

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Ефект від використання коротких паль  
у стовпчастих пільових фундаментах

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2Б-22м  
за спеціальністю 192 «Будівництво

та цивільна інженерія»

Саміленко В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, посада)

Маєвська І. В.

(прізвище та ініціали)

« 8 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, посада)

Слободян Н. М.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМГА

Швець В. В.

(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2023 року

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

Ступінь вищої освіти магістр

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва)

Освітня програма Промислове та цивільне будівництво  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМГА

Швець В.В.

" 12 " 10 2023 року

## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Саміленко Вадима Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Ефект від використання коротких паль  
у стовпчастих палювих фундаментах

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 18 " 09 2023 року № 247

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проектування, результати інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проектування бізнес центру каркасно-монолітної конструкції з торцевими стінами і стінами сходових кліток з цегли. Перекриття монолітні залізобетонні. Фундамент палювий. Покрівля плоска суміщена з рулонних матеріалів. Передбачене автономне опалення.

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

1. Науково-дослідна частина (огляд літературних джерел, аналіз досвіду використання коротких паль, Планування та виконання чисельного експерименту з визначення впливу розміщення та кроку коротких і довгих паль, виду паль і виду ґрунту на сумісну роботу паль і ростверку у складі стовпчастого фундаменту. Аналіз одержаних результатів, виявлення найбільш впливових чинників на перерозподіл зусиль між ростверком та палями у складі стовпчастого фундаменту. Порівняння роботи коротких і довгих паль. Порівняльний аналіз вартості фундаментів з довгих та коротких паль.

2. Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних відміток генплану, специфікації на збірні залізобетонні конструкції, віконні та дверні заповнення, експлікація підлоги, теплотехнічний розрахунок).

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

4. Розробка заходів з охорони праці та цивільного захисту.  
 5. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту).

**Висновки**

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
 1. Науково-дослідний розділ – 5-8 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)  
 2. Архітектурно-будівельні рішення – 1-2 арк. (фасад, генеральний план, план план покрівлі, розріз, вузли)  
 3. Основи та фундаменти – 1-2 арк. (робочі креслення фундаментів)

**6. Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
1-3, 4.2	Маєвська І. В. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		
4.1 (Архітек.)	Смоляк В. В. - доцент каф. БМГА, к.а.		
5 (Охорона праці)	Кобилянська І. М. – доцент каф. БЖДПБ, к.пед.н.		
6 (Економіка)	Лялюк О. Г. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 12.10.2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

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

Студент  (підпис)  
 Керівник роботи  (підпис)  
 Саміленко В. В. (прізвище та ініціали)  
 Маєвська І.В. (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 624.15

Саміленко В. В. Ефект від використання коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – «Промислове та цивільне будівництво». Вінниця: ВНТУ, 2023. 151 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 78 назв; рис.: 56; табл. 40, 19 аркушів граф. частини.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджена реалізація роботи ростверку і паль у складі стовпчастого пальового фундаменту в залежності від довжини паль, відстані між палями і виду ґрунтів при сталій кількості паль. Встановлено, що ступінь реалізації несучої здатності палі і ростверку у складі пальового фундаменту залежить від всіх досліджуваних факторів, керівним фактором є довжина паль.

Досліджена економічна ефективність переходу в однорідних ґрунтах від куща з довгих паль при стандартному мінімальному кроці до куща з коротких паль при збільшеній відстані між палями. За рахунок врахування спільної роботи паль і ростверку кущ з коротких паль з більшими габаритами ростверку забезпечує таку ж несучу здатність, як кущ з довгих паль з компактним ростверком.

На підставі кошторисних розрахунків показано, що застосування фундаментів з коротких паль при збільшенні розмірів ростверку може призвести до економії коштів до 30%.

В технічній частині роботи розроблена конструкторська документація на булівлю бізнес центру в м. Кривий Ріг Дніпропетровської області каркасної конструкції з монолітними залізобетонними перекриттями. Розглянуті питання архітектурно-планувальних рішень, виконано проєктування фундаментів, запропоновано рекомендації з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В розділі економіки визначено, що використання результатів досліджень дозволяє оптимізувати проєктне рішення пальового фундаменту з одержанням економічного ефекту.

Ключові слова: стовпчастий пальовий фундамент, ростверк, коротка паля, забивна паля, бурова паля, перерозподіл навантажень, несуча здатність.

## ANNOTATION

UDC 624.15

Samilenko V.V. The effect of using short piles in columnar pile foundations. Master's qualification work on specialty 192 - "Construction and civil engineering", educational program - "Industrial and civil construction". Vinnytsia: VNTU, 2023. 151 p.

Ukraine language Bibliography: 78 titles; fig.: 56; table 40, 19 sheets of graph. parts.

In this master's qualification work, the implementation of the grid and piles as part of a columnar pile foundation depending on the length of the piles, the distance between the piles and the type of soil with a constant number of piles is investigated. It was established that the degree of implementation of the load-bearing capacity of piles and grids as part of the pile foundation depends on all the studied factors, the guiding factor being the length of the piles.

The economic efficiency of the transition in homogeneous soils from a bush made of long piles with a standard minimum step to a bush made of short piles with an increased distance between the piles was investigated. By taking into account the joint operation of piles and grillege, a bush made of short piles with larger dimensions of the grillege provides the same bearing capacity as a bush made of long piles with a compact grillege.

On the basis of estimated calculations, it is shown that the use of foundations from short piles with an increase in the size of the grillege can lead to cost savings of up to 30%.

In the technical part of the work, construction documentation was developed for the boulevard of the business center in the city of Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region, with a frame structure with monolithic reinforced concrete floors. Issues of architectural and planning decisions were considered, foundations were designed, and recommendations for occupational health and safety in emergency situations were proposed.

In the economics section, it is determined that the use of research results allows to optimize the design solution of the pile foundation with an economic effect.

Key words: columnar pile foundation, grillege, short pile, driven pile, bored pile, redistribution of loads, bearing capacity.

## Зміст

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ З ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ З ПАЛЬ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ ....	8
1.1 Дослідження роботи стовпчастих пальових фундаментів з низькими ростверками .....	8
1.2 Математичне моделювання системи «ростверк– паля – основа» .....	19
Висновки за розділом 1 та постановка задач дослідження .....	20
2 ПЛАНУВАННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМ СТОВПЧАСТИЙ РОСТВЕРК – ПАЛІ – ҐРУНТ.....	22
2.1 Програма чисельного моделювання НДС системи «фундамент – палі - основа» для стовпчастого пальового фундаменту .....	25
2.2 Результати чисельного моделювання НДС системи «фундамент – палі – основа» для стовпчастого пальового фундаменту .....	26
Висновки за розділом 2 .....	40
3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОРОТКИХ ПАЛЬ У СКЛАДІ СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ .....	41
3.1 Вплив довжини палей і габаритів ростверка на несучу здатність фундаменту .....	41
3.2 Порівняльний аналіз вартості фундаментів з довгих та коротких палей.....	50
Висновки за розділом 3 .....	55
4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	56
4.1 Архітектурно-будівельні рішення.....	56
4.1.1 Рішення генерального плану .....	57
4.1.2 Об'ємно - планувальні рішення .....	60
4.1.3 Архітектурно-конструктивні рішення .....	62
4.1.4 Зовнішнє опорядження.....	67
4.1.5 Внутрішнє опорядження .....	67
4.1.6 Теплотехнічний розрахунок зовнішнього огороження.....	69
4.1.7 Опалення.....	71
4.1.8 Водопостачання .....	72
4.1.9 Вентиляція і кондиціонування.....	72
4.1.10 Каналізація.....	73
4.1.11 Електропостачання .....	73
4.1.12 Протипожежні заходи .....	74
4.1.13 Енергозбереження.....	75
4.2 Основи та фундаменти.....	76
4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика .....	76
4.2.2 Визначення навантажень на фундамент.....	76
4.2.3 Проектування фундаменту з забивних призматичних палей за методикою норм.....	81
4.2.4 Визначення потрібної кількості палей і перевірка навантаження на палю .....	84

4.2.5 Розрахунок осідання пального фундаменту .....	87
4.2.6 Розрахунок міцності тіла ростверку пального фундаменту з палів С12-30 .....	92
Висновки за розділом 4.....	97
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>99</b>
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту .....	99
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць .....	99
5.1.2 Електробезпека .....	103
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	104
5.2.1 Мікроклімат.....	104
5.2.2 Склад повітря робочої зони .....	105
5.2.3 Виробниче освітлення .....	105
5.2.4 Виробничий шум .....	106
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Розрахунок паливних фундаментів при сейсмічному навантаженні.....	109
5.3.1 Визначення допустимого навантаження на палі .....	109
5.3.2 Розрахунок паливних фундаментів на вертикальну і моментну складову навантажень .....	111
5.3.3 Розрахунок паливних фундаментів на горизонтальну складову навантажень.....	111
Висновки за розділом 5.....	113
<b>6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>114</b>
6.1 Розрахунок варіантів фундаментів з врахуванням результатів дослідження .....	114
6.2 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів .....	125
Висновки до розділу 6 .....	140
Висновки.....	142
Список використаних джерел .....	143
Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	152
Додаток Б Результати розрахунку кошторисної вартості улаштування паливних фундаментів.....	153
Додаток В Відомість графічної частини.....	174

## ВСТУП

### **Актуальність.**

Відомо, що у пальових фундаментах з низькими ростверками у роботу під навантаженням включаються не тільки палі, як це передбачене чинними нормами, а і ростверк за рахунок тиску під підошвою.

При кафедрі БМГА ВНТУ проводяться дослідження перерозподілу зусиль між елементами пальових фундаментів в залежності від різних факторів, зокрема геометричних параметрів пальових груп (довжина паль, їх крок, кількість в групі), виду пальового фундаменту (стовпчастий або стрічковий), виду паль (забивні або бурові), виду ґрунтової основи (піщана чи глиниста), але є ще багато аспектів, які залишається поза увагою. Зокрема чи є економічно доцільним використання коротких паль у порівнянні з довгими і за яких умов використання коротких паль може дати економічний ефект.

Підхід, закладений у нормах до проектування пальових фундаментів, коли не враховується взаємний вплив його елементів, а також включення у роботу ростверка, призводить до того, що при проектуванні за нормами короткі палі будуть поступатись довгим (за умови збереження їх кількості). Аналіз раніше проведених досліджень показує, що це не завжди так. Як правило короткі палі краще себе реалізують у складі фундаментів у порівнянні з довгими, напружено-деформований стан (НДС) фундаментів з коротких паль відрізняється від НДС фундаментів з довгих паль, що дозволяє зменшувати їх кількість при збереженні несучої здатності.

Врахування спільної роботи всіх елементів пальового фундаменту на базі моделювання роботи груп паль за допомогою апробованих програмних комплексів може підвищити ефективність і надійність проєктних рішень, тому тема дослідження є актуальною і має практичне значення.

У цій роботі поставлена задача дослідити вплив довжини паль на напружено-деформований стан стовпчастого пальового фундаменту шляхом математичного моделювання систем пальовий фундамент – основа за допомогою програмного



комплексу Plaxis 3D, який розроблений на основі методу скінченних елементів та умов просторової задачі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана в рамках науково-дослідної теми кафедри БМГА №6ОК1 «Інноваційні технології визначення напружено-деформованого стану системи будівля-фундамент-основа та окремих її елементів». Назва етапу: «Дослідження роботи паль з ґрунтовим середовищем».

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є дослідження ефективності використання коротких паль у складі стовпчастих палювих фундаментів у порівнянні з довгими.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- виконати чисельне моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis 3d напружено-деформованого стану систем «ростверк – палі – основа» для стовпчастих палювих фундаментів;
- виявити вплив довжини паль та відстані між палями на перерозподіл зусиль між елементами стовпчастих палювих фундаментів та ефективність роботи у складі фундаменту;
- крім геометричних параметрів паль дослідити вплив таких параметрів: вид паль (влаштовані без виймання та з вийманням ґрунту), фізико-механічні характеристики основи на ефективність роботи елементів палювого фундаменту;
- дослідити економічну ефективність переходу в однорідних ґрунтах від куща з довгих паль при стандартному мінімальному кроці до куща з коротких паль при збільшеній відстані між палями;
- розробити рекомендації з удосконалення конструктивного рішення палювих фундаментів за рахунок використання коротких паль.

**Об'єкт дослідження** – процес включення у роботу стовпчастого палювого фундаменту його елементів в залежності від конструктивного рішення.

**Предмет дослідження** – напружено-деформований стан системи «стовпчастий палювий фундамент – палі – ґрунтова основа» при зміні довжини та відстані між палями.

**Методи дослідження.** Метод скінчених елементів, розроблений для чисельного розв'язування складних інженерних, в тому числі геотехнічних задач, який дозволяє моделювання напружено-деформованого ґрунтового середовища у взаємодії з конструкціями фундаментів.

#### **Новизна одержаних результатів.**

У роботі дістали подальшого розвитку дослідження напружено-деформованого стану стовпчастого пальового фундаменту з низьким ростверком. За рахунок врахування спільної роботи паль і ростверку доведено, що куш з коротких паль з більшими габаритами ростверку забезпечує таку ж несучу здатність, як куш з довгих паль з компактним ростверком.

#### **Практична цінність одержаних результатів.**

Реалізація несучої здатності паль у кушовому пальовому фундаменті зростає при зменшенні довжини паль і збільшенні їх кроку. Реалізація роботи ростверка також покращується при збільшенні відстані між палями.

За рахунок кращої реалізації роботи елементів пальового фундаменту для паль малої довжини з великим кроком можна досягти однакової несучої здатності з фундаментом з паль великої довжини при традиційному мінімальному кроці 3d.

Не дивлячись на значне зростання об'єму бетону ростверку і кількості арматури при збільшенні кроку паль економія коштів на вартості паль забезпечує економічний ефект від використання кушів з коротких паль з широкими ростверками до 35%.

**Достовірність отриманих результатів** магістерської роботи підтверджується проведенням математичного моделювання у програмному комплексі, спеціалізованому на таких дослідженнях, чіткістю виконання поставлених завдань, коректністю введення початкових даних та точністю їх аналізу.

**Особистий внесок здобувача** полягає у створенні розрахункових моделей пальових фундаментів у ґрунтовому середовищі, виконанні моделювання за запропонованою програмою, економічному аналізі можливості використання коротких паль для оптимізації конструктивного рішення стовпчастого пальового фундаменту.

Представлені в магістерській кваліфікаційній роботі результати одержані магістрантом самостійно.

У тезах, що опубліковані у співавторстві, магістранту належать такі результати:

- аналіз відмінностей у роботі фундаментів з коротких та довгих паль;
- економічний аналіз можливості використання коротких паль для оптимізації конструктивного рішення стовпчастого пальового фундаменту.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи апробовано на Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» – 2023, проведеної 22 листопада 2023 р. у ВНТУ.

#### **Публікації.**

За результатами Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» – 2023, проведеної 22 листопада 2023 р. у ВНТУ», опубліковані тези: «Практична доцільність переходу від довгих до коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах», м. Вінниця, ВНТУ, 2023 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19121>

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ З ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ З ПАЛЬ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ

## 1.1 Дослідження роботи стовпчастих пальових фундаментів з низькими ростверками

На теперішній час в нормативних документах різних країн пропонується схожий підхід до визначення несучої здатності пальового фундаменту, що містить кілька паль незалежно від виду ростверка (низький чи високий), а саме несуча здатність групи паль з ростверком прирівнюється сумі граничних опорів одиночних паль [1 – 3]. Слід зауважити, що у всіх нормативних документах рекомендується враховувати взаємний вплив паль у групах та вплив низького ростверку, але відсутні будь-які конкретні методичні рекомендації щодо врахування такого впливу.

Проведені багатьма авторами дослідження встановили, що навантаження у складі пальового фундаменту з низьким ростверком частково передається на палі, частково на ростверк. Спостерігається суттєва відмінність роботи палі у групі у порівнянні з роботою одиночної палі, яку називають кушовим ефектом. Включення у роботу ґрунту під ростверком також змінює загальний граничний опір пальового фундаменту.

Дослідниками аналізуються види взаємодії між елементами пальових фундаментів, наведені на рис. 1.1 [4, 5].

Особливості поведінки паль і ростверка у складі групи досліджувалась значною кількістю авторів (Голубков Б. М., Бартоломей А. О., Дорошкевич Н. М., Знаменський В. В. Девальтовський Є. Е., Сернов В. О., Burland J. V. [6], Hanna T. H. [7], Whitaker T. [8], Katzenbach R. [9], Poulos H. G. [10], Randolph M. F. [11]). В результаті встановлене, що некоректно призначати параметри фундаменту з групи паль на підставі параметрів одиночних паль, потрібно враховувати взаємодію всіх елементів пальового фундаменту.

