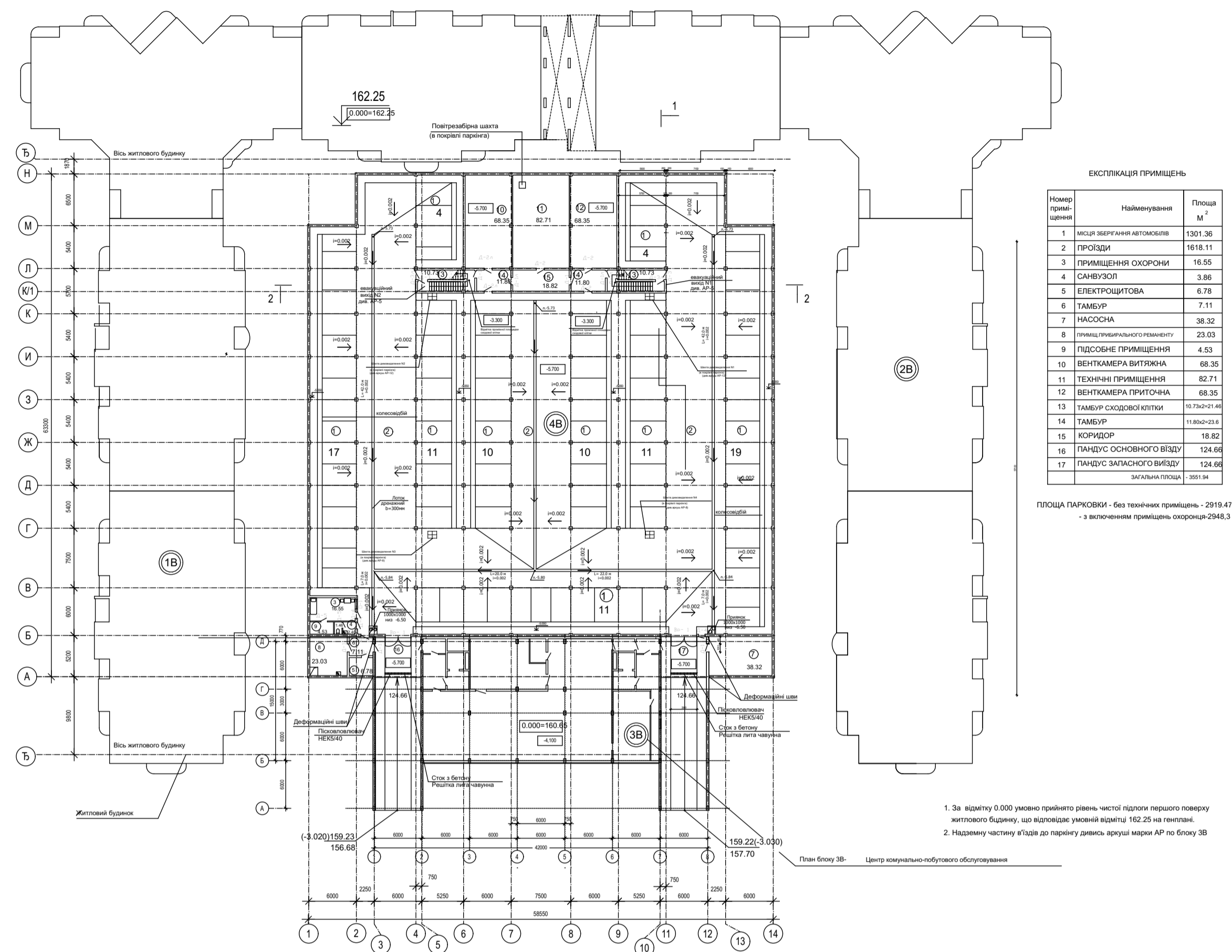


Кольорові діаграми згинальних моментів M_x фундаментної плити для $E = 20$ МПа: а) $k = 2$; б) $k = 5$; в) $k = 10$

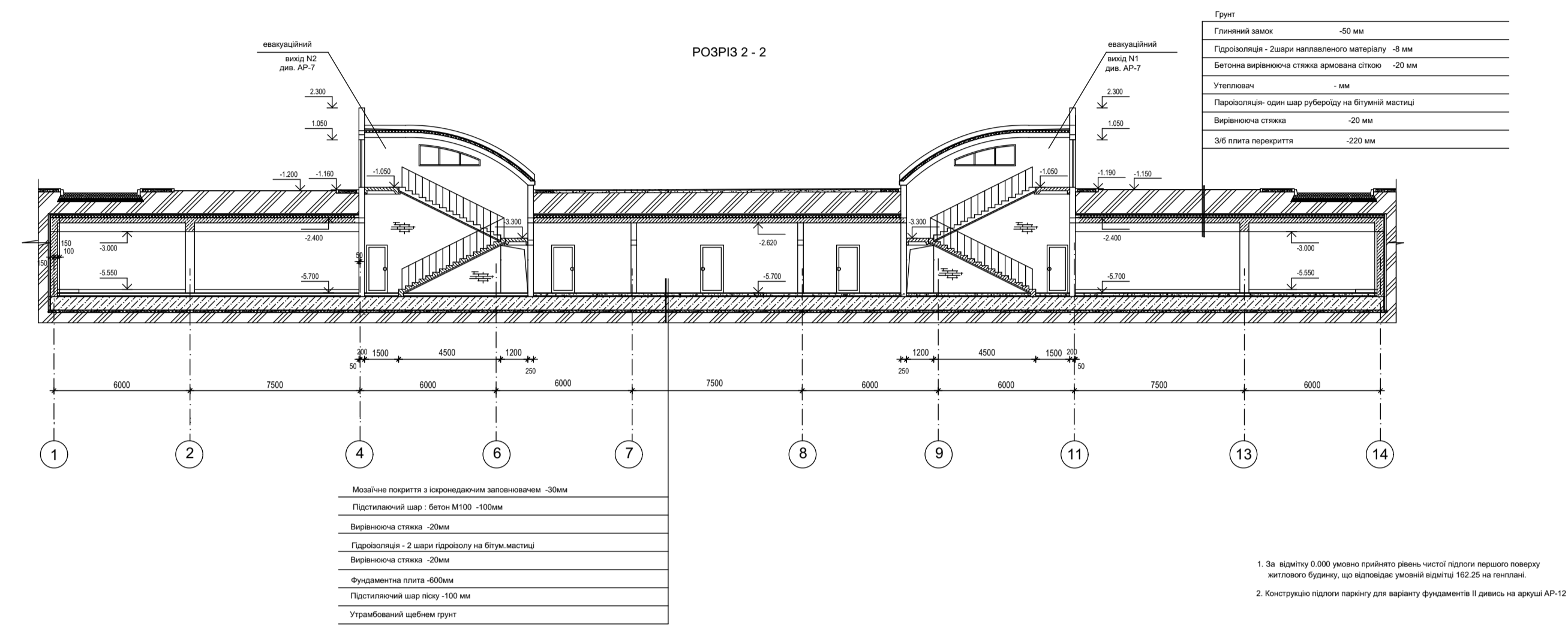
Зміна кількості арматури у фундаментній плиті стосовно базового варіанту при $k = E_{e,i}/E_i = 5$