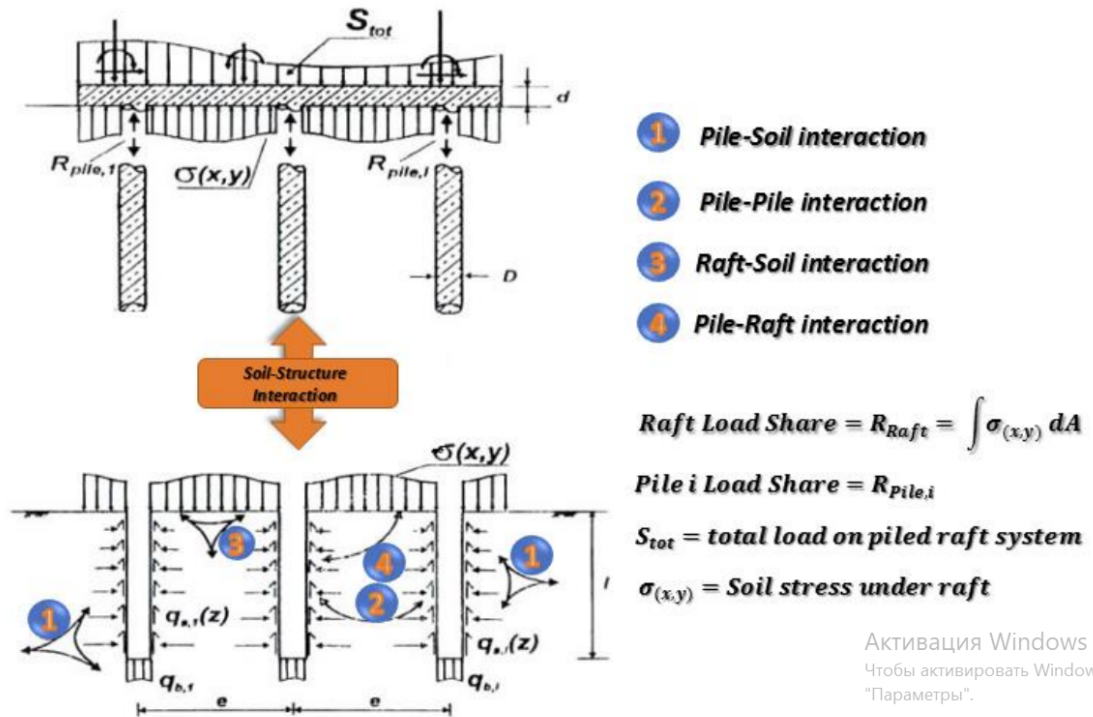


Рис. 1.1 - Взаємодія між елементами в системі палі-грунт-низький ростверк [5]:

- 1- взаємодія паля-грунт; 2 - взаємодія паля-паля; 3 – взаємодія ґрунт-ростверк;  
4 - взаємодія паля-ростверк

Більшість авторів відзначають, що низький ростверк включається в роботу по мірі ущільнення шарів ґрунту під подошвою ростверка, через подошву ростверку може передаватись на ґрунтову основу значна частка (10-50%) навантаження на фундамент. Ґрунт у верхній частині міжпальового простору переміщується відносно палі, завдяки чому опір тертя верхньої частини поверхні палі зменшується.

Тривалий час існувала думка, що несуча здатність ростверка є різницею між несучою здатністю фундаментів з низьким і високим ростверком. Дослідженнями Сальнікова Б. О. (1966), Знаменського В. В. (1971), Сірожиддіновим З. (1978) було встановлено, що таке припущення некоректне. Ростверк не тільки сприймає частину навантаження, а і частково знижує сили тертя по бічній поверхні палі. В зв'язку з цим при невеликих відстанях між палями позитивний вплив низького ростверку на роботу фундаменту анулюється зниженням несучої здатності палі. При значній же відстані між палями вплив низького ростверку зростає, одночасно

покращується і ступінь реалізації робіт паль. Таким чином відстань між палями є одним з головних чинників впливу на сумісну роботу елементів пального фундаменту..

Проведені в подальшому дослідження палових куців з забивних паль Бартоломея А. О. (1972 - 1994), Васильченко А. В.(1886), Девальтовського Є. Е. (1982), Бахолдіна Б. В. та Разводовського Д. Є. (1999), Рузаєва А. М. (2010), дозволили встановити певні закономірності впливу низького ростверку на несучу здатність фундаменту, а також перелік основних факторів, що чинять цей вплив: відстань між палями, довжина паль, жорсткість ростверка, вид і щільність ґрунтів під ростверком та під нижніми кінцями паль, кількість паль у групі.

Велика робота проведена В. А. Серновим [12] з аналізом експериментальних і теоретичних досліджень на будівельних майданчиках м. Мінська. Дослідження довели, що прийняті в нормах розрахункові схеми для визначення граничних навантажень і осідання палових фундаментів є спрощеними, не враховують взаємодію елементів фундаменту, а результати розрахунків часто в кілька разів відрізняються від даних, одержаних експериментально.

Вітакер [13] провів дослідження на моделях, де проаналізував розподіл навантажень між палями в групах. Аналіз проводився при відстані між осями паль 2d та 4d. Встановлено, що на крайні палі передаються навантаження в 3-5 раз більші, ніж на центральні. По мірі наближення навантаження до граничного ця різниця зменшується. Вона також зменшується при збільшенні відстані між палями.

Перерозподіл зусиль між палями групи аналізувався також Де-вальтовським Є. Е. (1982), Бартоломеєм А. О. (1972 - 1994), Харичкиним А. І. (2020).

Дослідження стовпчастих палових фундаментів виконували і ряд зарубіжних вчених.

Nguyen, D. D. S., Jo S. B., Kim D. S. (2013) [4] проведене випробування моделей пального фундаменту з 16 та 9 паль, варіювалась також довжина паль. Моделювання виконувалось в лотку з однорідним кварцовим піском за допомогою

на центрифуги (рис. 1.2). Проводились серії дослідів групи паль без ростверку і ростверку без паль. Крім цього було передбачене два варіанти ґрунтової основи з піску: щільний та пухкий.

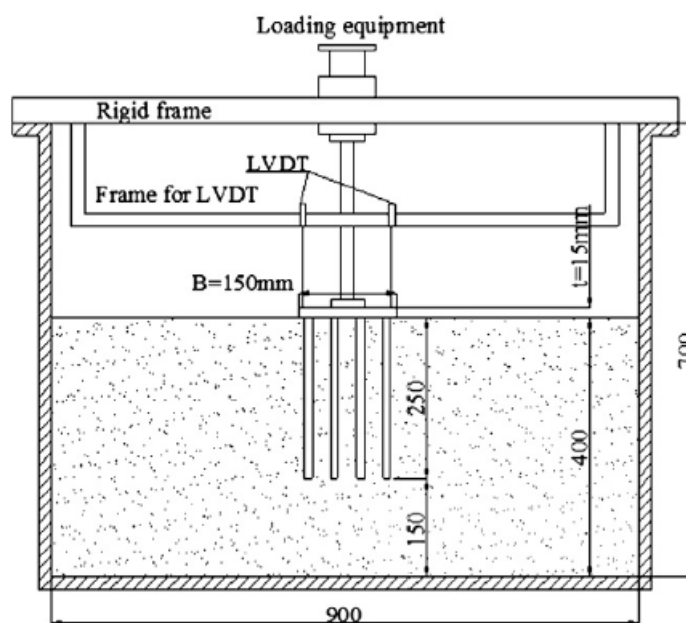


Рис. 1.2 – Схема випробувань у центрифугі [4]

Після фізичного моделювання було виконане математичне моделювання результатів випробувань. Використані два програмних продукти: моделювання пружної основи за допомогою комерційної програми SAP 2000 structural com (рис. 1.3) і програмного комплексу Plaxis 3D.

На рис. 1.4 наведено порівняння результатів фізичного моделювання в центрифугі та математичного моделювання за допомогою двох розрахункових методів. З рисунку 1.4 видно, що запропонований метод пружної основи за допомогою комерційної програми SAP 2000 structural com дає дещо кращі результати.

Відзначається, що поведінка пального фундаменту є неоднозначною та заснованою на багатьох факторах, що варіювались під час дослідження.

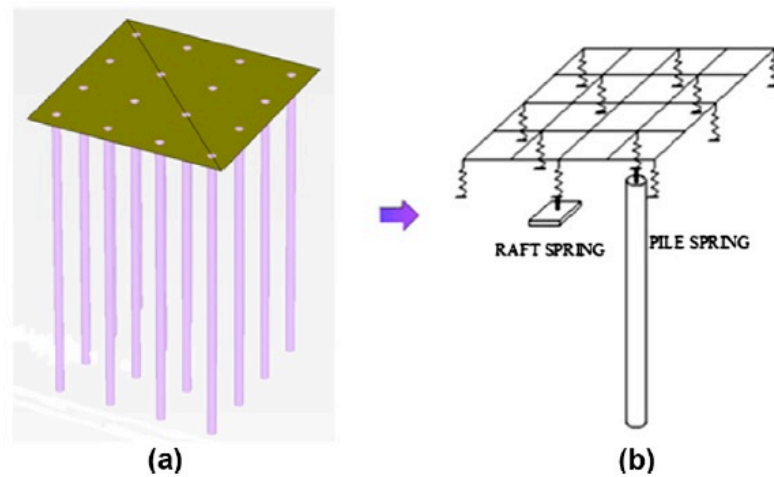


Рис. 1.3 – Модель фундаменту і розрахункова схема моделювання за допомогою пружної основи [4]: а – модель низький ростверк – основа; б – моделювання за запропонованим дизайн-методом

Зроблений висновок, що спочатку в роботі приймають участь палі, а на другому етапі в роботу вступає ростверк.

У переважній кількості досліджень вплив ростверка на роботу пальового фундаменту оцінюється через частку навантаження, яку сприймає ростверк або палі. В залежності від конструктивного рішення фундаментів у різних авторів ця частка коливається в доволі широких межах. Так у Davids [14] доля ростверка в навантаженні на плитно-пальовий фундамент складає 20–50%. Abdel-Fattah and Nemada [15] довели, що ця доля коливається в межах 30–60 % від загального навантаження в залежності від стану ґрунту основи. Показано, що ця доля збільшується із зменшенням довжини паль і збільшенням їх кроку. J.A. Hemsley [16] дослідив, що ростверк може нести до 50% загального навантаження. Leung та ін. [17] визначили цей відсоток в межах від 25% до 51% прикладеного навантаження з середнім значенням 36%.

Для вивчення роботи групи паль Elwakil A. Z., Azzam W. R. (2016) [18] проводилось фізичне моделювання стовпчастого пальового фундаменту в лотку з висотою 600 мм і діаметром 750 мм (рис. 1.5).



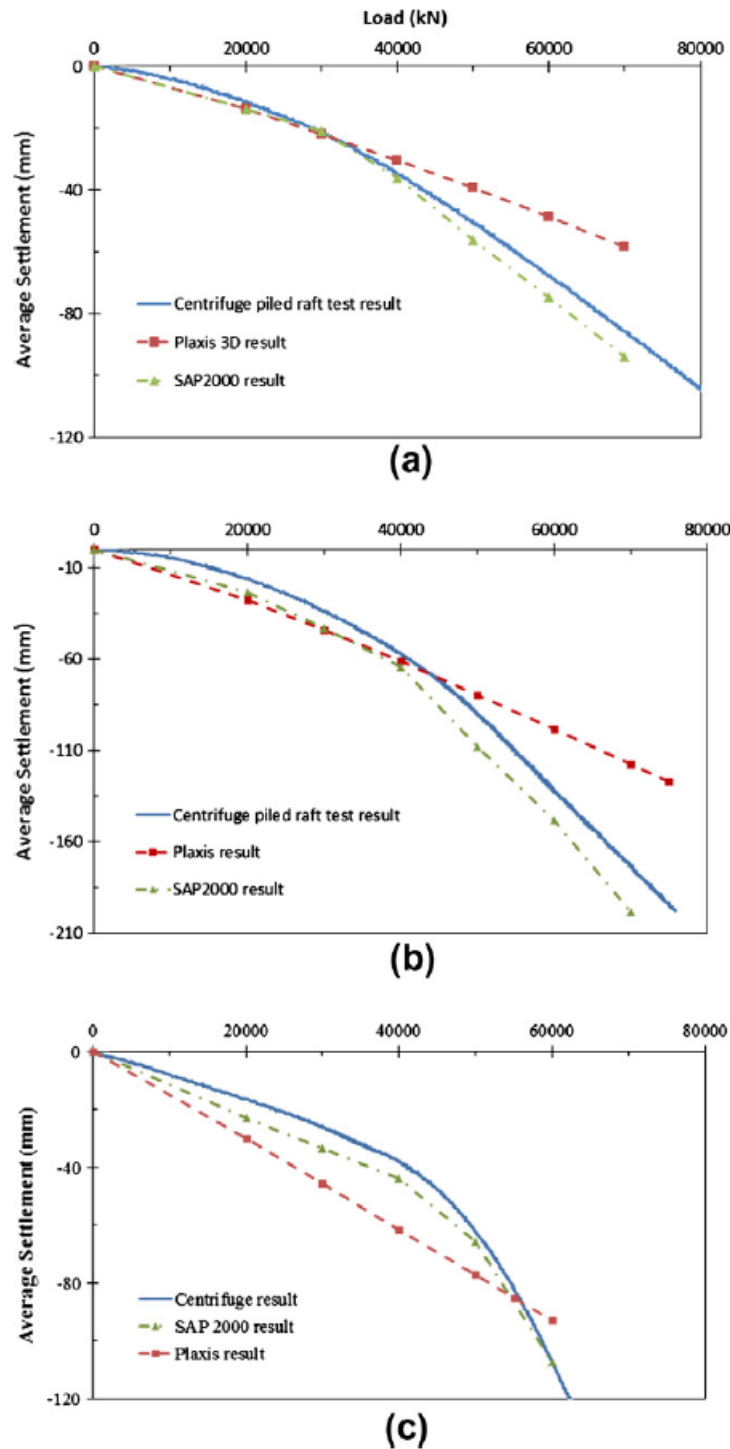


Рис. 1.4 – Результати визначення залежності осідання-навантаження для пального фундаменту за модельними випробуваннями в центрифюзі, за методом аналізу SAP 2000 та шляхом моделювання у Plaxis 3D: (а) 16 палів ( $D = 0,6$  м;  $L = 15$  м), щільний пісок; (б) 16 палів ( $D = 0,6$  м;  $L = 15$  м), пухкий пісок; (с) 9 палів ( $D = 0,6$  м;  $L = 9$  м), щільний пісок [4]

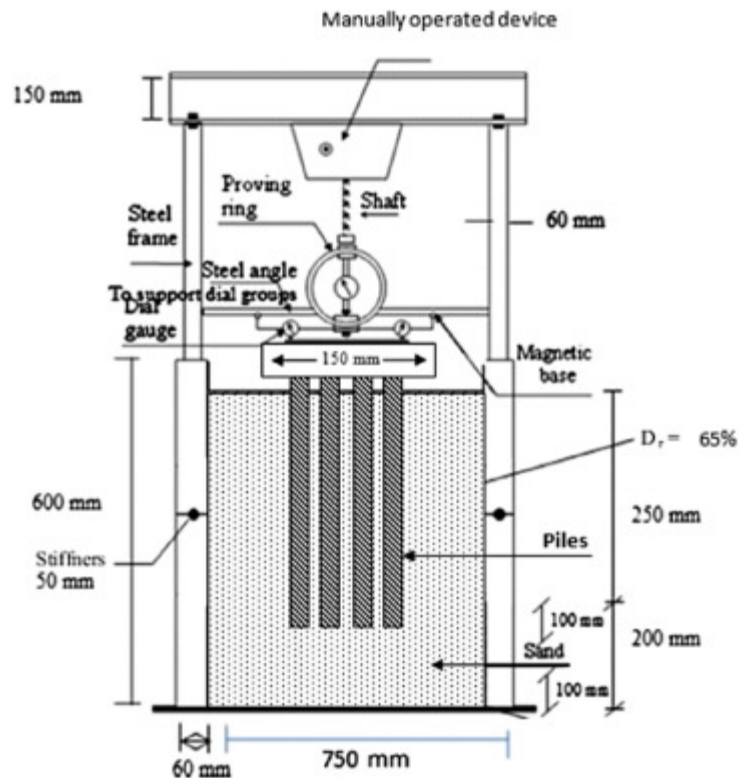


Рисунок 1.5 – Схема лотка для випробування моделей палей [18]

Лоток заповнювався піском середньої крупності з питомою вагою сухого ґрунту  $15,0 \text{ кН/м}^3$ , що відповідає середньої щільності. Використовувались моделі палей з металевих трубок діаметром 12 мм і довжиною 400 мм, 200 мм і 100 мм. В якості моделі ростверка була прийнята металева плита  $150 \times 150$  мм товщиною 15 мм. Розміри ростверка забезпечували рядове розміщення (4x4) 16 палей з кроком 37,5 мм (приблизно три поперечних перерізи палей).

Було проведено двадцять три випробування з варіюванням кількості палей, їх довжини і розміщення в плані при сталих розмірах і конфігурації ростверка. Розглядалися варіанти з розміщенням 16 палей в рядовому порядку однакової довжини з варіюванням цієї довжини, 8 палей в шаховому порядку однакової довжини з варіюванням цієї довжини. Моделювалась також група з 16 палей, з яких внутрішні 4 палі мають довжину 400 мм, а зовнішні 12 палей – 100 або 200 мм. І нарешті розглядалися групи з розміщенням тільки 4 палей всередині куца з варіюванням їх довжини.

Для кожної групи паль були проведені випробування з високим та низьким ростверком. Випробувався також ростверк без паль. При цьому перевірялась можливість використання спрощеного підходу, запропонованого Паулосом [19] коли для розрахунку граничного навантаження на пальовий фундамент до граничного опору паль додається граничний опір ростверку без паль. Аналізувалось навантаження на палі  $P$  (при високому ростверку), навантаження на ростверк  $R$  та навантаження на куц з низьким ростверком  $PR$ . Навантаження визначались при різних значеннях осідання, які приймалися у відносних одиницях  $S/B$  ( $B$  – ширина ростверку). Ефективність роботи пального фундаменту оцінювалась фактором  $\beta = PR/(P+R)$  (рис. 1.6).

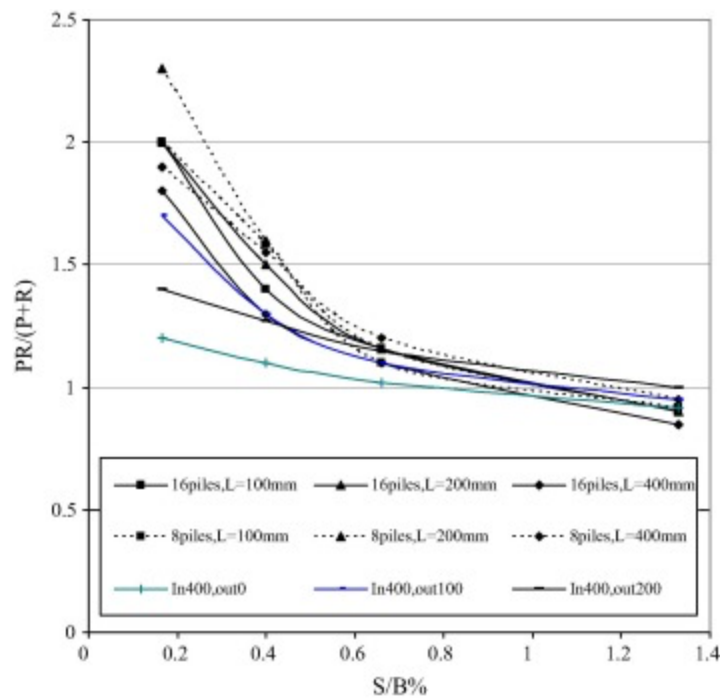


Рисунок 1.6 – Залежність  $\beta$  від  $S/B$  [18]

Із збільшенням  $S/B$  коефіцієнт  $\beta$  зменшується з високою швидкістю наближаючись до одиниці. Отже при незначних осіданнях, що зазвичай мають місце при роботі палих фундаментів, його несуча здатність перевищує сумарну несучу здатність паль і ростверку. Робиться висновок, що проявляється позитивний ефект пального фундаменту, відзначений у [20].

Для подальшого аналізу всі значення несучої здатності приймалися при  $\beta = 0,7$  %, що відповідає приблизно  $S = 1$  мм. Позитивний ефект, за думкою авторів роботи

[18] є результатом збільшення тертя палі по бічній поверхні, спричиненого збільшенням напруження в ґрунті під дією тиску ростверку.

На початковій стадії навантаження опір тертя палі мобілізується при  $S/D$ , рівному (1–2) %, при збільшенні коефіцієнта осідання до значень  $S/D = 10$  %, практично  $S/B = 0,7$  %, навантаження починає передаватись нижніми кінцями палей і при подальшому осіданні включається ефект сумісної роботи з ростверком. Поверхня руйнування формується в залежності від довжини і відстані між палями, як показано на рис. 1.7.

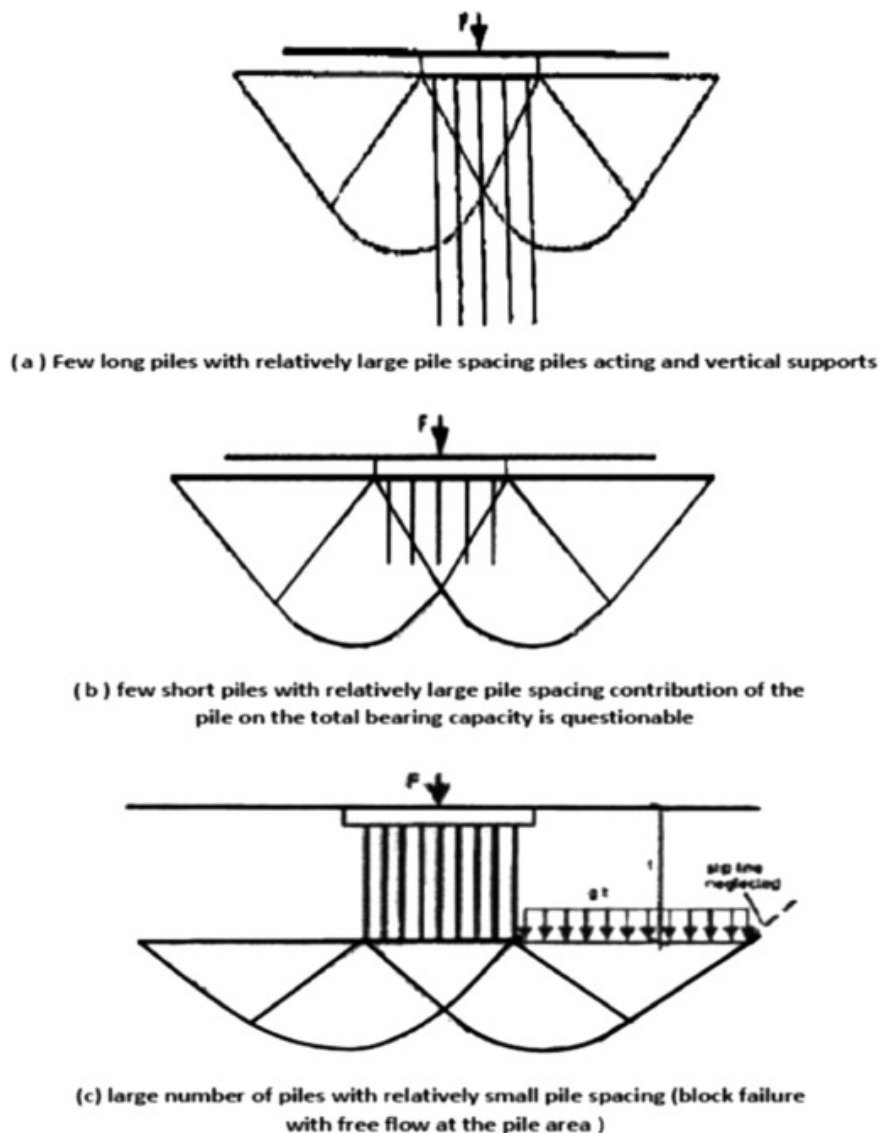


Рисунок 1.7 – Можливі механізми руйнування палевих фундаментів [18]:

- а) кілька довгих палей з відносно великою відстанню між палями;
- б) невелика кількість коротких палей з відносно великою відстанню між палями. Вплив палей на загальну несучу здатність сумнівний;
- в) велика кількість палей з відносно малою відстанню між палями (руйнування блока з течінням в районі палей)

Авторами наводяться залежності сумарної несучої здатності пального фундаменту з низьким ростверком від відносної довжини  $L/B$  і кількості палів (рис. 1.8, 1.9).

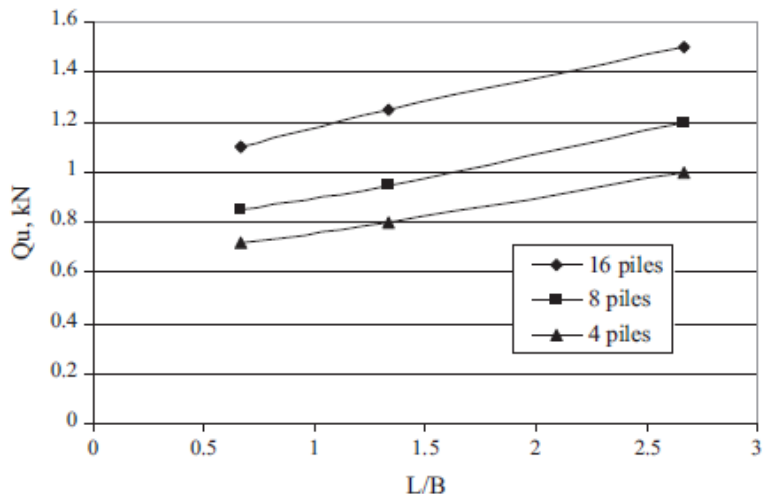


Рисунок 1.8 – Залежність сумарної несучої здатності пального фундаменту з низьким ростверком від відносної довжини  $L/B$  палів [18]

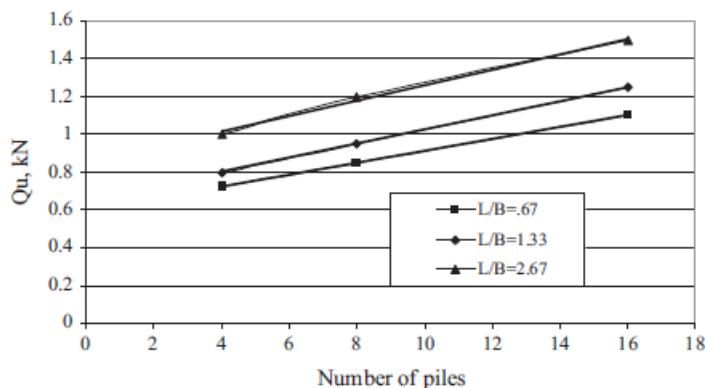


Рисунок 1.9 – Залежність сумарної несучої здатності пального фундаменту з низьким ростверком від кількості палів [18]

Було виявлено, що доля навантаження на ростверк складає коло 36% від загального навантаження, тоді як за Хемсли [16] ця доля складає до 50%. З рис. 1.8 та 1.9 видно, що різниця між навантаженням, що досягається при 16-ти та 8-ми пальною конфігурації, складає менше 25% для всіх довжин палів 100 мм, 200 мм і 400 мм, а для чотирьох палів менше 20% при  $S/B = 0,7$  %.

Для перевірки результатів фізичного моделювання та аналізу додаткових параметрів, не охоплених фізичним моделюванням, в роботі [18] виконане моделювання пальових фундаментів в PLAXIS 2D версії 8.2 (рис. 1.10).

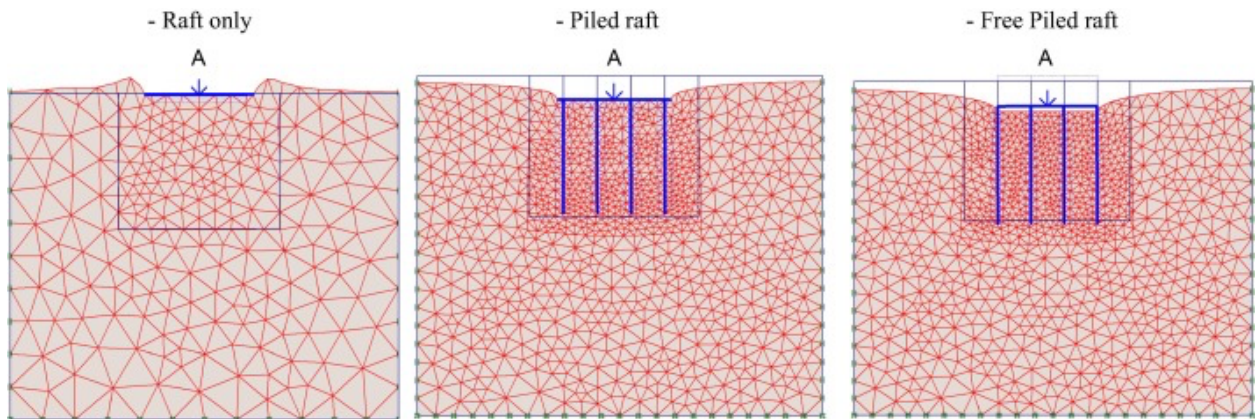


Рисунок 1.10 – Деформована кінцево-елементна сітка (палі довжиною 400 мм) [18]

В дослідженні варіювався коефіцієнт жорсткості ґрунтової основи ( $E_p/E_s = 10, 100, 1000$  і  $10\,000$ ) і відносна відстань між палями ( $S/D = 2, 3, 4, 6$  і  $8$ ).

За результатами дослідження зроблені наступні висновки:

- відсоток навантаження, яке сприймає ростверк, збільшується по мірі зменшення довжини і кількості палей;
- із зменшенням довжини палей відсоток навантаження, що сприймається ростверком, збільшується до 38%;
- із зменшенням кількості палей відсоток навантаження, що сприймається ростверком, збільшується до 55%;

У Вінницькому національному технічному університеті з 1980 року проводяться роботи з дослідження пальових фундаментів різних видів з метою визначення характеру перерозподілу зусиль між їх елементами. Дослідження виконуються з використанням маломасштабного фізичного моделювання та математичного моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis [21 – 32].

У статі [22] (2018) наведені результати фізичного та математичного моделювання пальових кущів з 9 паль різної довжини з варіюванням відстані між палями. Зокрема відзначено, що частка ростверку у навантаженні на фундамент залежить переважно від довжини паль і осьової відстані між ними. При зменшенні довжини паль і при збільшенні осьової відстані між палями несуча здатність плити ростверку збільшується. Ця робота продовжена у магістерських дослідженнях Кримняка Я. М. [27] (2021).

Досліджувались також вплив кількості паль у кущі на перерозподіл зусиль між палями і ростверком [23] (2022), характер зміни цього перерозподілу по мірі зростання навантаження [21] (2022), вплив виду ґрунту основи на напружено-деформований стан стовпчастого пальового фундаменту [30, 31] (2018).

Частина робіт присвячена роботі стрічкових пальових фундаментів [28].

Дослідження Кременської Ю. О. під керівництвом Маєвської І. В. [24 – 26, 29] присвячені підтвердженню гіпотези, що при роботі куща з короткими палями група працює як суцільний ґрунто-пальовий масив. Доведено, що в кущах з короткими палями можна зменшувати кількість паль в межах габаритів ростверку без суттєвої втрати несучої здатності куща.

Монографія [32] (2023) узагальнює результати досліджень пальових кущів.

## 1.2 Математичне моделювання системи «ростверк– паля – основа»

Оскільки фізичне моделювання і тим більше польові дослідження пальових фундаментів є громіздкими і дорогими, а в випадку фізичного моделювання до того ж може використовуватись лише піщана основа, то у світовій практиці пропонуються різноманітні розрахункові методи для кількісного аналізу роботи пальових фундаментів з низькими та високими ростверками. У статі [5] запропонована класифікація цих методів. Пропонуються такі їх групи:

- спрощені приблизні методи (Davis and Poulos [10], Randolph [11], Van Impe & Clerk [33], Burland [34], Sheil, McCabe [35]);
- комп'ютерні приблизні методи (Poulos [36], Clancy & Randolph [37]);

- більш точні комп'ютерні моделі, що включають аналіз методом скінчених елементів (МСЕ) [Hewitt P, Gue SS [38], Nguyen, D. D. C., Jo S. B., Kim D. S. [4]), тривимірні моделі на базі метода скінчених елементів або скінчених різниць, що пропонуються у комерційному програмному забезпеченні, такому як PLAXIS 3D [18, 39 – 41], FLAC 3D [38], ABAQUS [42, 43], MIDAS GTS [5, 44];
- методи граничних елементів (Butterfield and Banerji [45], Sinha J., Poulos H G [46]);
- комбіновані методи (Hain and Lee [47], Franke et al. [49], Ta and Small [48]).

Крім означених методів в Україні використовуються також програмні комплекси ЛІРА [40, 44, 50], Scad, VSEM, АСНД VESNA [51], PRIZ-Pile [52], ANSYS [41, 53].

Найбільш поширеними і такими, що вважаються найбільш надійними для геотехнічних розрахунків є тривимірні методи скінчених елементів [5].

Моделювання ґрунтового середовища є надзвичайно складною задачею, що ускладнюється неоднорідністю та нелінійною поведінкою ґрунтів під навантаженням. Неоднозначність роботи ґрунтів спричинює певні відхилення результатів розрахунків напружено-деформованого стану від фактичного.