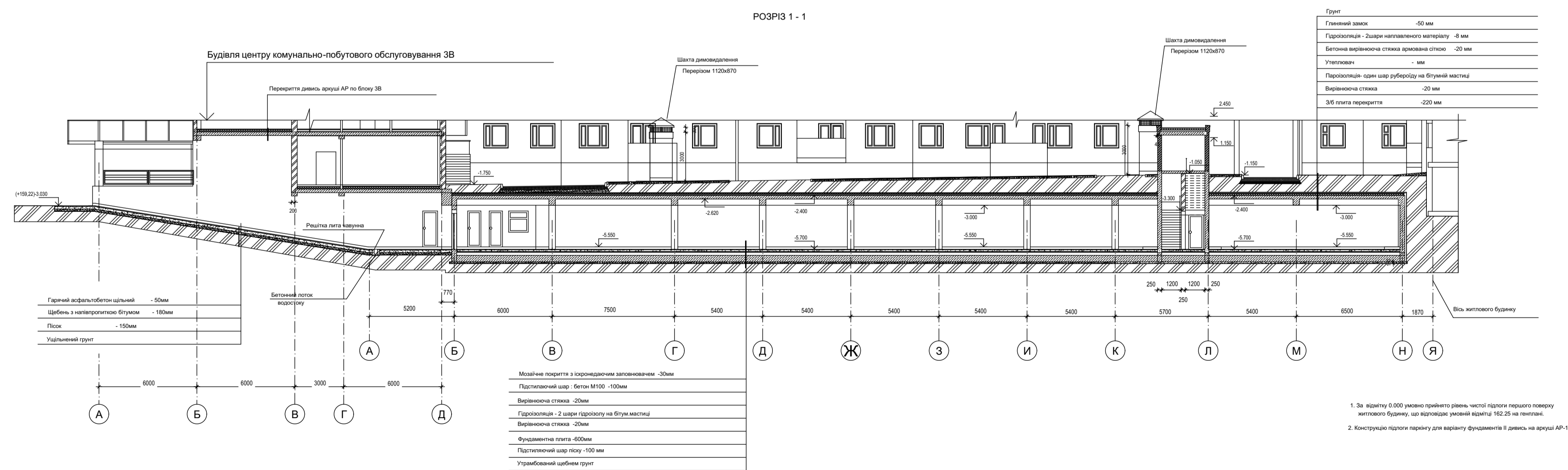
План підземної автостоянки



Розріз 2-2



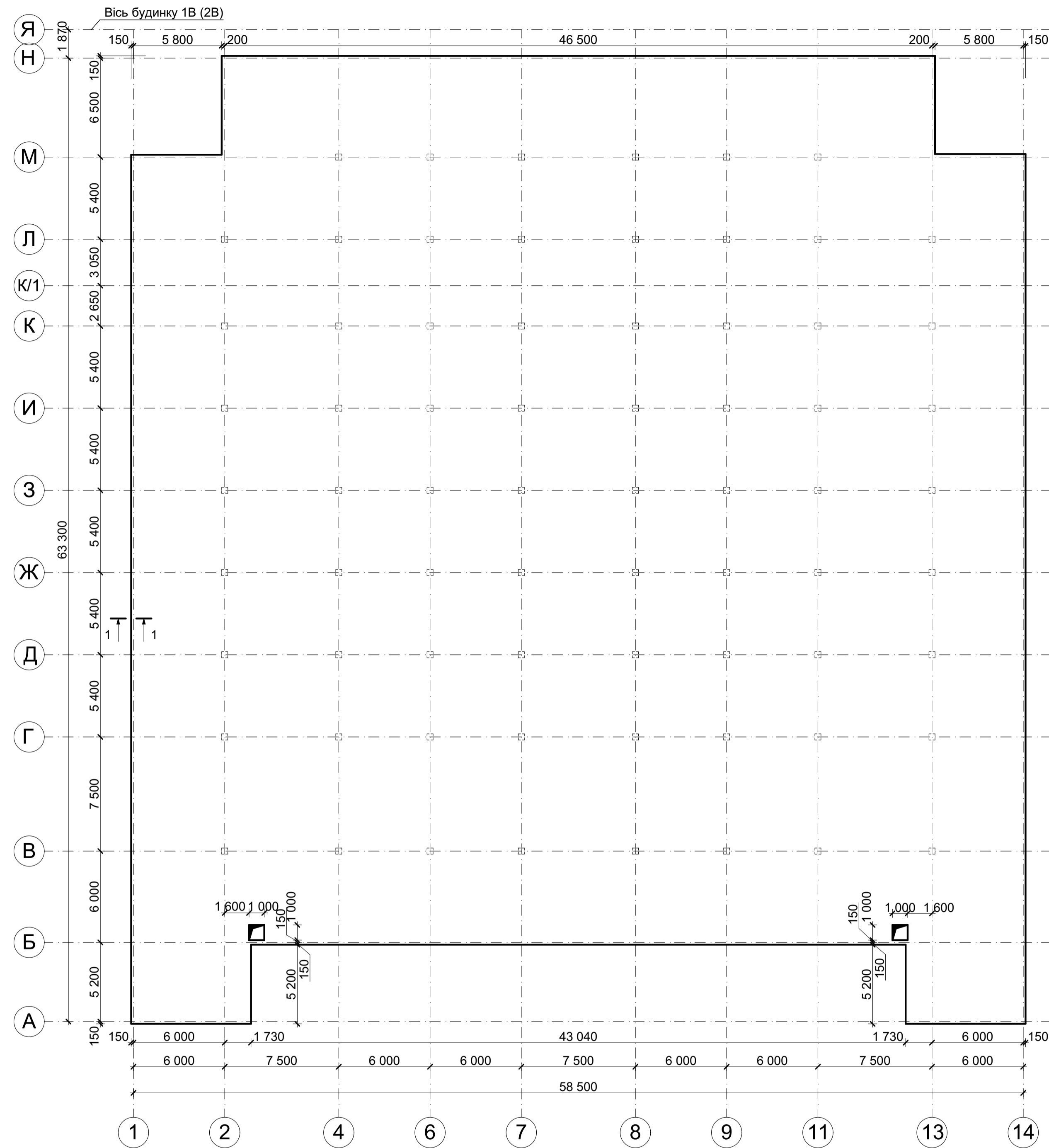
Розріз 1-1



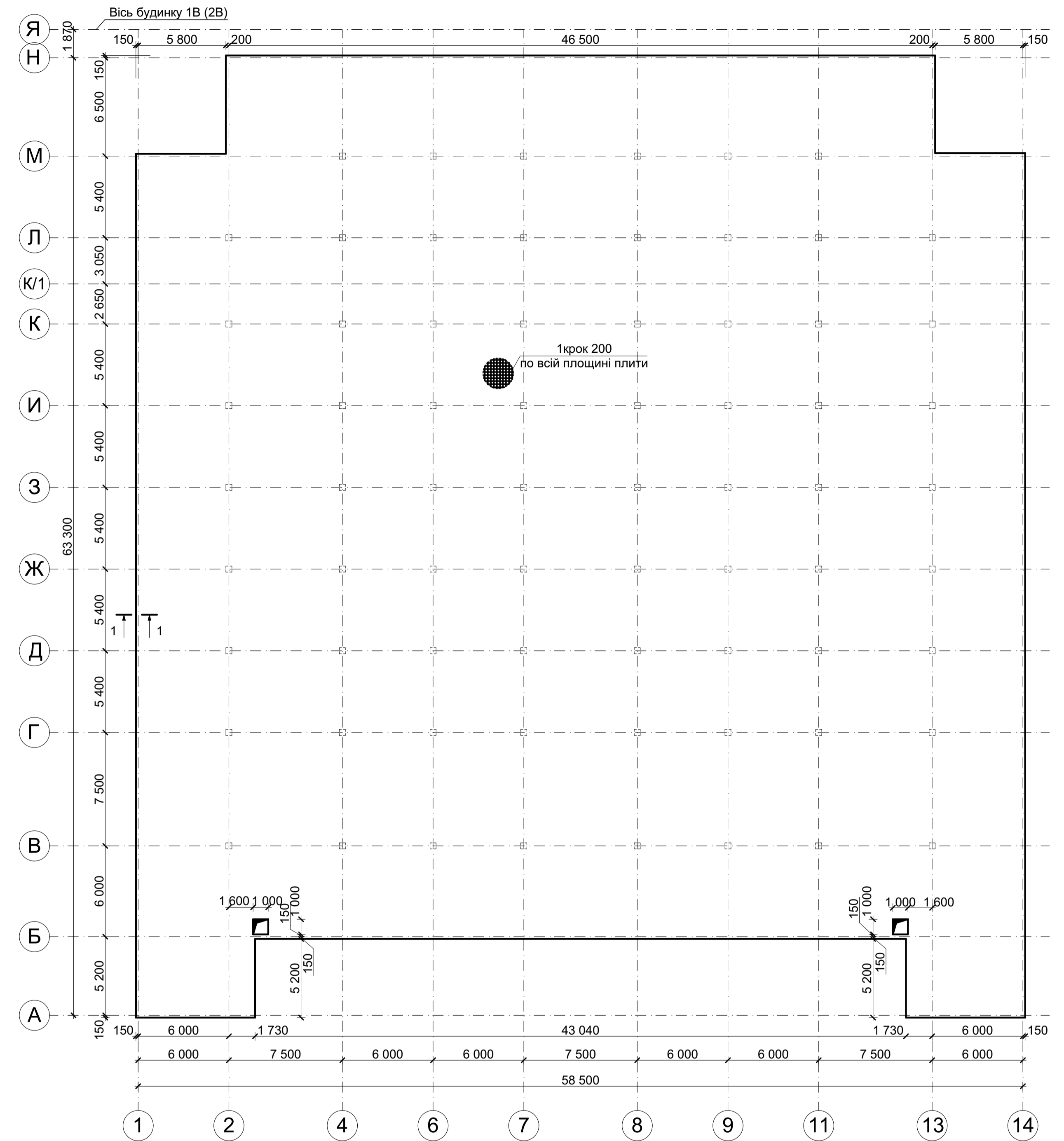
08-08.МКР.008 - АБ					
Підземна автостоянка на 97 машиномісць					
Зм.	Кільк.	Лист	Числ.	Поп.	Дата
Розробив	Граніч Ю.М.				
Перевірив	Мавська І.В.				
Керівник	Мавська І.В.				
Нормконтр.	Мавська І.В.				
ОпONENT					
Затверд.	Швець В.В.				

Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунту на пелерпроділ зусиль у фундаментах		
Стадія	Аркуш	Листов
П		
План підземної автостоянки Розрізи		
ВНТУ, гр. Б-21м		

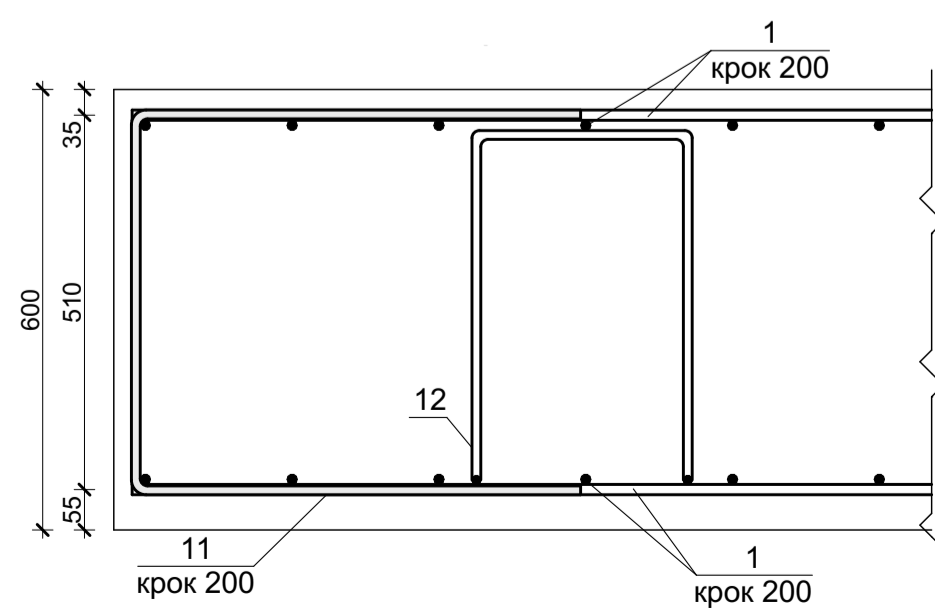
Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Опалубочне креслення.



Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Схема розміщення верхньої арматури вздовж цифрових та буквених осей



Розріз 1-1



Відомість деталей

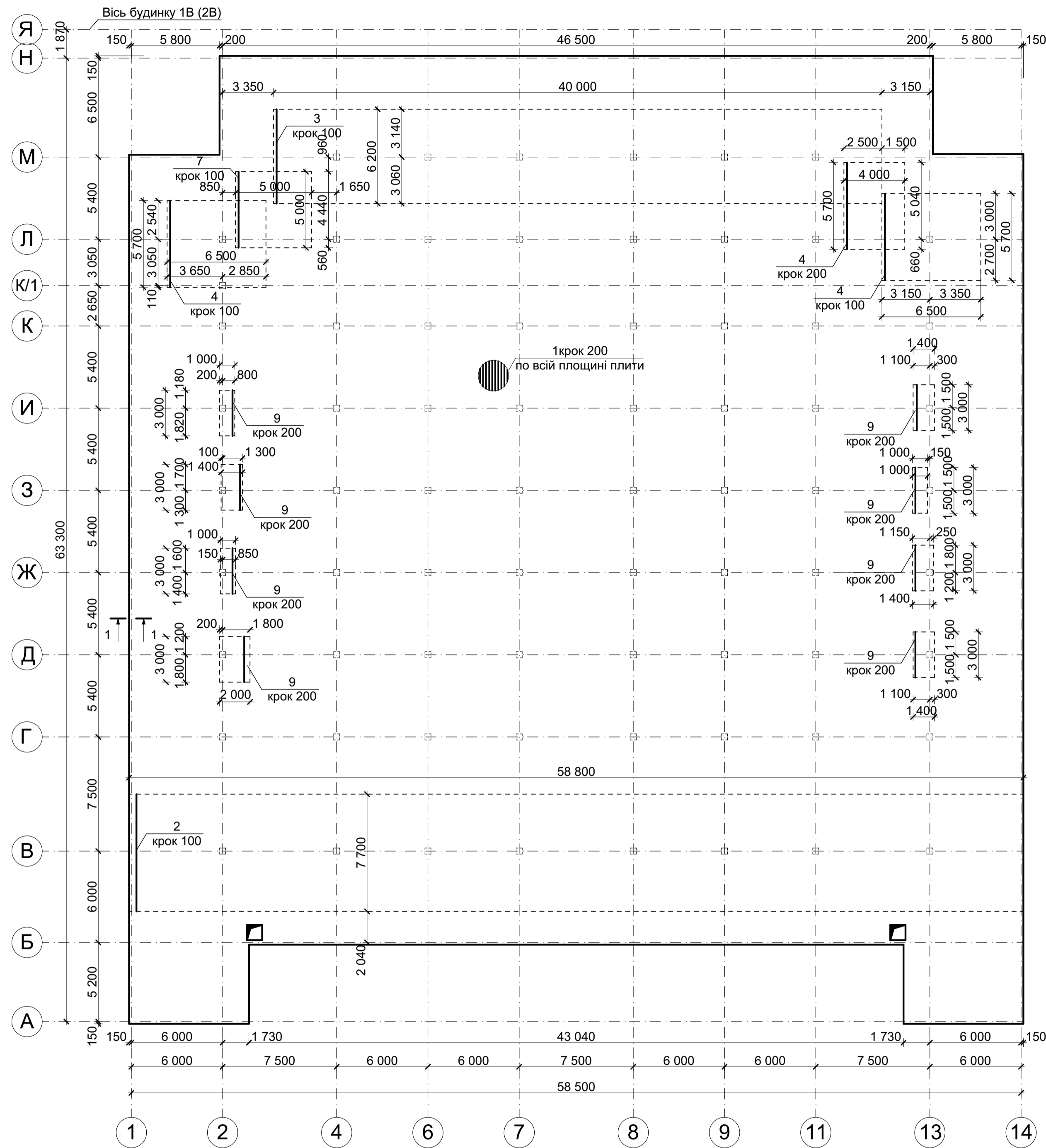
Поз.	Ескіз
11	
12	

Примітки:

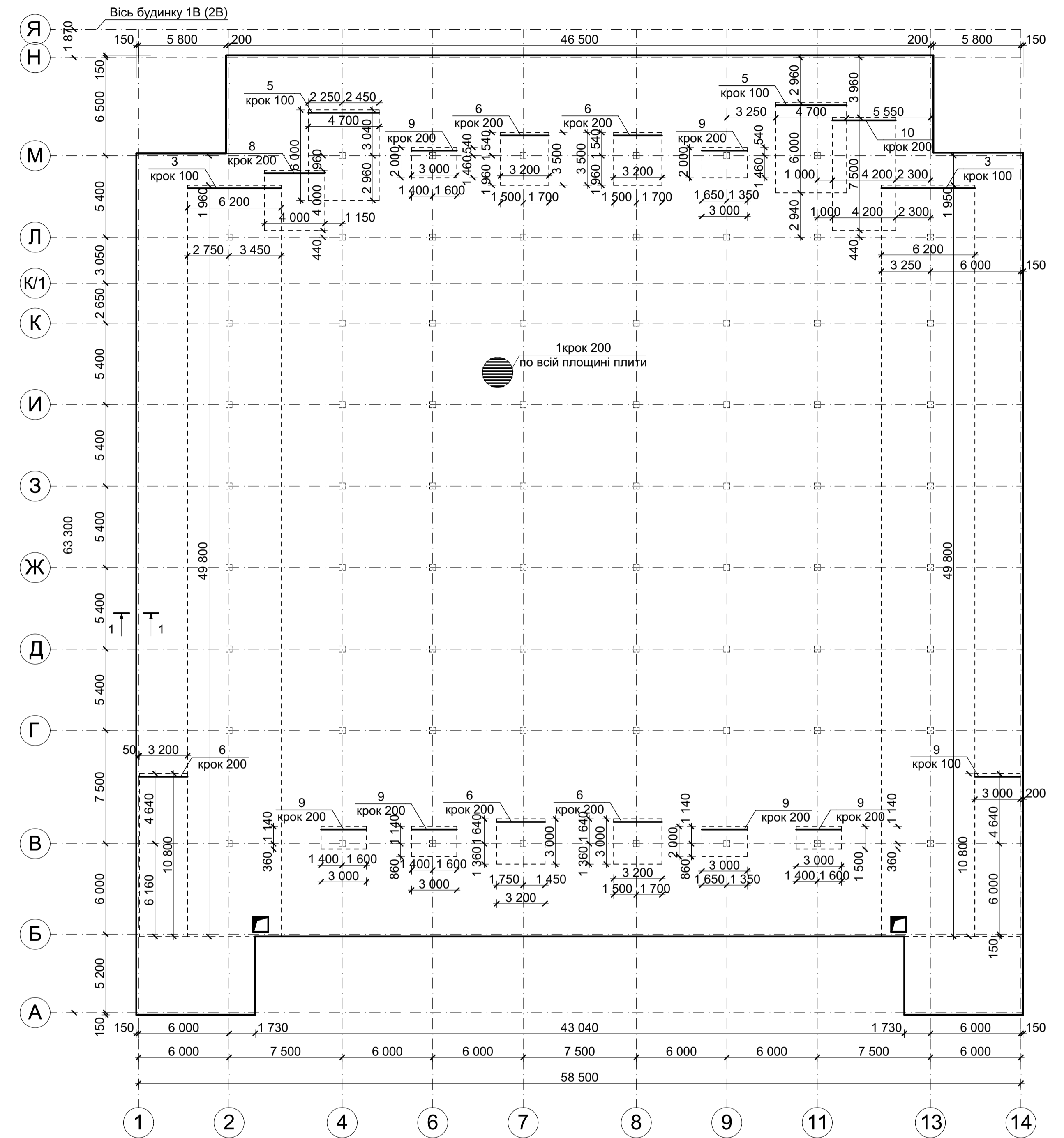
- Защитний шар бетону для нижньої арматури - 35 мм, для верхньої арматури - 55 мм.
- Стержні основного армування встановлювати безперервно, стики арматури виконувати внахлст і в розбіжку. Довжина нахлсту для стержнів діаметром 14 мм не менше 700 мм.
- В специфікації для поз. 1 враховано витрати 3,5% на стикування стержнів основного армування.
- Поз. 11 встановлювати з кроком 200 мм по периметру плити перекриття.
- Поз. 12 встановлювати з кроком 800x800 мм в шаховому порядку.

08-08.МКР.008 - АБ				
Підземна автостоянка на 97 машиноміст				
Зм.	Кільк.	Лист	№Док.	Підпис
Розробив	Грані Ю.М.			
Перевіряв	Масюся І.В.			
Керівник	Масюся І.В.			
Нормоконтр.	Масюся І.В.			
Опонець				
Запверд.	Шевць В.В.			
Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунту на перерозподіл зусиль у фундаменті				Стадія
Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Опалубочне креслення. Схема верхнього армування. К = 5				Аркуш
				Аркушів
				п
				ВНТУ, гр. Б-21м

Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Схема розміщення нижньої арматури вздовж цифрових осей



Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Схема розміщення нижньої арматури вздовж буквених осей



Специфікація на фундаментну плиту ФМ-1 на відм. -6,500

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл-ть	Маса од., кг	Примітки
Збірні одиниці					
Деталі					
1	ДСТУ 3760:2019	Ø14 A500C L=71 184 м.п.		1,21	86132,64
2	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=7700	589	18,99	11185,11
3	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=6200	1401	15,29	21421,3
4	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=5700	153	14,06	2151,2
5	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=4700	122	11,59	1414
6	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=3200	124	7,89	978,36
7	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A500C L=5000	51	7,89	402,39
8	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A500C L=4000	21	6,31	132,51
9	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A500C L=3000	234	4,73	1106,82
10	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A500C L=4200	38	3,73	141,74
Технологічна арматура					
11	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A240C L=1 700	1276	1,51	1926,76
12	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A240C L=1 920	5373	1,71	9187,83
Матеріали					
		Бетон C20/25 (B25)			2063,3 м³