Але результати дослідження роботи паль та пальових фундаментів шляхом моделювання МСЕ показують достатнє наближення до реальної роботи, особливо в порівнянні з наближеними теоретичними методиками. Крім цього для значної кількості задач інженерної практики взагалі не напрацьовані наближені методики і єдиним методом розрахунків в цьому випадку є математичне моделювання.

### **Висновки за розділом 1 та постановка задач дослідження**

1. Робота палі в групі з низьким ростверком суттєво відрізняється від роботи одиночної палі. По мірі зростання навантаження осереднене навантаження на палю у складі фундаменту зростає і для пальових фундаментів з кроком паль більше 3d перевищує несучу здатність одиночної палі.



2. Наявність низького ростверку змінює процес взаємодії паль з ґрунтом, впливає на загальну несучу здатність. В результаті втручання ростверка несуча здатність палі у складі групи може бути не повністю реалізована.

3. Реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту підвищується із збільшенням кроку паль. При більшій довжині несуча здатність паль реалізується менше.

4. Від 5 до 50% зовнішнього навантаження може передаватись на ґрунт через ростверк, що дозволяє підвищити несучу здатність фундаменту.

5. Вид ґрунту практично не впливає на характер перерозподілу зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту з забивних паль.

6. Ефективність роботи коротких паль у складі групи очікується більшою, ніж для довгих паль.

Для подальшого вдосконалення методик розрахунку стовпчастих пальових фундаментів, підвищення їх ефективності в роботі поставлені задачі за допомогою моделювання у програмному комплексі Plaxis 3d напружено-деформованого стану систем «ростверк – палі – основа» більш детально дослідити:

- вплив довжини паль та відстані між палями на перерозподіл зусиль між елементами стовпчастих пальових фундаментів та ефективність роботи у складі фундаменту;

- крім геометричних параметрів паль дослідити вплив таких параметрів: вид паль (влаштовані без виймання та з вийманням ґрунту), фізико-механічні характеристики основи на ефективність роботи елементів пальового фундаменту;

- дослідити економічну ефективність переходу в однорідних ґрунтах від куща з довгих паль при стандартному мінімальному кроці до куща з коротких паль при збільшеній відстані між палями.

## 2 ПЛАНУВАННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМ СТОВПЧАСТИЙ РОСТВЕРК – ПАЛІ – ҐРУНТ

Тривимірні методи скінчених елементів є одними з найбільш надійних методів розрахунку пальових фундаментів з низьким ростверком, які можуть враховувати взаємодію між елементами цих систем між собою і з ґрунтовою основою. Для математичного моделювання роботи пальового фундаменту обрано програмний продукт Plaxis 3D, який базується на використанні чисельного методу скінчених елементів. Програмний продукт Plaxis 3D є багатофункціональним, що дозволяє розглядати всі аспекти складних геотехнічних систем. Моделювання сумісної роботи «конструкція – ґрунт» є важливою задачею, оскільки дозволяє оцінити взаємний вплив елементів системи на її напружено-деформований стан (НДС).

Розрахунковий комплекс Plaxis являє собою пакет геотехнічних програм для скінчено-елементного аналізу напруженого стану системи «будівля-основа» в плоскій і просторовій постановці.

Механічна поведінка ґрунтів в даному програмному комплексі може бути змодельована за допомогою використання декількох моделей ґрунту. Для розрахунку буда використана модель ґрунтів Кулона-Мора. Модель Кулона-Мора – пружнопластична модель, що містить 5 основних параметрів:  $E$  і  $\nu$  – параметри пружності ґрунту;  $c$  і  $\varphi$  – параметри міцності ґрунту;  $\psi$  – кут дилатансії.

Пружно-пластична модель Кулона-Мора апробована в сучасних геотехнічних розрахунках і використовується, головним чином, для відображення реальних властивостей ґрунтових середовищ в першому наближенні.

Верифікація роботи програмного продукту Plaxis 3D була виконана шляхом моделювання роботи забивної палі. В лабораторії ефективних будівельних конструкцій ВНТУ було проведено статичне випробування труботонної забивної палі діаметром  $d=273$  мм, довжиною  $l=4$  м (будівельний майданчик у м. Житомир, вул. Ватутіна, 55а.). На рис. 2.1 наведено геологічний розріз.

Ґрунти будівельного майданчику:

1 – Рослинний шар (0,8 м)  $\gamma=20,3$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II}=3,7$  кПа,  $\varphi_{II}=19^\circ$ ,  $E=27$  МПа;

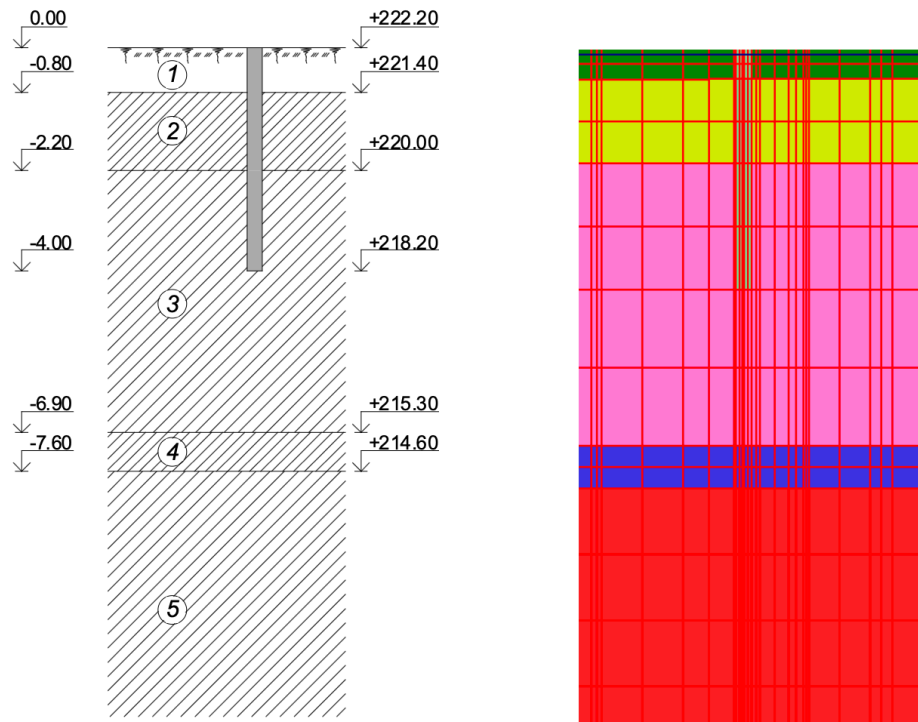


Рис. 2.1 – Схема розміщення в ґрунті та розрахункова модель трубобетонної забивної палі

2 – Лесоподібний суглинок м'якопластичний до текучого (1,4 м)  
 $\gamma=17,8$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II}=15,7$  кПа,  $\varphi_{II}=16^\circ$ ,  $E=4$  МПа;

3 – Лесоподібний суглинок м'якопластичний до текучого (4,7 м)  
 $\gamma=19,8$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II}=17,3$  кПа,  $\varphi_{II}=18^\circ$ ,  $E=8$  МПа;

4 – Суглинок запісочений, тугопластичний (0,7 м)  $\gamma=18,9$  кН/м<sup>3</sup>;  
 $c_{II}=20,9$  кПа,  $\varphi_{II}=24^\circ$ ,  $E=17$  МПа;

5 – Суглинок з дресвою до 15 % напівтвердий (необмеж.)  $\gamma=17,9$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II}=30$  кПа,  $\varphi_{II}=24^\circ$ ,  $E=27$  МПа.

В таблиці 2.1 наведені дані статичного випробування палі.

На рис. 2.2 можна бачити графіки залежності осідання-навантаження для палі за результатами статичного випробування та моделювання в Plaxis.

Результатами експериментальних досліджень роботи окремих елементів у складі пального фундаменту різних авторів (розділ 1) встановлено, що факторами, які впливають на розподіл навантаження між елементами пального фундаменту,

Таблиця 2.1 – Польові випробування палі статичним навантаженням

№ зав.	Величина ступіню навантаження, кН	Загальна величина навантаження, кН	Величина скмарного переміщення, мм
0	0	0	0
1	1250	1250	-0.22
2	1250	2500	-0.395
3	1250	3750	-0.52
4	1250	5000	-0.98
5	1250	6250	-1.05
6	1250	7500	-1.695
7	1250	8750	-2.345
8	1250	10000	-3.035
9	1250	11250	-3.895
10	1250	12500	-7.275
11	1250	13750	-48.33

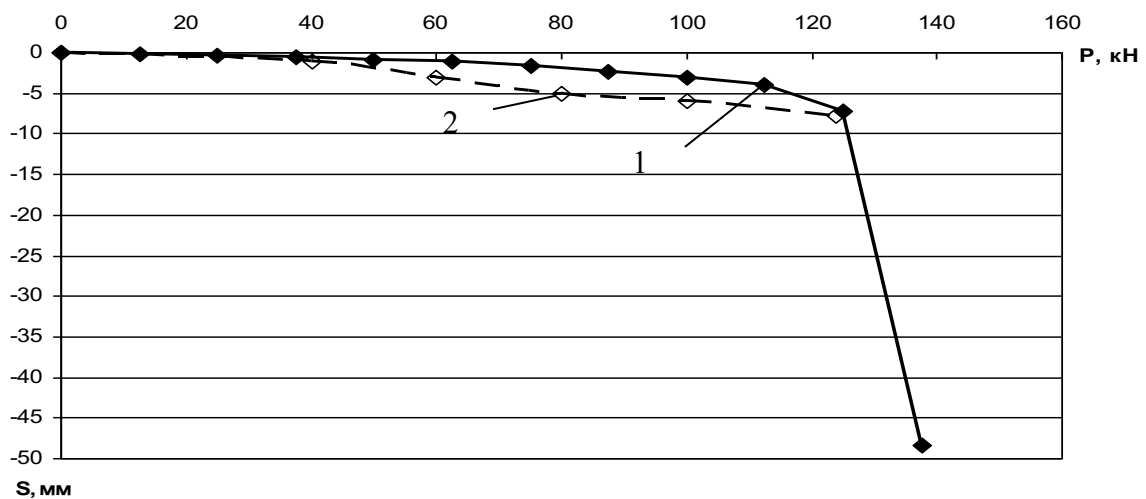


Рис. 2.2 – Графіки залежності осідання-навантаження для палі дослідної палі:

1 – статичне випробування, 2 – моделювання в Plaxis

$\epsilon$ : довжина палі ( $l_i$ ), м; розмір поперечного перерізу палі ( $d$ ), м; відстань між палями ( $a_i$ ,  $b_i$ ), м; кількість палі у групі ( $n$ ); фізико-механічні характеристики ґрунту основи; спосіб влаштування палі.

Для розв'язання поставлених у дані роботі завдань було виконане математичне моделювання методом скінчених елементів сумісної роботи елементів пального фундаменту з ґрунтовою основою та окремо роботи палі і

ростверку як фундаменту мілкого закладанням у програмному комплексі «Plaxis 3D Foundation».

2.1 Програма чисельного моделювання НДС системи «фундамент – палі - основа» для стовпчастого пальового фундаменту

Програма дослідження розподілу навантаження між окремими елементами у складі стовпчастого пальового фундаменту передбачає створення розрахункової схеми пальового фундаменту під колону з можливістю варіювання довжини і кроку паль і прикладання навантаження до ростверку. Результатом роботи моделі є побудова графіків осідання-навантаження, а також визначення навантаження, яке сприймає плита ростверку.

При моделюванні поведінки плити ростверку і паль під навантаженням були прийняті такі параметри:

- модель ґрунту – пружно-пластична модель Кулона-Мора;
- модель пальового фундаменту під колону – ростверк товщиною 0,5 м і забивні палі поперечного перерізу  $0,3 \text{ м} \times 0,3 \text{ м}$  (або бурові палі діаметром  $d= 0,3 \text{ м}$ );
- кількість паль в групі 9 шт.;
- при кроці паль  $3d$  ростверк мав габаритні розміри в плані  $2,4 \text{ м} \times 2,4 \text{ м}$ ; при кроці паль  $5d$  –  $3,6 \text{ м} \times 3,6 \text{ м}$ ; при кроці паль  $7d$  –  $4,8 \text{ м} \times 4,8 \text{ м}$ .
- палі довжиною 3,0, 6,0, 9,0, 12,0 м з кроком  $3d$ ,  $5d$  і  $7d$ ;
- величина навантаження, яка сприймається плитою ростверку, розраховувалась як добуток реактивного опору ґрунту, який знаходиться під подошвою ростверку, на площу ростверку (без врахування площі паль);
- величина навантаження, яка сприймається палями, розраховується як різниця загального навантаження на стовпчастий пальовий фундамент і величини навантаження, яке сприймається плитою ростверку.

Заплановано і проведено кілька груп дослідів з пальовими фундаментами згідно з програмою, наведеною у таблиці 2.2.

У першій серії моделювались забивні палі, у другій серії – бурові палі.

В межах кожної серії розглянуто два види однорідної ґрунтової основи:

- пісок дрібний з характеристиками:  $\gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$ ,  $e = 0,67$ ,  $c = 2 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 32^\circ$ ,  
 $E = 28 \text{ МПа}$ ;

- суглинок з характеристиками:  $\gamma = 18,7 \text{ кН/м}^3$ ,  $c = 23 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 21^\circ$ ,  $\nu = 0,35$ ,  
 $E = 14 \text{ МПа}$ .

Таблиця 2.2 – Програма моделювання роботи стовпчастого пальового фундаменту з 9 паль при варіюванні геометричних параметрів

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль
1	L = 3 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
2		5d, 9 шт.
3		7d, 9 шт.
4	L = 6 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
5		5d, 9 шт.
6		7d, 9 шт.
7	L = 9 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
8		5d, 9 шт.
9		7d, 9 шт.
10	L = 12 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
11		5d, 9 шт.
12		7d, 9 шт.

Третя серія дослідів передбачала моделювання роботи одиночних паль різної довжини в різних ґрунтових умовах та моделювання роботи ростверку як фундаменту мілкого закладання в різних ґрунтових умовах.

## 2.2 Результати чисельного моделювання НДС системи «фундамент – палі – основа» для стовпчастого пальового фундаменту

Моделюванні роботи пальового фундаменту було виконано з врахуванням таких фаз його роботи:

- робота ґрунтової товщі без фундаментів (початкова фаза);
- влаштування паль і ростверку пальового фундаменту;

- робота стовпчастого пальового фундаменту під дією вертикального навантаження.

Величина навантаження на моделі збільшувалась до тих пір, поки деформації знаходились в межах допустимих значень (не менше 100 мм).

На рис. 2.3, 2.4 наведені варіанти розрахункових моделей стовпчастого пальового фундаменту та ґрунтового масиву.

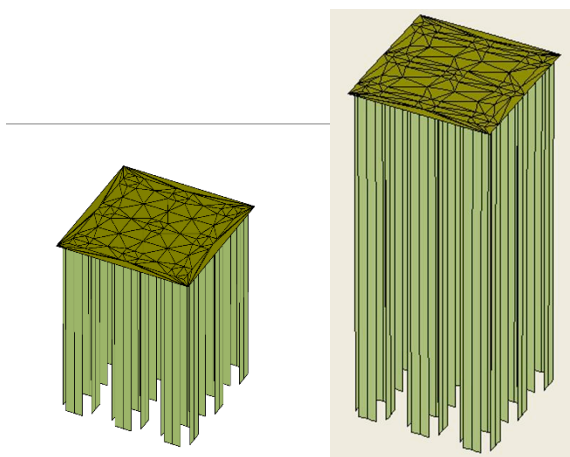


Рис. 2.3 – Розрахункові моделі стовпчастого пальового фундаменту, палі довжиною 3 м та 9 м при кроці 3d

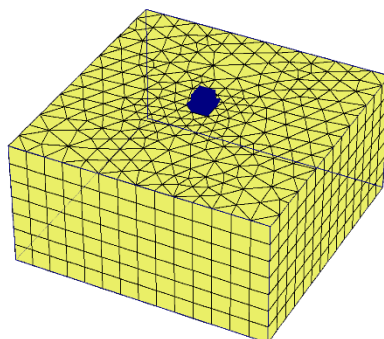


Рис. 2.4 – Розрахункова модель ґрунтового масиву

На рис. 2.5 – 2.8 наведено графіки залежності навантаження – осідання пальового фундаменту з забивних паль різної довжини з кроками паль 3d, 5d і 7d. Аналогічні графіки були одержані і для бурових паль. На рис. 2.9, 2,10 наведено графіки залежності навантаження – осідання для одиночних паль та плит ростверків як фундаментів мілкового закладання.

На рис. 2.11 – 2.13 показані варіанти мозаїки вертикальних деформацій стовпчастого пальового фундаменту з розмірами ростверку 2,4 м x 2,4 м; 3,6 м x 3,6 м; 4,8 м x 4,8 м з палями довжиною 3 та 9 м.

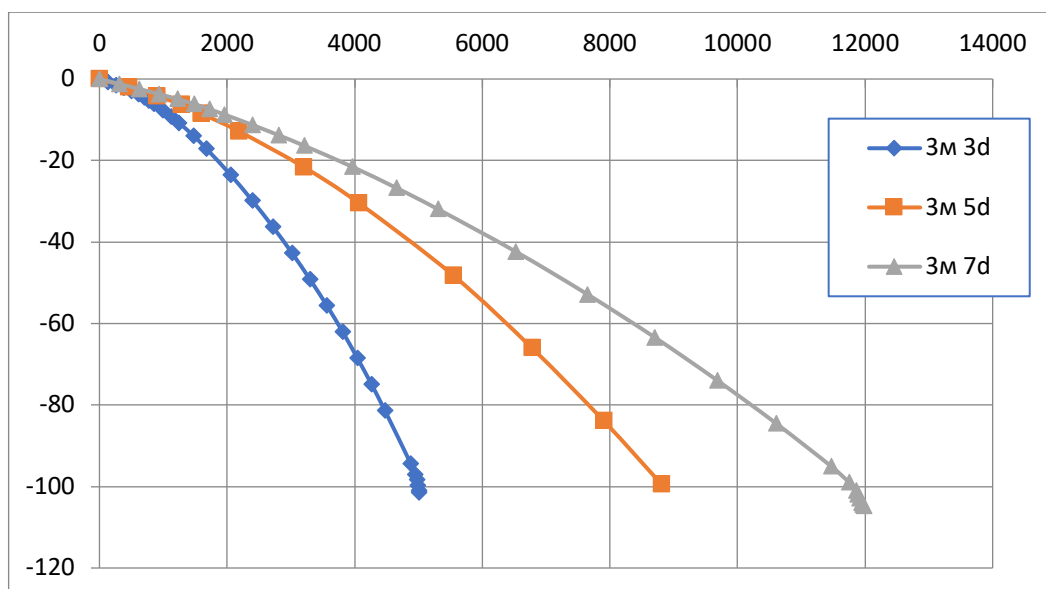


Рис. 2.5 – Залежність навантаження – осідання (довжина палі 3 м для піску)

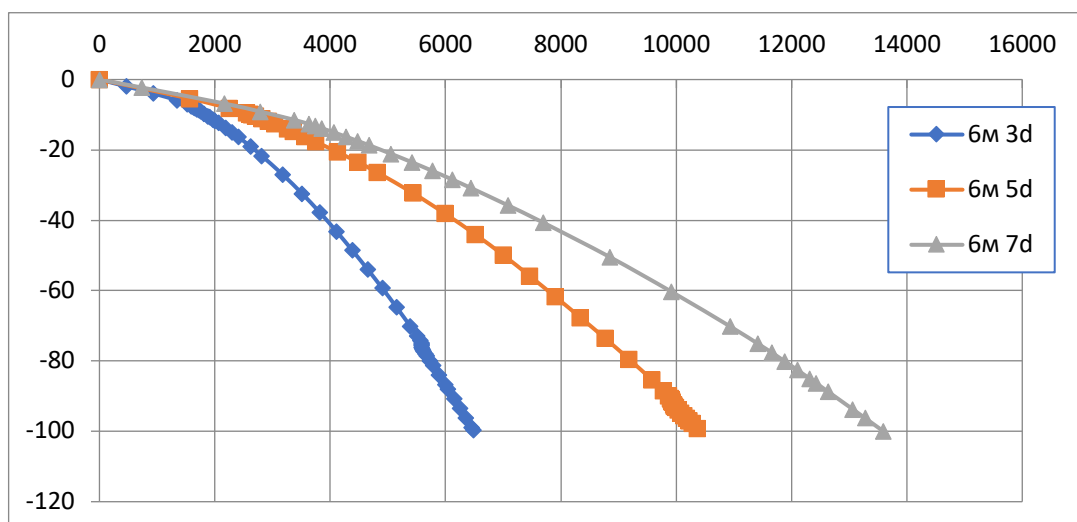


Рис. 2.6 – Залежність навантаження – осідання (довжина палі 6 м для піску)

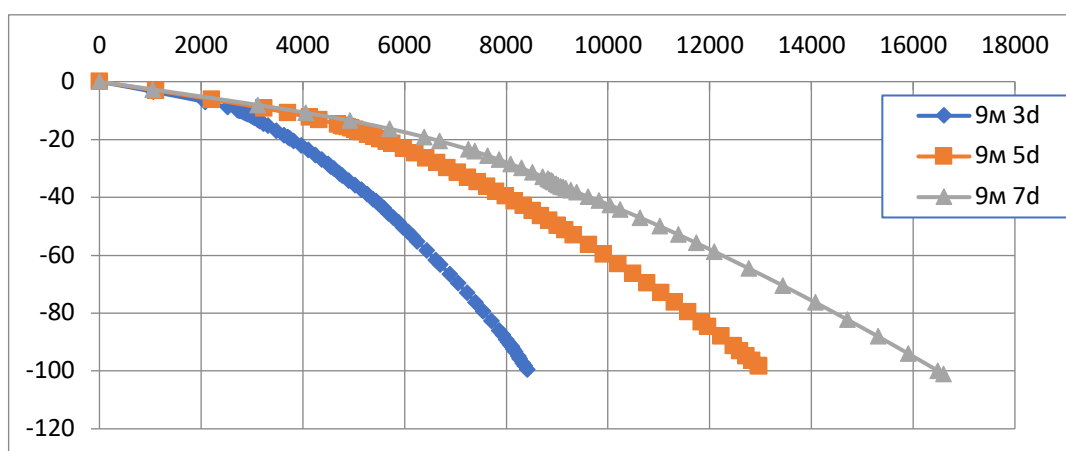


Рис. 2.7 – Залежність навантаження – осідання (довжина палі 9 м для піску)



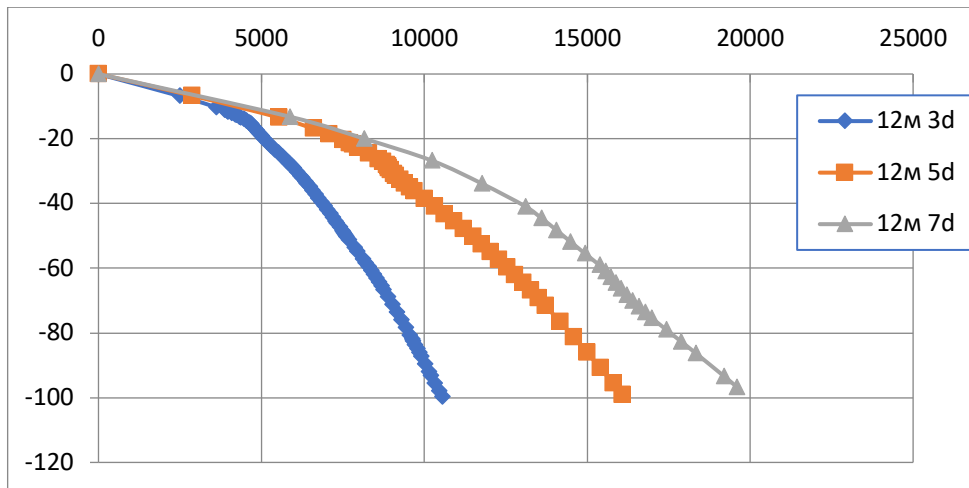


Рис. 2.8 – Залежність навантаження – осідання (довжина палі 12 м для піску)

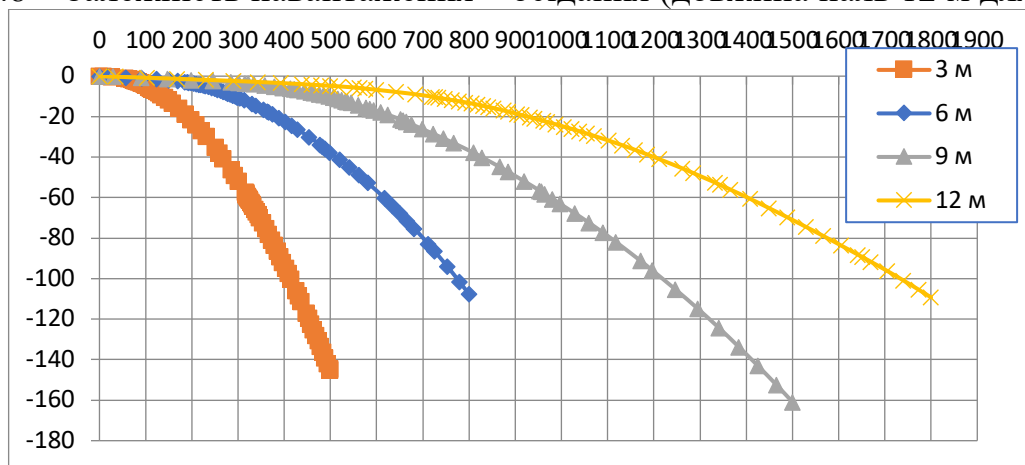


Рис. 2.9 – Залежність осідання – навантаження (одиначні палі різної довжини в піщаному ґрунті)

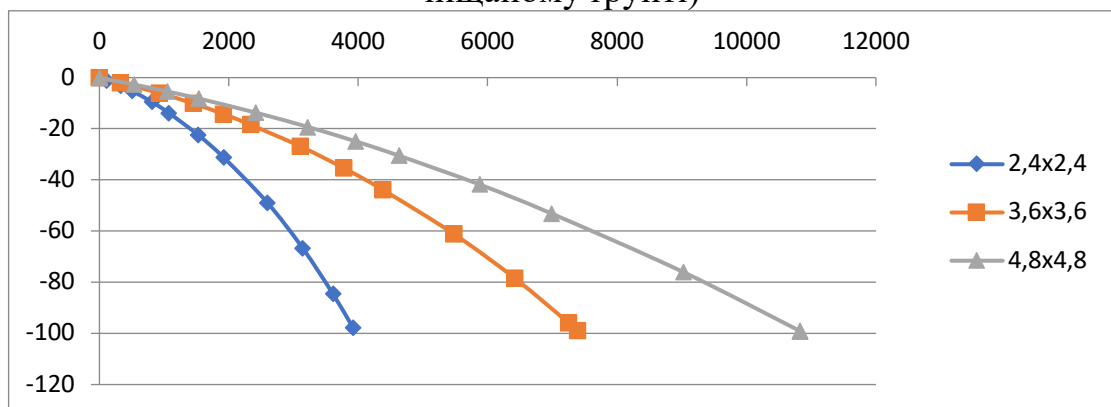


Рис. 2.10 – Залежність осідання – навантаження (ростверки як фундаменти мілкового закладання в піщаному ґрунті)

Аналізуючи мозаїки можна зробити висновок, що при незначному кроці ґрунтопальовий масив працює як єдине ціле, при збільшенні кроку палі краще включається у роботу плита ростверку.

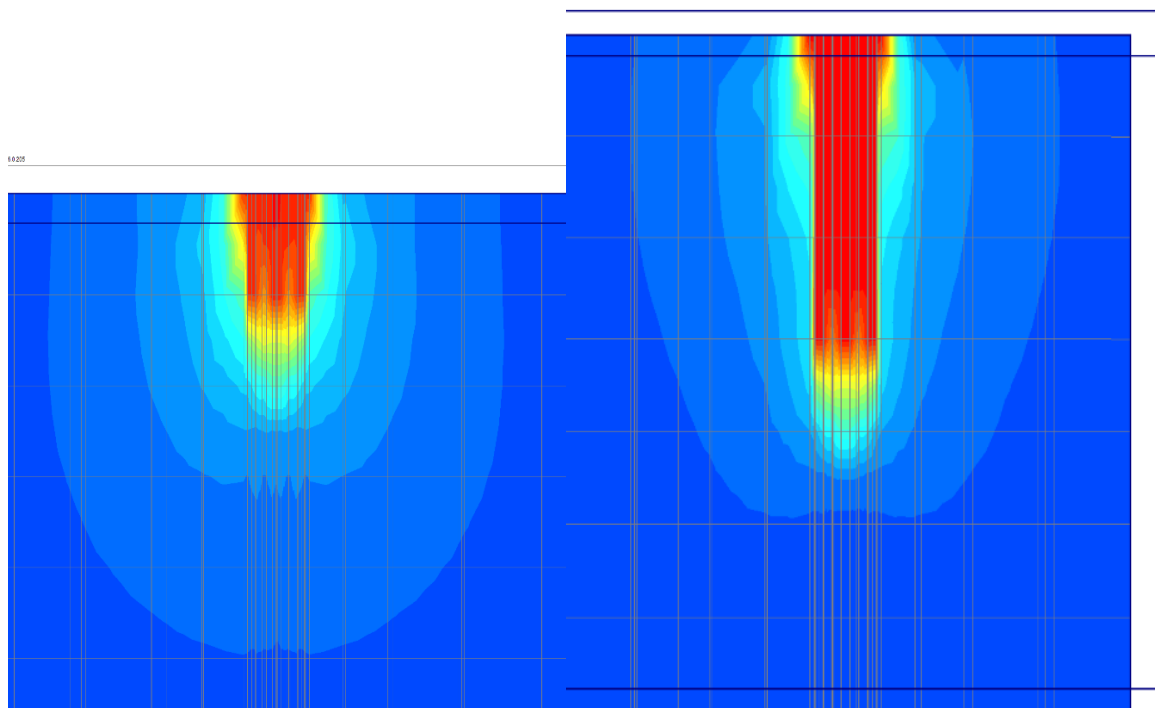


Рис. 2.11 – Мозаїка вертикальних деформацій ґрунту для пальового фундаменту з ростверком 2,4 м x 2,4 м; довжина паль відповідно 3 та 9 м

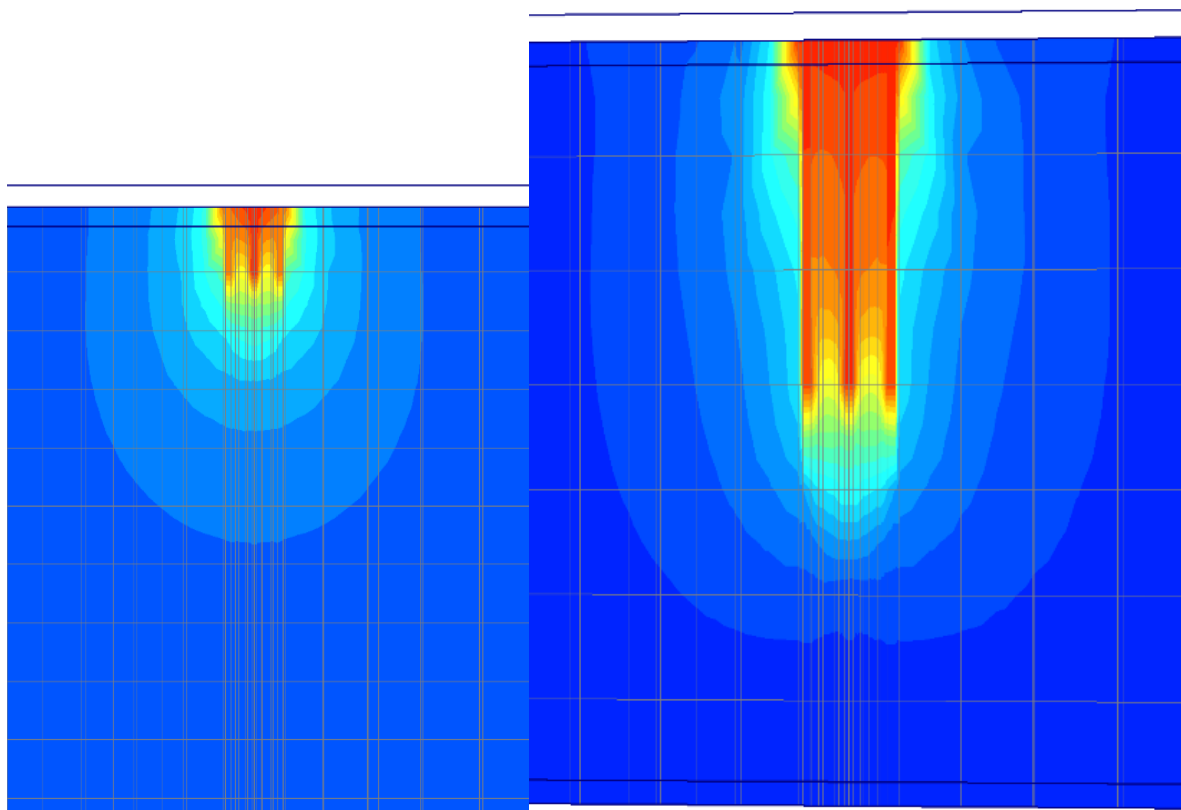


Рис. 2.12 – Мозаїка вертикальних деформацій ґрунту для пальового фундаменту з ростверком 3,6 м x 3,6 м; довжина паль відповідно 3 та 9 м