Відомість витрат сталі, кг

Марки елементів	Вироби арматурні						Всього	Загальні витрати
	Арматура класу			Технологічна арматура класу				
	A500C			A240C				
	ДСТУ 3760:2019			ДСТУ 3760:2019				
	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Всього	Ø12	Всього	
Фундаментна плита ФМ-1	141,74	86132,64	1641,72	37150	125066,10	11114,6	11114,6	
							136180,7	
							136180,7	

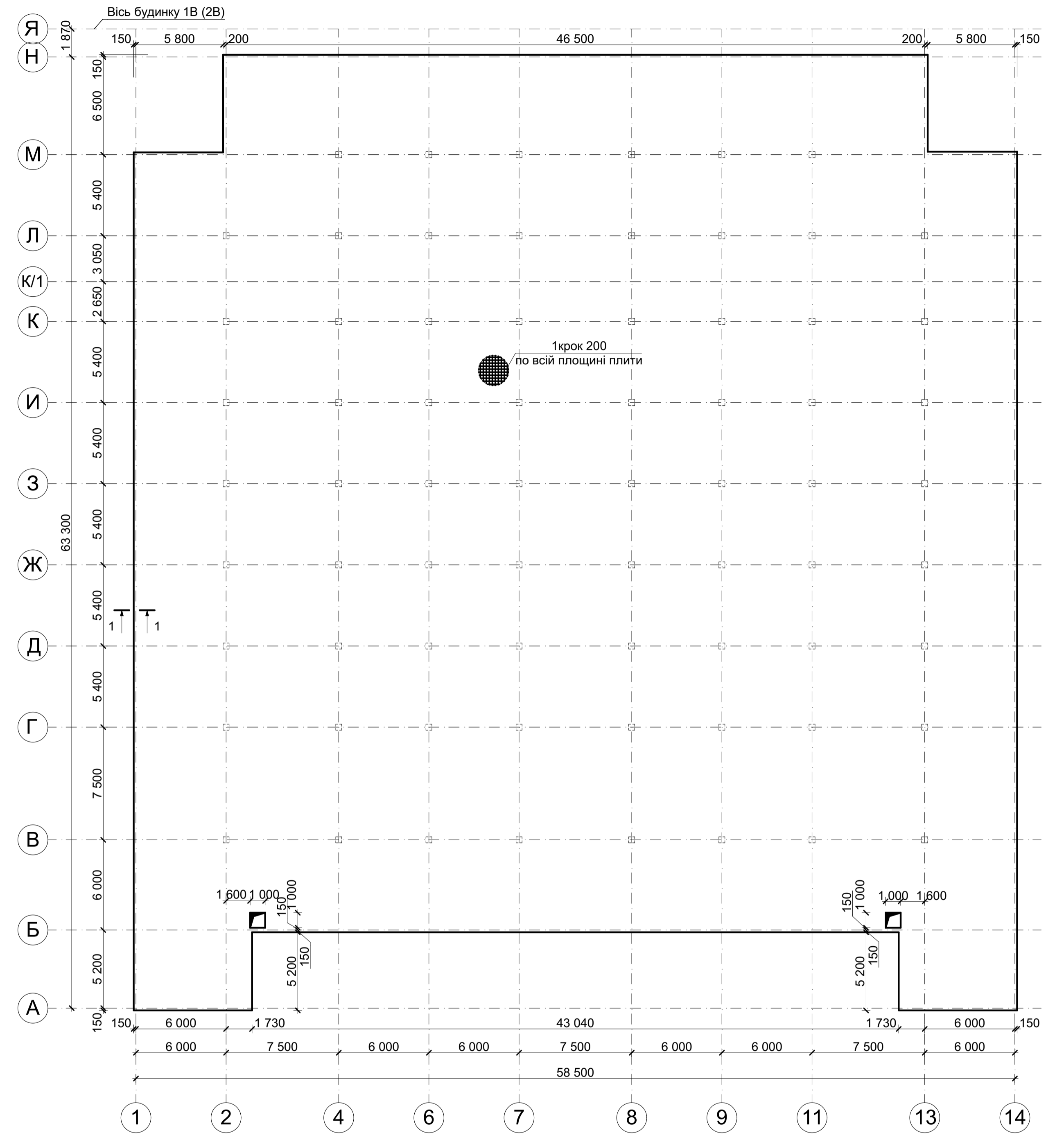
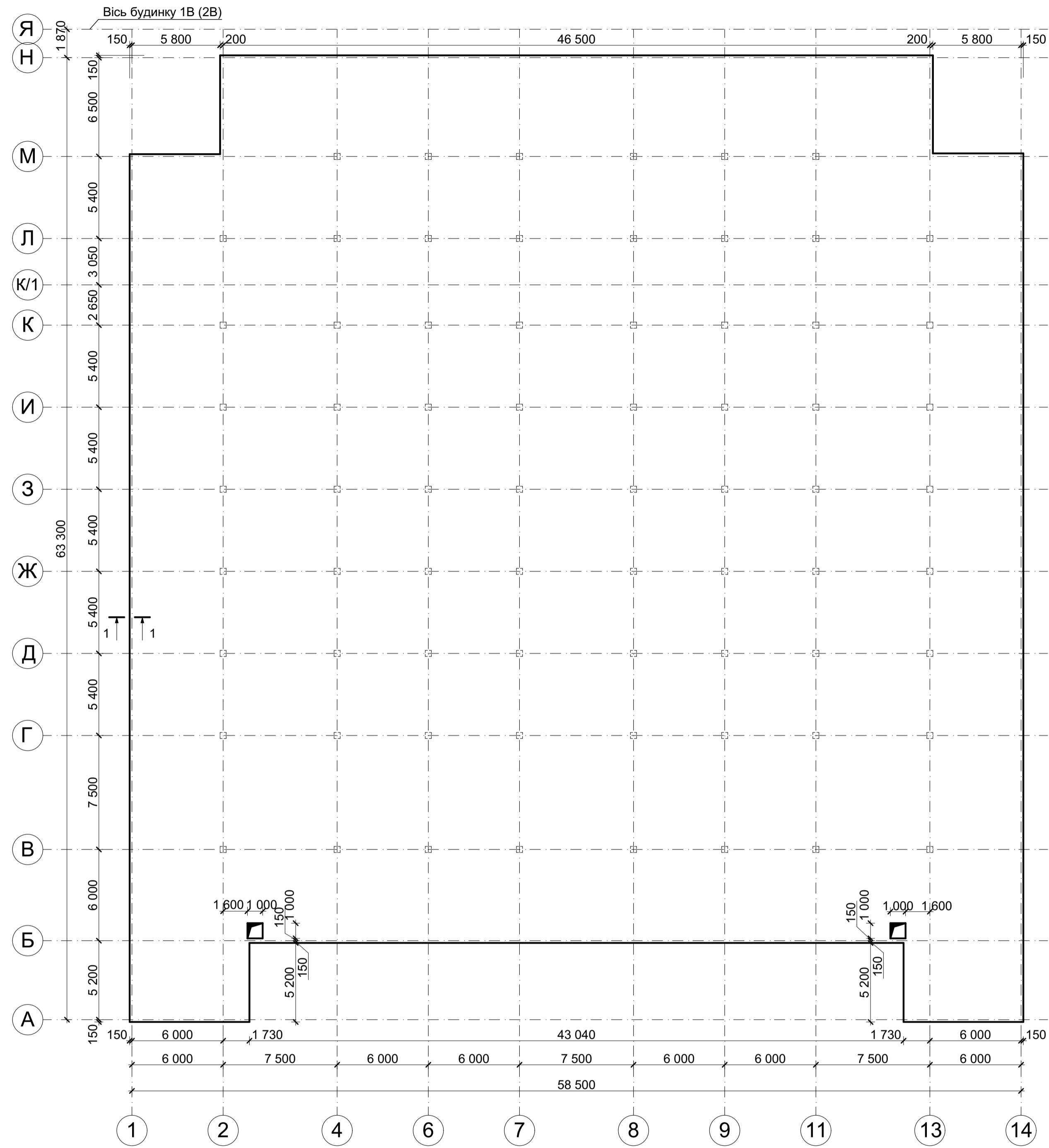
Примітки:

- Захисний шар бетону для нижньої арматури - 35 мм, для верхньої арматури - 55 мм.
- Стержні основного армування встановлювати безперервно, стики арматури виконувати внахлст і в розбіжку. Довжина нахлсту для стержнів діаметром 14 мм не менше 700 мм.
- В специфікації для поз. 1 враховано витрати 3,5% на стикування стержнів основного армування.
- Поз. 11 встановлювати з кроком 200 мм по периметру плити перекриття.
- Поз. 12 встановлювати з кроком 800x800 мм в шаховому порядку.

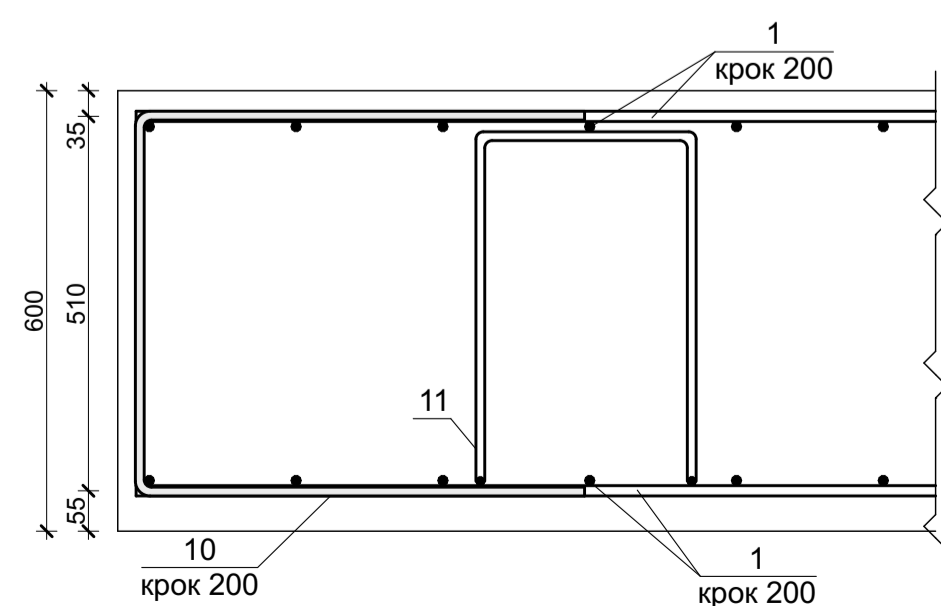
08-08.МКР.008 - АБ							
Підземна автостоянка на 97 машиномісць							
Зм.	Кілк.	Лист	№Док.	Підпис	Дата		
Розробив	Григор'юк М.						
Перевіряв	Масюк І.В.						
Керівник	Масюк І.В.						
Нормоконтр.	Масюк І.В.						
Опонець							
Затверд.	Шевць В.В.						
Влия співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунту на перерозподіл зусиль у фундаменті					Стаття	Аркуш	Аркушів
Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Схема нижнього армування. Специфікація. Відомість витрат сталі. К = 5					п		
					ВНТУ, гр. Б-21м		

Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Опалубочне креслення.

Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Схема розміщення верхньої арматури вздовж цифрових та буквених осей



Розріз 1-1



Відомість деталей

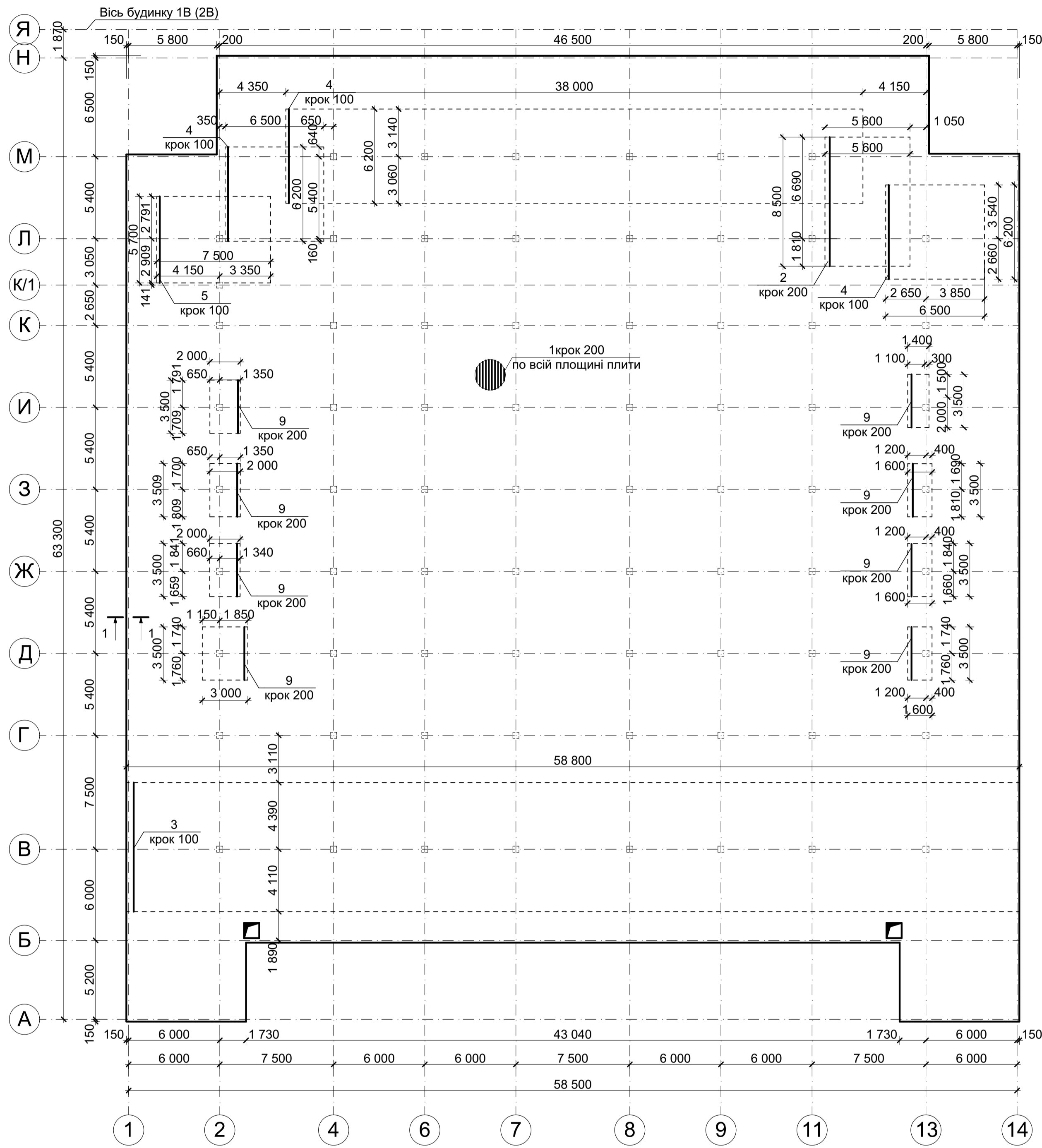
Поз.	Ескіз
10	
11	

Примітки:

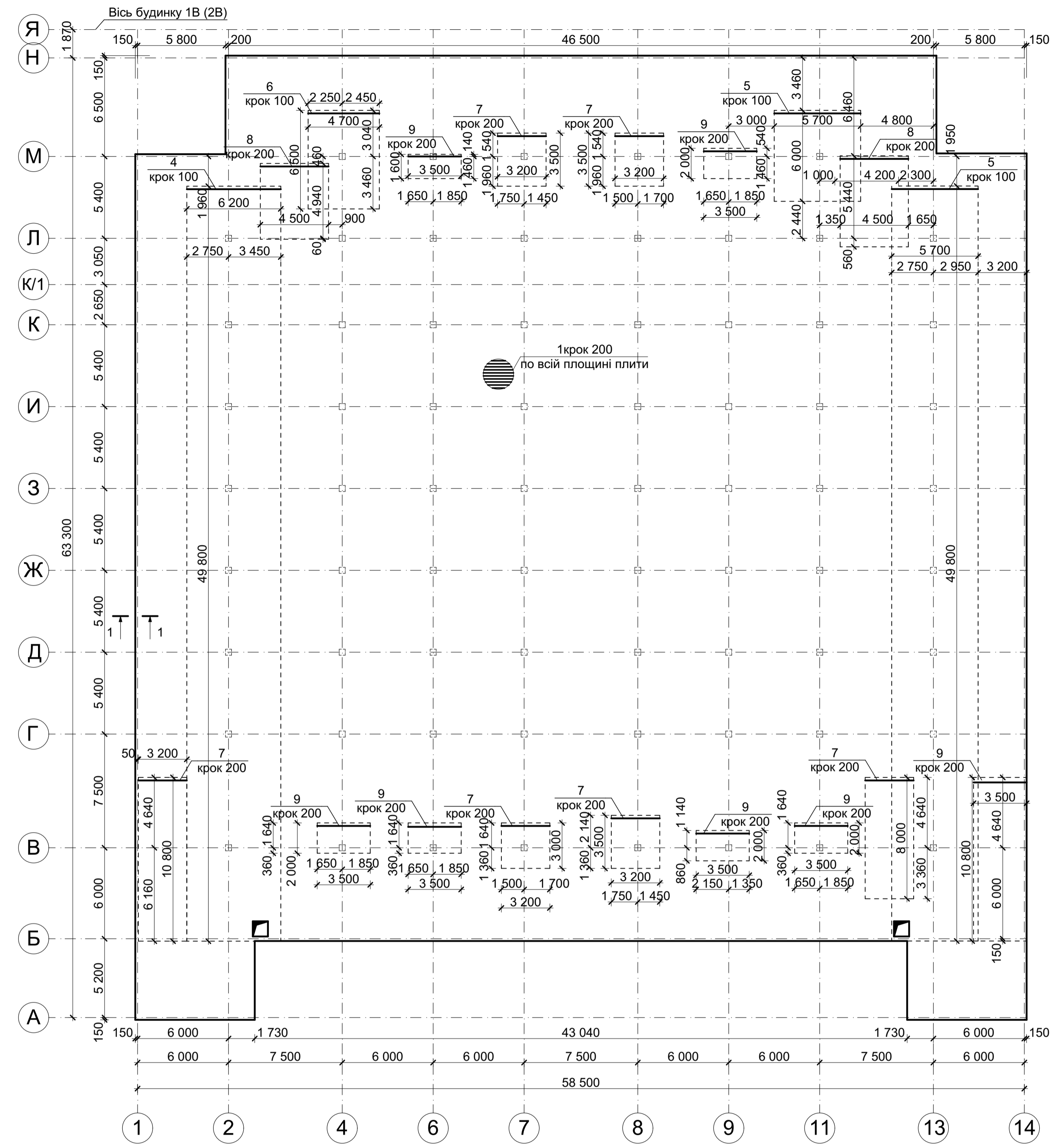
- Защисний шар бетону для нижньої арматури - 35 мм, для верхньої арматури - 55 мм.
- Стержні основного армування встановлювати безперервно, стики арматури виконувати внахлст і в розбіжку. Довжина нахлсту для стержнів діаметром 14 мм не менше 700 мм.
- В специфікації для поз. 1 враховано витрати 3,5% на стикування стержнів основного армування.
- Поз. 10 встановлювати з кроком 200 мм по периметру плити перекриття.
- Поз. 11 встановлювати з кроком 800x800 мм в шаховому порядку.

08-08.МКР.008 - АБ							
Підземна автостоянка на 97 машиномісць							
Зм.	Кільк.	Лист	№Док.	Підпис	Дата		
Розробив	Грані Ю.М.						
Перевіряв	Масася І.В.						
Керівник	Масася І.В.						
Нормоконтр.	Масася І.В.						
ОпONENT							
Затверд.	Шевць В.В.						
Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунту на перерозподіл зусиль у фундаменті					Стадія	Аркуш	Аркушів
Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Опалубочне креслення. Схема верхньої арматури. К = 10					п		
ВНТУ, гр. Б-21м							

Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Схема розміщення нижньої арматури вздовж цифрових осей



Фундаментна плита ФМ-1 на відмітці -6,500.
Схема розміщення нижньої арматури вздовж буквених осей



Специфікація на плиту перекриття ПМ-1 на відм. -6,500

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл-ть	Маса од., кг	Примітки
Збірні одиниці					
Деталі					
1	ДСТУ 3760:2019	Ø14 A500C L=71 184 м.п.		1,21	86132,64
2	ДСТУ 3760:2019	Ø25 A500C L=8500	29	32,64	946,56
3	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=8500	589	20,96	12345,44
4	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=6200	1012	15,29	15473,48
5	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=5700	638	14,06	8970,28
6	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=4700	66	11,59	764,94
7	ДСТУ 3760:2019	Ø20 A500C L=3200	167	7,89	1317,63
8	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A500C L=4500	57	7,1	404,7
9	ДСТУ 3760:2019	Ø16 A500C L=3500	202	5,52	1115,04
Технологічна арматура					
10	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A240C L=1 700	1276	1,51	1926,76
11	ДСТУ 3760:2019	Ø12 A240C L=1 920	5373	1,71	9187,83
Матеріали					
		Бетон C20/25 (B25)			2063,3 м³

Відомість витрат сталі, кг

Марки елементів	Вироби арматурні								Всього	Загальні витрати
	Арматура класу				Технологічна арматура класу					
	A500C				A240C					
	ДСТУ 3760:2019				ДСТУ 3760:2019					
	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Всього	Ø12	Всього			
Фундаментна плита ФМ-1	86132,64	1519,74	38871,77	945,56	127469,71	11114,6	11114,6	138584,31	138584,31	

Примітки:

- Захисний шар бетону для нижньої арматури - 35 мм, для верхньої арматури - 55 мм.
- Стержні основного армування встановлювати безперервно, стики арматури виконувати внахлст і в розбіжку. Довжина нахлсту для стержнів діаметром 14 мм не менше 700 мм.
- В специфікації для поз. 1 враховано витрати 3,5% на стикування стержнів основного армування.
- Поз. 11 встановлювати з кроком 200 мм по периметру плити перекриття.
- Поз. 12 встановлювати з кроком 800x800 мм в шаховому порядку.