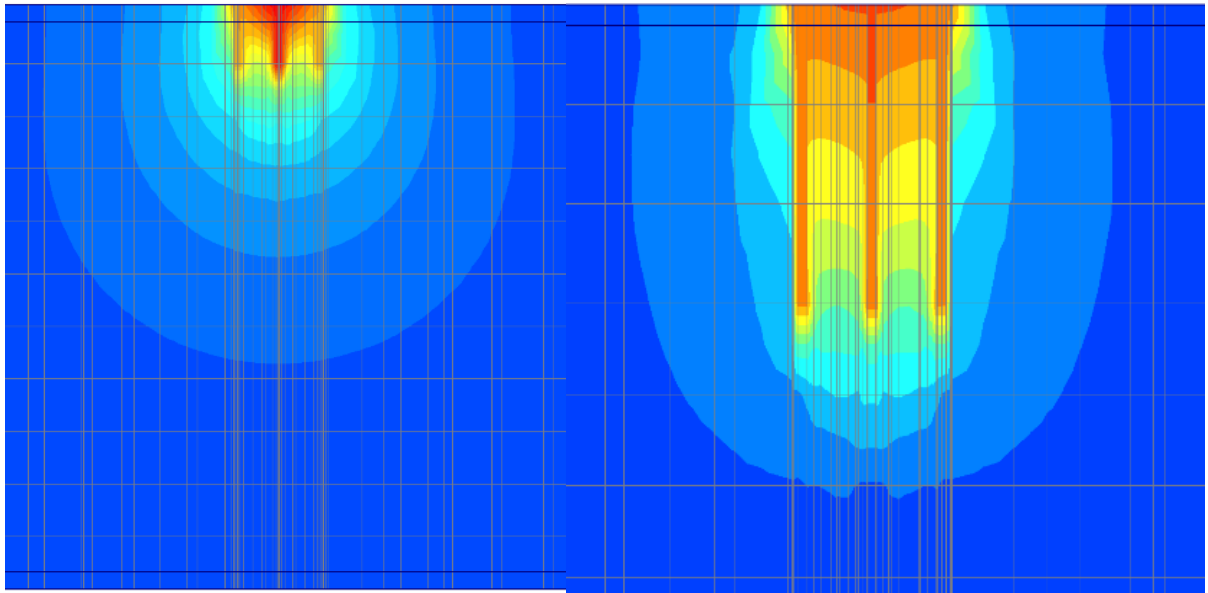


Рис. 2.13 – Мозаїка вертикальних деформацій ґрунту для пальового фундаменту з ростверком 4,8 м x 4,8 м; довжина паль 9 м

Результати моделювання наведено в таблицях 2.3, 2.4. Несуча здатність палових груп, одиночних паль та ростверків як фундаментів мілкового закладання визначена при осіданні 100 мм.

На рис. 2.14 – 2.17 наведені графіки залежності несучої здатності стовпчастого палового фундаменту в цілому від довжини паль. Одночасно на графіках показаний характер зростання суми несучих здатностей одиночних паль.

Загальна несуча здатність збільшується при збільшенні довжини і кроку паль, що закономірно, але несуча здатність фундаменту з забивних паль перевищує суму несучих здатностей одиночних паль у глинистому ґрунті, а в піщаному при кроці 3d лише для коротких паль. При збільшенні кроку паль (і відповідно збільшенні площі ростверка) загальна несуча здатність фундаменту відповідно зростає.

Але дані таблиці 2.3 показують, що врахування несучої здатності ростверка як фундаменту мілкового закладання дає завищений результат. Отже ростверк втягується в роботу, але ступінь його реалізації далекий від 100%.

Для бурових паль несуча здатність фундаменту перевищує суму несучих здатностей одиночних паль в будь-якому випадку і з збільшенням кроку паль це перевищення стає дуже суттєвим. Навіть врахування 100-відсоткової реалізації роботи плити ростверка і паль практично не дає завищеного результату.

Таблиця 2.3 – Порівняння роботи пального фундаменту з забивних палів з роботою його окремих елементів

Довжина палів, м	Крок палів	При роботі у складі фундаменту					При роботі кожного з елементів як окремого			
		Осереднене навантаження на палю фундаменту, кН	Сума зусиль в палях підсилення, кН	Навантаження, що сприймається ростверком, кН	Навантаження на фундамент кН	Частка ростверку, %	Несуча здатність одиночної палі, кН	Сума зусиль в палях, кН	Навантаження, що сприймається плитою ростверку без палів, кН	Навантаження фундамент, як сума окремих елементів кН
Забивні палі у піщаному ґрунті										
3 м	3d	508,3	4574	625,4	5000	12,5	415	3735	3069	6804
	5d	765,9	6892	1920,2	8813	21,8			6002	9737
	7d	853,4	7681	4178	11859	34,9			9603	13338
6м	3d	688,6	6197	282,9	6480	5,8	778	7002	3069	10071
	5d	966,9	8702	1666,3	10368	16,7			6002	13004
	7d	986	8874	4718,7	13593	36,4			9603	16605
9м	3d	905,7	8151	257,7	8409	3,1	1220	10980	3069	14049
	5d	1269	11420	1540	12960	11,9			6002	16982
	7d	1324	11915	4566,2	16481	27,5			9603	20583
12м	3d	1142	10276	263,7	10540	2,5	1740	15660	3069	18729
	5d	1601	14447	1622,7	16070	10,4			6002	21662
	7d	1663	14967	4616,6	19584	23,6			9603	25263
Забивні палі у глинистому ґрунті										
3 м	3d	395,3	3558	359,3	3917	9,2	315	2835	1896	4731
	5d	654,0	5886	843,8	6730	12,5			3426	6261
	7d	658,5	5926	2774	8700	31,7			5491	8326
6м	3d	540,4	4864	205,0	5069	4,0	480	4320	1896	6216
	5d	772,3	6959	1206,4	8165	14,8			3426	7746
	7d	835	7515	2852,6	10368	27,5			5491	9811
9м	3d	710,5	6395	171,3	6566	2,6	680	6120	1896	8016
	5d	1010	9095	1265	10360	12,2			3426	9546
	7d	1238	11143	1757	12900	15,2			5491	11611
12м	3d	904	8138	162,9	8300	2,0	910	8190	1896	10086
	5d	1262	11360	1470,3	12830	12,2			3426	11616
	7d	1370	12333	3337	15670	21,3			5491	13681

Таблиця 2.4 – Порівняння роботи пального фундаменту з бурових палів з роботою його окремих елементів

Довжина палів, м	Крок палів	При роботі у складі фундаменту					При роботі кожного з елементів як окремого			
		Осереднене навантаження на палю фундаменту, кН	Сума зусиль в палях підсилення, кН	Навантаження, що сприймається ростверком, кН	Навантаження на фундамент кН	Частка ростверку, %	Несуча здатність одиначної палі, кН	Сума зусиль в палях, кН	Навантаження, що сприймається плитою ростверку без палів, кН	Навантаження фундамент, як сума окремих елементів кН
Бурові палі у піщаному ґрунті										
3 м	3d	388,1	3493	1460,9	4954	29,5	240	2160	3174	5334
	5d	632,3	5691	2733,3	8424	32,4			6086	8246
	7d	654,3	5889	5861	11750	49,9			9677	11837
6м	3d	535,2	4817	1404	6221	22,6	357	3213	3174	6387
	5d	709,9	6389	3331	9720	34,3			6086	9299
	7d	739,5	6655	6247	12909	48,4			9677	12890
9м	3d	694	6246	1703	7949	21,4	467	4203	3174	7377
	5d	880,7	7926	4062	11988	33,9			6086	10289
	7d	881,6	7934	7272	15206	47,8			9677	13880
12м	3d	816,4	70347	2041	9389	21,7	585	5265	3174	8439
	5d	1041	9372	5144	14515	35,4			6086	11351
	7d	1014	9130	8610	17740	48,5			9677	14942
Бурові палі у глинистому ґрунті										
3 м	3d	348,6	3137	721,9	3859	18,7	215	1935	1961	3896
	5d	570,6	5135	1344	6480	20,7			3474	5409
	7d	583,3	5250	3275	8525	38,4			5533	7468
6м	3d	454,9	4094	917,0	5011	18,3	300	2700	1961	4661
	5d	647,2	5825	2081	7906	26,3			3474	6174
	7d	686,8	6181	3726	9907	37,6			5533	8233
9м	3d	581,6	5234	1101	6336	17,4	405	3645	1961	5607
	5d	787,6	7088	2632	9720	27,1			3474	7119
	7d	837,1	7533	4446,4	11981	37,1			5533	9178
12м	3d	725,6	6530	1362	7891	17,3	522	4696	1961	6657
	5d	970,2	8732	2932	11664	25,1			3474	8170
	7d	984,9	8864	4730	13594	34,8			5533	10229

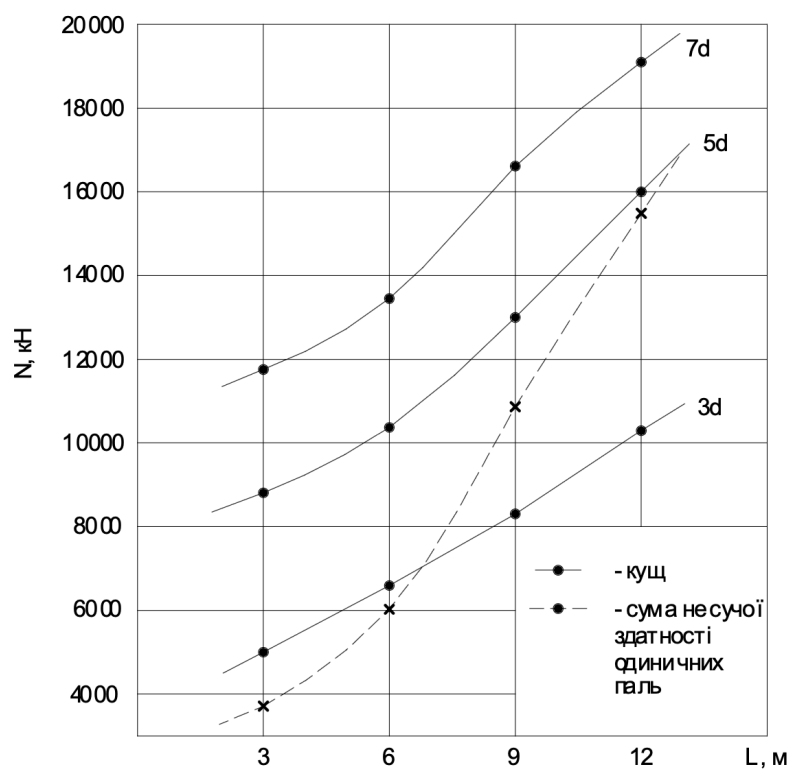


Рис. 2.14 – Графік залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини паль (палі забивні, ґрунт – пісок)

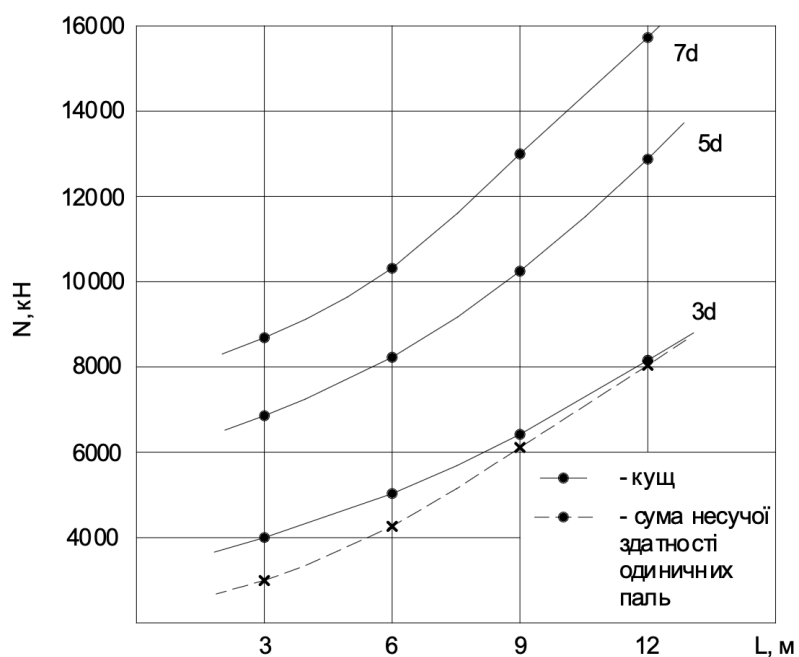


Рис. 2.15 – Графік залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини паль (палі забивні, ґрунт – суглинок)

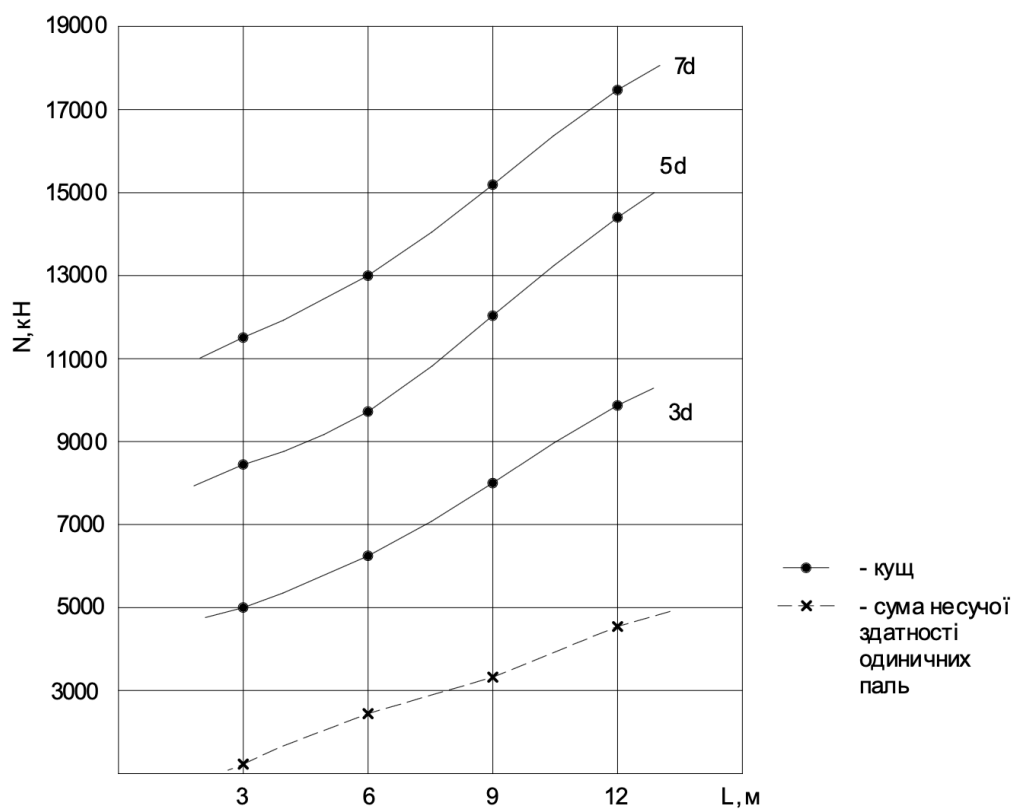


Рис. 2.16 – Графік залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини паль (палі бурові, ґрунт – пісок)

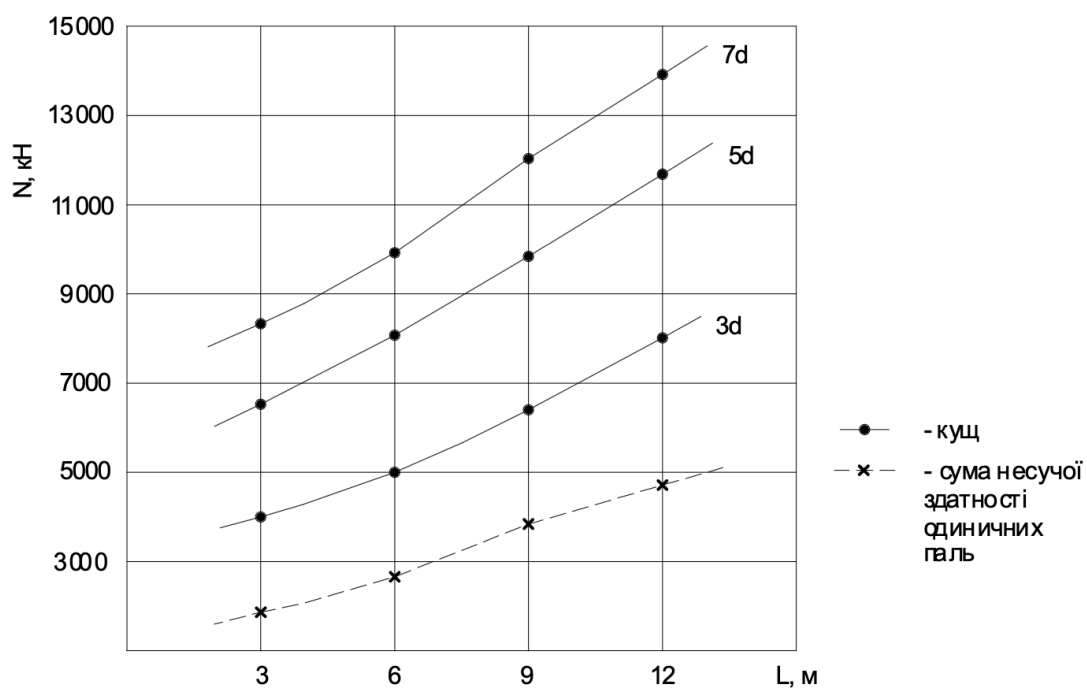
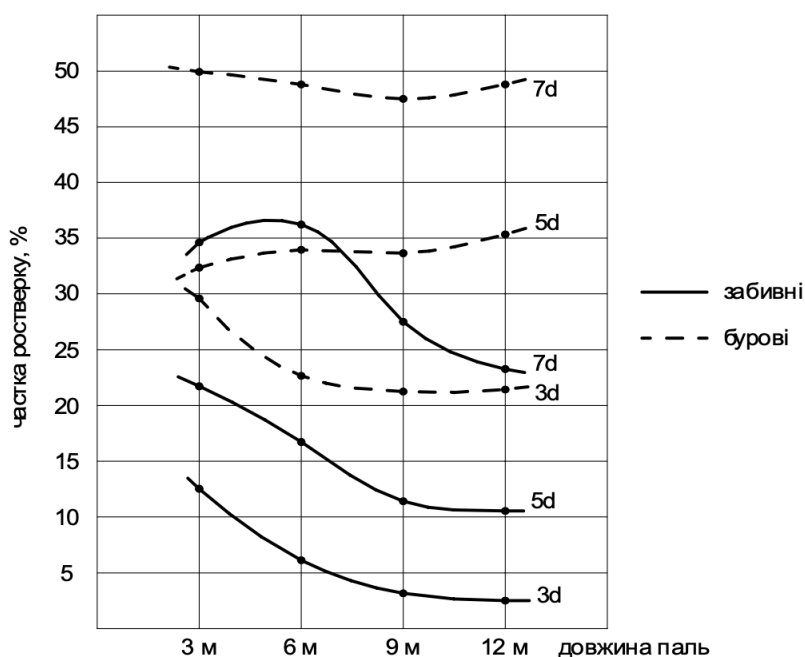


Рис. 2.17 – Графік залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини паль (палі бурові, ґрунт – суглинок)

Можна відзначити також, що збільшення довжини палі у 4 рази дає збільшення несучої здатності фундаменту лише у 1,5 рази при кроці 7d і у 2 рази при кроці 3d. Отже, ефективність роботи коротких палей у складі фундаменту значно вища.

На рис. 2.18 наведений графік залежності частки плити ростверку у навантаженні на фундамент від довжини палей при різному значенні кроку.

а)



б)

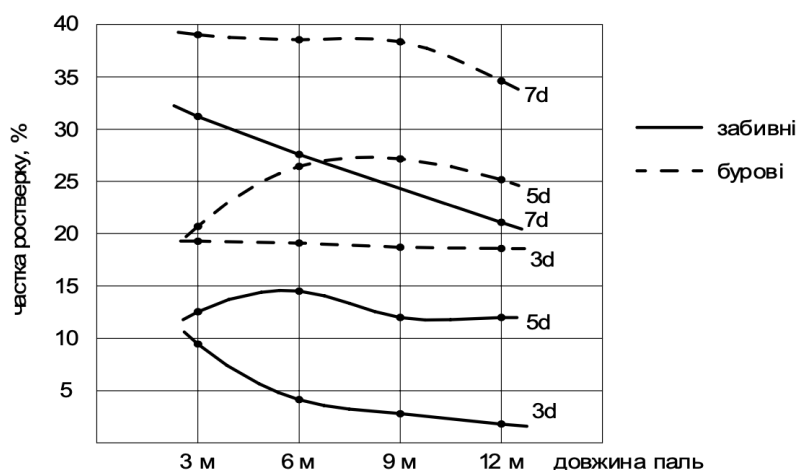


Рис. 2.18 – Графіки залежності частки ростверку у навантаженні на стовпчастий палевий фундамент з забивних та бурових палей від довжини і кроку палей: а) – для піщаного ґрунту; б) – для глинистого ґрунту

За результатами математичного моделювання, наведеними у табл. 2.3 та 2.4 та на рис. 2.18 видно, що частка ростверку найбільш суттєво залежить від кроку



паль. При збільшенні довжини палі частка ростверку у навантаженні на фундамент несуттєво знижується. але, тим не менш, для коротких палей довжиною 3 м можна відзначити більшу участь ростверка у роботі у порівнянні з довгими палями.

Вид ґрунту має аналогічний вплив на зміну частки ростверку у складі палевих фундаментів незалежно від виду палей.

У таблицях 2.5 – 2.8 наведені значення ступеню реалізації несучої здатності палей у складі палевого фундаменту (відношення усередненого навантаження на палею у складі фундаменту до несучої здатності одиночної палі) і ступеню реалізації опору основи під подошвою ростверка (відношення навантаження, що сприймається ростверком у складі фундаменту, до навантаження, що сприймається плитою ростверку без палей).

Таблиця 2.5 – Ступінь реалізації несучої здатності забивних палей та ростверку для палевого фундаменту у піщаному ґрунті

Крок палей	L = 3 м		L = 6 м		L = 9 м		L = 12 м	
	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку
3d	1,22	0,20	0,89	0,09	0,74	0,08	0,66	0,08
5d	1,84	0,32	1,24	0,28	1,04	0,26	0,92	0,28
7d	2,0	0,44	1,27	0,49	1,09	0,47	0,96	0,48

Таблиця 2.6 – Ступінь реалізації несучої здатності забивних палей та ростверку для палевого фундаменту у глинистому ґрунті

Крок палей	L = 3 м		L = 6 м		L = 9 м		L = 12 м	
	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку
3d	1,25	0,19	1,12	0,11	1,04	0,09	0,99	0,09
5d	2,08	0,25	1,61	0,35	1,49	0,37	1,39	0,43
7d	2,09	0,50	1,74	0,52	1,82	0,32	1,50	0,61

Таблиця 2.7 - Ступінь реалізації несучої здатності бурових палей та ростверку для палевого фундаменту у піщаному ґрунті

Крок палей	L = 3 м		L = 6 м		L = 9 м		L = 12 м	
	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку
3d	1,62	0,460	1,5	0,442	1,49	0,536	1,40	0,642
5d	2,63	0,427	1,99	0,520	1,89	0,667	1,78	0,845
7d	2,72	0,605	2,07	0,645	1,89	0,751	1,73	0,890

Таблиця 2.8 – Ступінь реалізації несучої здатності бурових паль та ростверку для пального фундаменту у глинистому ґрунті

Крок паль	L = 3 м		L = 6 м		L = 9 м		L = 12 м	
	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку	для палі	для ростверку
3d	1,62	0,368	1,52	0,468	1,44	0,562	1,34	0,694
5d	2,65	0,387	2,16	0,599	1,94	0,757	1,86	0,844
7d	2,71	0,591	2,29	0,673	2,07	0,804	1,89	0,855

На рис. 2.19 та 2.20 наведені графіки, які показують залежності реалізації несучої здатності паль і несучої здатності ростверка у складі пального фундаменту від довжини і кроку паль.

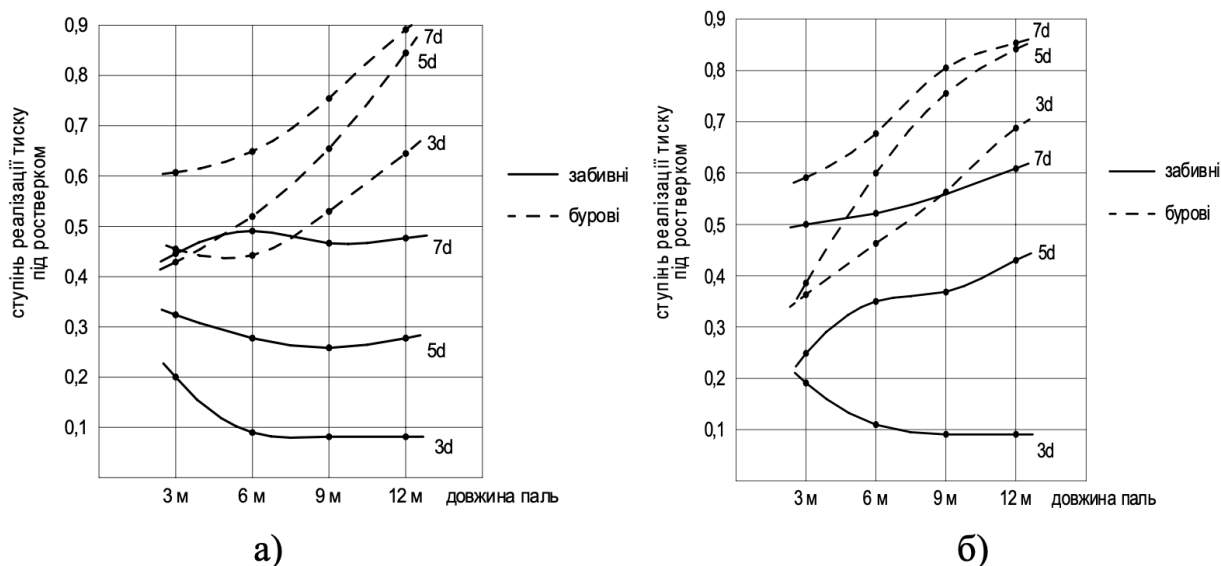


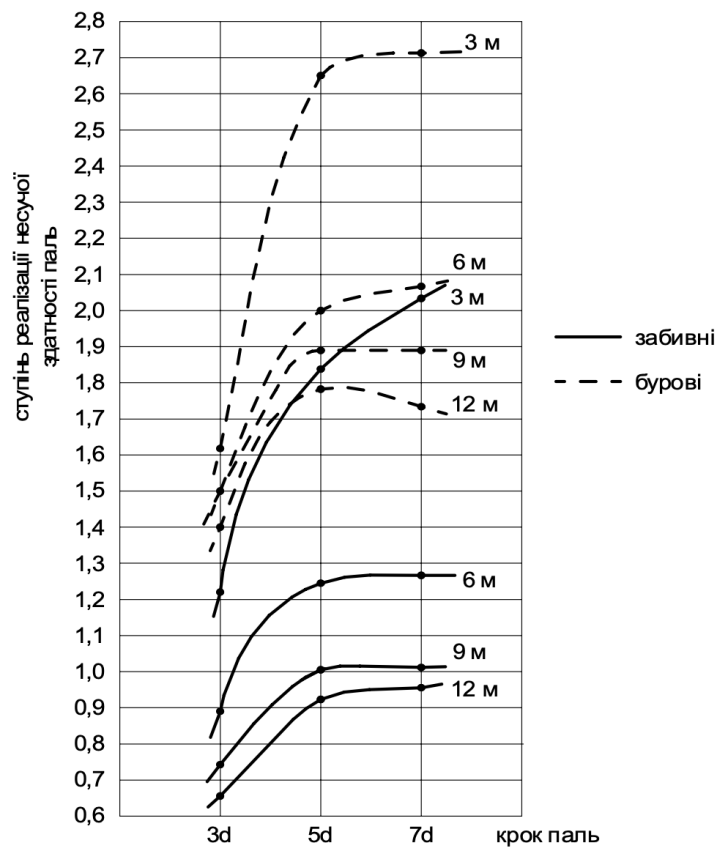
Рис. 2.19 – Ступінь реалізації тиску під ростверком для пального фундаменту з забивних та бурових паль в залежності від довжини і кроку паль: а) – для піщаного ґрунту; б) – для глинистого ґрунту

З аналізу табл. 2.5 – 2.8 та рис. 2.19, 2.20 можна бачити, що ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пального фундаменту змінюється при зміні довжини і відстані між палями.

Найкраще себе реалізують у складі пального фундаменту короткі палі. Реалізація несучої здатності паль збільшується і при збільшенні відстані між палями. При зміні виду ґрунту характер включення паль у роботу практично не змінюється.

При роботі у складі пального фундаменту ростверк не повністю реалізується у

а)



б)

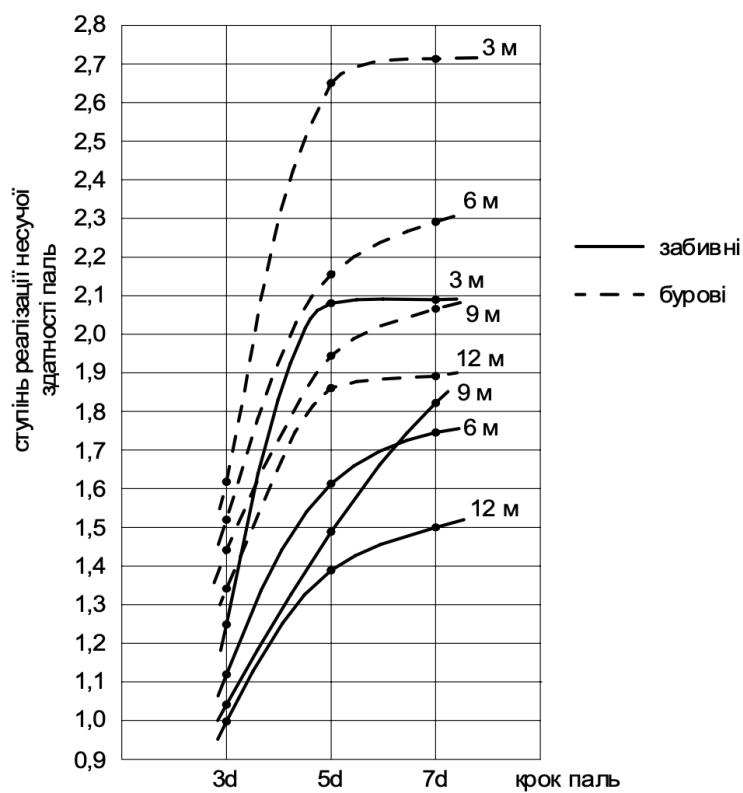


Рис. 2.20 – Ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пального фундаменту з забивних та бурових палів в залежності від довжини і кроку палів:  
а) – для піщаного ґрунту; б) – для глинистого ґрунту

порівнянні з можливим навантаженням на ростверк, як на фундамент мілкового закладання. Для фундаментів з бурових паль ступінь реалізації тиску під підошвою ростверку, як і ступінь реалізації несучої здатності паль вища, ніж для фундаментів з забивних паль (в інтервалі 0,4-0,9 для фундаментів з бурових паль і 0,08-0,6 для фундаментів з забивних паль).

Як бачимо, довжина палі для фундаментів з забивних паль несуттєво впливає на роботу ґрунту під ростверком. Для фундаментів з бурових паль такий вплив є: при збільшенні довжини паль ростверк сприймає більше навантаження.

Ґрунт краще включається у роботу при збільшенні кроку паль для обох досліджених видів ґрунтів.

## **Висновки за розділом 2**

1. Палі в групі з низьким ростверком працюють не так, як одиночні. Палі поступово включаються у роботу із зростанням навантаження на куц, навантаження на палі у складі пального фундаменту зростає і при значних осіданнях перевищує несучу здатність одиночної палі для палиових фундаментів з кроком паль більше 3d.

2. Реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту з великою відстанню між палями значно краща. Довжина паль також впливає на ступінь їх реалізації. При збільшенні довжини несуча здатність паль реалізується менше. Найбільша реалізація несучої здатності паль у складі фундаменту спостерігається для коротких паль.

3. Реалізація тиску під підошвою ростверку із збільшенням кроку паль також збільшується, реалізація несучої здатності ростверку складає від 8 до 50%, що дозволяє підвисити несучу здатність фундаменту.

4. Для двох досліджених видів ґрунту характер перерозподілу зусиль між елементами стовпчастого пального фундаменту аналогічний.

5. Фундамент з забивних паль довжиною 12 м при розмірах ростверка  $2,4 \times 2,4$  м має таку ж несучу здатність, як фундамент з паль довжиною 6 м при розмірах ростверка  $3,6 \times 3,6$  м і фундамент з паль довжиною 3 м при розмірах ростверка  $4,8 \times 4,8$  м.

### **3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОРОТКИХ ПАЛЬ У СКЛАДІ СТОВПЧАСТИХ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ**

#### **3.1 Вплив довжини паль і габаритів ростверка на несучу здатність фундаменту**

Аналіз графіків на рис. 2.14 – 2.17 показує, що фундамент з забивних паль довжиною 12 м при розмірах ростверка  $2,4 \times 2,4$  м (крок паль 3d) має таку ж несучу здатність, як фундамент з паль довжиною 6 м при розмірах ростверка  $3,6 \times 3,6$  м (крок паль 5d) і фундамент з паль довжиною 3 м при розмірах ростверка  $4,8 \times 4,8$  м (крок паль 7d). Слід відзначити, що графіки побудовані для значень несучої здатності при осіданні 100 мм.