08-08.МКР.008 - АБ										
Підземна автостоянка на 97 машиномісць										
Зм.	Кілк.	Лист	№Док.	Підпис	Дата					
Розробив	Григорук Ю.М.					Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунту на перерозподіл зусиль у фундаменті	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Перевірив	Масальська І.В.						п			
Керівник	Масальська І.В.					Фундаментна плита ФМ-1 на відм. -6,500. Схема нижнього армування. Специфікація. Відомість витрат сталі. К = 10	ВНТУ, гр. Б-21М			
Нормоконтр.	Масальська І.В.									
Опонецт	Шевць В.В.									

ВИСНОВКИ

Виконання магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах». було розроблено відповідно до завдання на проектування.

В сучасних нормах зазначено якщо немає результатів визначення модуля деформації по вітці розвантаження, що приймається за модуль пружності, то модуль пружності можна приймати в 5 разів більшим за модуль деформації.

Дослідження показали, що при визначенні модуля пружності за результатами компресійних випробувань доцільно використовувати гілку вторинного навантаження, а модуль пружності, визначений за гілкою розвантаження має суттєво завищені значення. При зростанні коефіцієнта пористості е співвідношення також зростає. При проектуванні заглиблених споруд, для яких величина модуля пружності має особливо суттєве значення, необхідно рекомендувати дослідне визначення співвідношення модуля пружності і модуля деформації.

У результаті проведених чисельних досліджень з аналізу зміни напружено-деформованого стану фундаменту при зміні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ було виявлено, що врахування величини співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ має суттєве значення для заглиблених споруд, коли при визначенні осідання методом пошарового підсумовування враховується друге складове, що враховує осідання, пов'язане з вторинним навантаженням. При цьому для окремо стоячих підземних споруд величина осідання, що залежить від модуля пружності, набуває керівного значення.

Ступінь перерозподілу зусиль в конструкції фундаменту залежить від піддатливості основи. Оскільки при збільшенні співвідношення $k = E_{e,i}/E_i$ зменшується осідання основи, тобто збільшується її жорсткість, це призводить до меншої розподільчої здатності конструкції споруди (більша концентрація зусиль у найбільш напружених зонах).

Більша концентрація зусиль у напружених зонах при розрахунках з врахуванням більшого значення модуля пружності призводить до потреби у більшій кількості армування. Отже, для ґрунтових основ з співвідношенням $k = E_{e,i}/E_i < 5$ спостерігається зменшення потрібної кількості арматури, тобто є певний економічний ефект, а при $k = E_{e,i}/E_i > 5$ може виникнути ненадійне рішення.

В економічній частині порівнюючи кожний варіант фундаментів ми бачимо, що найбільш економічним є варіант за результатами наукових досліджень при співвідношенні $k = E_{e,i}/E_i = 2$. Кошторисна трудомісткість, кошторисна заробітна плата та загальновиробничі витрати є рівні в обох варіантах, але по витратах сталі варіант за результатами наукових досліджень є більш економічним. Економічний ефект 166518 грн.

ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи
студента (ки) Граніча Юрія Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах

Останніми роками у крупних містах України при будівництві збільшилась кількість об'єктів з глибокою підземною частиною, коли глибина закладання фундаментів перевищує 5 м або тиск під подошвою не перевищує вагу ґрунту, вийнятого з котловану. Це змушує при визначенні осідань використовувати модуль деформації при вторинному навантаженні, який ще називається модулем пружності. Такі випадки стосуються підземних паркінгів, глибоких підвалів, підземних переходів тощо.

Оскільки таких об'єктів зводиться значна кількість, то дослідження їх роботи і забезпечення надійності є актуальним питанням. Особливо це стосується нерівномірності осідань і ступеня піддатливості основи, які чинять вплив на перерозподіл зусиль у надфундаментних конструкціях.

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 фізичному дослідженню деформаційних характеристик ґрунтів різних типів, що проведені за спеціальною методикою, яка включає розвантаження і вторинне навантаження зразків, та математичному моделюванню за допомогою програмного комплексу Ліра. При математичному моделюванні перевірявся вплив величини модуля деформації при вторинному навантаженні на розподіл зусиль між елементами надфундаментних конструкцій підземного паркінгу. Студент виконав аналіз літературних джерел, показавши при цьому ерудицію та знання фахової літератури.

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

Під час роботи студент показав достатній рівень фахових знань, здатність до прийняття самостійних наукових та інженерних рішень, володіння сучасними програмними комплексами та інформаційними технологіями.

За матеріалами досліджень були зроблені доповіді на міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційні технології в будівництві-2022», проведеній 25 листопада 2022 р. у ВНТУ та науково-технічній конференції «Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2022), проведеній 31 травня 2022р. у ВНТУ і за результатами доповідей опубліковані тези.

Студент дотримувався календарного плану, виконав великий обсяг роботи, показав відповідний рівень підготовки.

По роботі слід відзначити такі недоліки:

1. Недостатня підборка зразків супісків при випробуваннях.
2. При математичному моделюванні не врахований активний тиск на стіни паркінга.

Підготовка студента Граніча Ю. М. відповідає вимогам освітньої програми.

Магістерська кваліфікаційна робота заслуговує на оцінку «А» (відмінно), а студент на присвоєння йому 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)



ВІДГУК

на магістерську кваліфікаційну роботу

студента

Граніча Юрія Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах

Магістерська кваліфікаційна робота відповідає затвердженій темі та завданню.

Актуальність теми обумовлена доцільністю проведення дослідів по визначенню співвідношення модуля деформації і модулі пружності по вітці розвантаження та повторного навантаження для різних типів ґрунтів.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з шести розділів та графічної частини. В першому розділі розглянуто різні точки зору на співвідношення модуля деформації і модулі пружності при визначенні осідань, в результаті чого встановлено необхідність проведення лабораторних досліджень модуля деформації та модуля пружності різних ґрунтів і визначення дослідних залежностей співвідношення модуля деформації і модуля пружності від характеристик ґрунтів та їх вплив на визначення осідань. В другому розділі виконано лабораторні дослідження співвідношення модуля деформації і модуля пружності та отримано графіки та таблиці залежності модуля деформації і модуля пружності ґрунтів. Третій розділ присвячений проведенню чисельних досліджень з аналізу зміни напружено-деформованого стану фундаменту. В четвертому розділі розроблені заходи з улаштування щитного фундаменту. Розділи 5 і 6 є додатковими.

Оформлення пояснювальної записки та графічної частини відповідає вимогам стандартів; результати роботи можливо впровадити при відповідному доопрацюванні.

У магістерській кваліфікаційній роботі можна відмітити такі недоліки:

- 1) в тексті роботи не проставлено посилання на всі літературні джерела, які наведено в списку використаних джерел;
- 2) бажано в роботі використовувати нову, сучасну літературу.

Магістерська кваліфікаційна робота студента Граніча Ю.М. на тему «Вплив співвідношення модуля пружності і модуля деформації ґрунтів на перерозподіл зусиль у фундаментах» та її відповідність вимогам заслуговує на оцінку «відмінно».

Студент Граніч Ю.М. заслуговує на присвоєння йому ступеня бакалавра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Опонент роботи

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



Катерина АНОХІНА

(посада, прізвище)