Для фундаментів з бурових паль картина ще краще. Несуча здатність фундаменту з паль довжиною 3 м наближається до несучої здатності фундаменту з паль довжиною 12 м при розмірах ростверка  $2,4 \times 2,4$  м вже при розмірі ростверка  $3,6 \times 3,6$  м.

Таким чином можна значно скоротити довжину паль за рахунок збільшення габаритів ростверка.

Для кращого розуміння впливу окремих елементів пального фундаменту на його сумарну несучу здатність на графіках рис. 3.1 – 3.4 наведена залежність навантаження, що припадає на ростверк і палі у складі фундаменту від довжини і кроку паль. На рисунках показана також залежність сумарної несучої здатності одиночних паль від їх довжини. Значення навантажень на ростверк і палі на рис. 3.1 – 3.4 визначались для осідання 100 мм.

Бачимо, що навантаження, що припадає на ростверк, практично не залежить від довжини паль як для забивних, так і бурових паль і при різних видах ґрунту основи. Видно також, що при коротких палях ростверк забезпечує сприйняття значної частки навантаження на фундамент, а при довгих палях переважну частку навантаження беруть на себе палі.

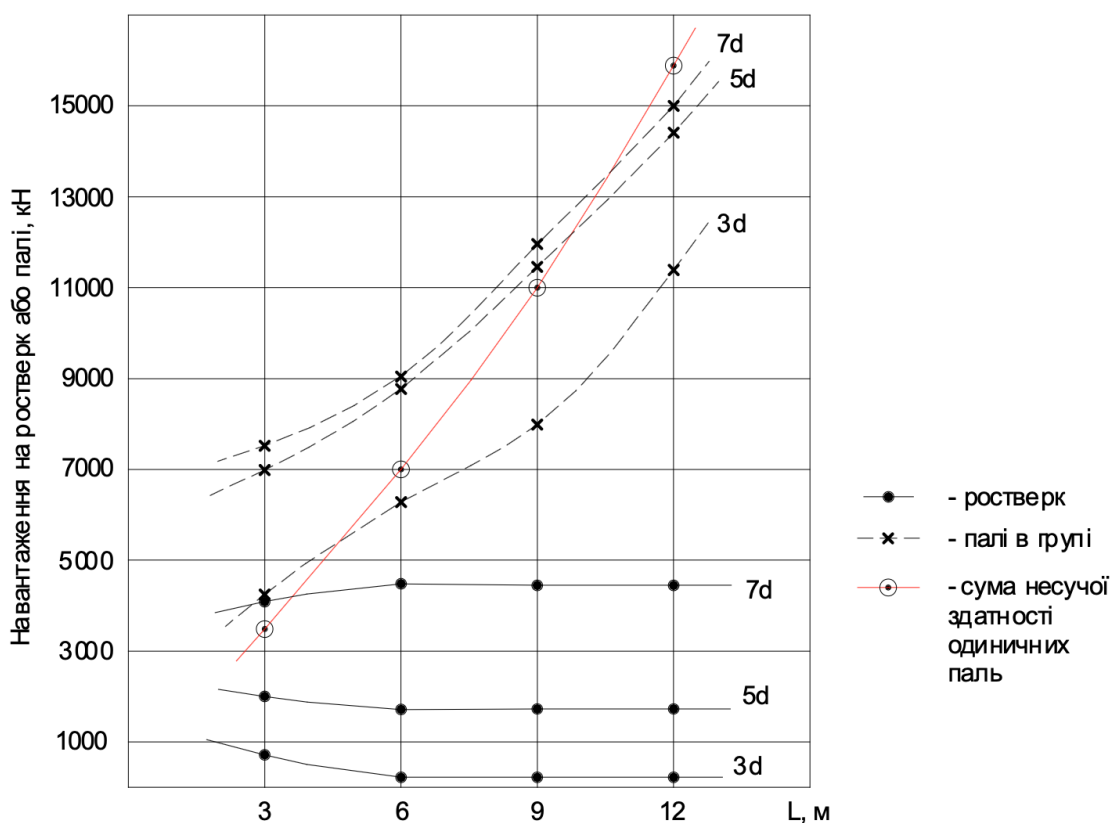


Рис. 3.1 – Залежність навантаження, що припадає на ростверк і палі у складі пального фундаменту від довжини і кроку палей (палі забивні, ґрунт піщаний)

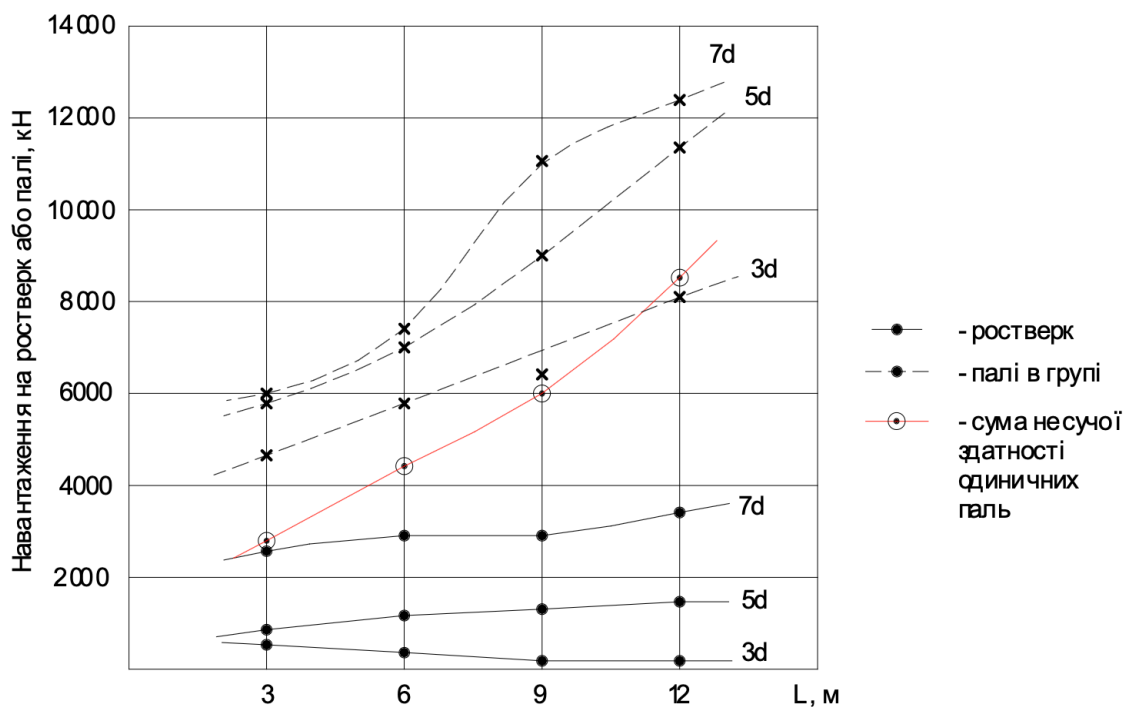


Рис. 3.2 – Залежність навантаження, що припадає на ростверк і палі у складі пального фундаменту від довжини і кроку палей (палі забивні, ґрунт глинистий)

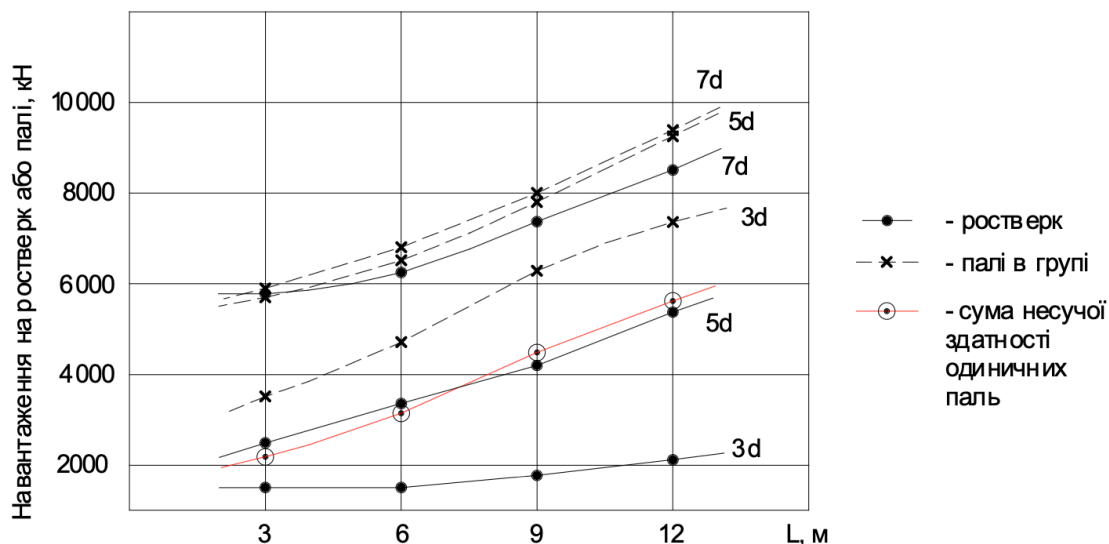


Рис. 3.3 – Залежність навантаження, що припадає на ростверк і палі у складі пального фундаменту від довжини і кроку палей (палі бурові, ґрунт піщаний)

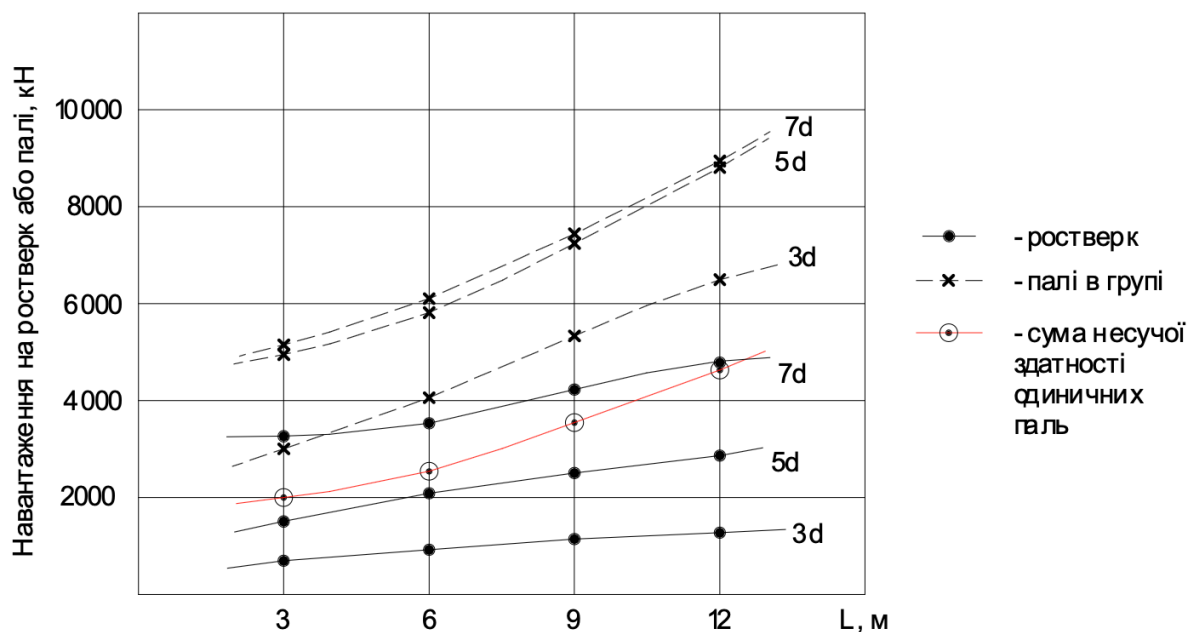


Рис. 3.4 – Залежність навантаження, що припадає на ростверк і палі у складі пального фундаменту від довжини і кроку палей (палі бурові, ґрунт глинистий)

Видно також, що палі у складі фундаменту краще себе реалізують, ніж одиничні. Виключення складають фундаменти з забивних палей у піщаних ґрунтах (рис. 3.1), але і в цьому випадку гірша реалізація несучої здатності палей стосується лише довгих палей. Для палей довжиною 3 м в будь-якому випадку палі у групі сприймають більше навантаження, ніж сума несучих здатностей одиничних палей.

Представляє інтерес визначення питомої несучої здатності палей та ростверків у складі фундаментів. З використанням даних таблиць 2.3 та 2.4 виконані розрахунки таких значень питомої несучої здатності палей та ростверків (відношення несучої здатності елемента до його об'єму,  $\text{кН/м}^3$ ). Результати розрахунків представлені у таблиці 3.1 та на рис. 3.5 – 3.8.

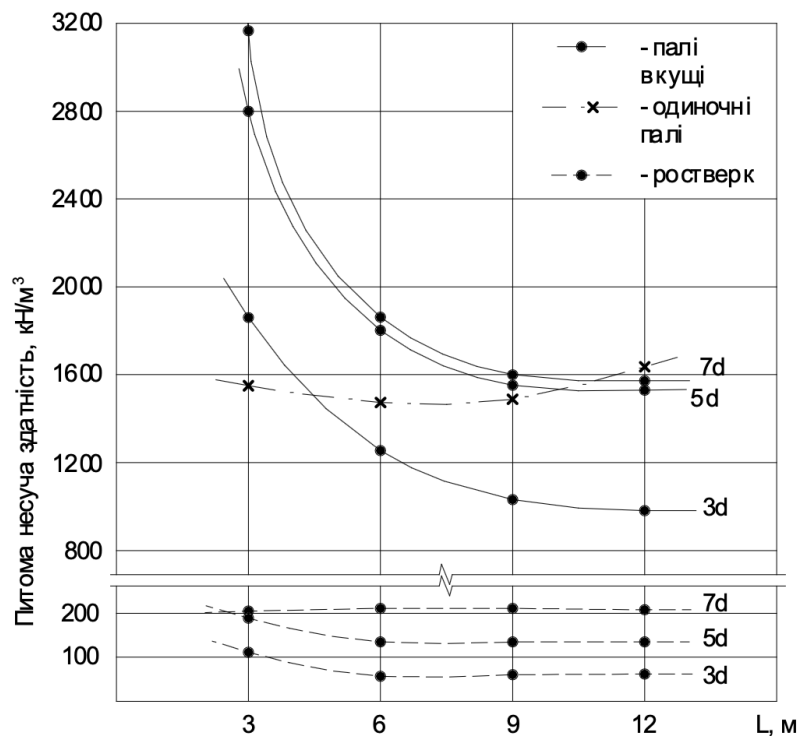


Рис. 3.5 – Залежність питомої несучої здатності палей і ростверка від довжини і кроку палей (палей забивні, ґрунт піщаний)

З таблиці 3.1 та рис. 3.5 – 3.8 чітко видно, що питома несуча здатність коротких палей у всіх випадках є найбільшою (питома несуча здатність триметрової палей перевищує питому несучу здатність дванадцятиметрової палей в 1,5 – 2 рази. Питома несуча здатність палей зростає також і при збільшенні кроку палей (розмірів ростверка). Такі залежності спостерігаються як для забивних, так і для бурових палей незалежно від виду ґрунту.



Таблиця 3.1 – Питома несуча здатність палів та ростверків, кН/м<sup>3</sup>

Довжина палів, м	Крок палів	Забивні палі у піщаних грунтах			Забивні палі у глинистих грунтах			Бурові палі у піщаних грунтах			Бурові палі у глинистих грунтах		
		Питома несуча здатність палів	Питома несуча здатність ростверка	Питома несуча здатність одиночної палі	Питома несуча здатність палів	Питома несуча здатність ростверка	Питома несуча здатність одиночної палі	Питома несуча здатність палів	Питома несуча здатність ростверка	Питома несуча здатність одиночної палі	Питома несуча здатність палів	Питома несуча здатність ростверка	Питома несуча здатність одиночної палі
3 м	3d	1882	118	1537	1390	68	1167	1437	276	888	1291	136	796
	5d	2836	160		2422	70		2342	228		2113	112	
	7d	3161	193		2439	128		2423	271		2160	151	
6 м	3d	1275	54	1440	1001	39	889	991	265	661	842	173	555
	5d	1791	139		1430	101		1315	278		1199	173	
	7d	1826	218		1546	132		1369	289		1272	172	
9 м	3d	1118	49	1506	877	32	840	857	322	576	718	208	500
	5d	1567	128		1247	105		1087	339		972	219	
	7d	1635	211		1528	81		1088	336		1033	206	
12 м	3d	1057	50	1611	837	31	843	756	386	542	672	257	483
	5d	1482	135		1168	123		964	429		898	244	
	7d	1540	213		1269	154		939	398		912	219	

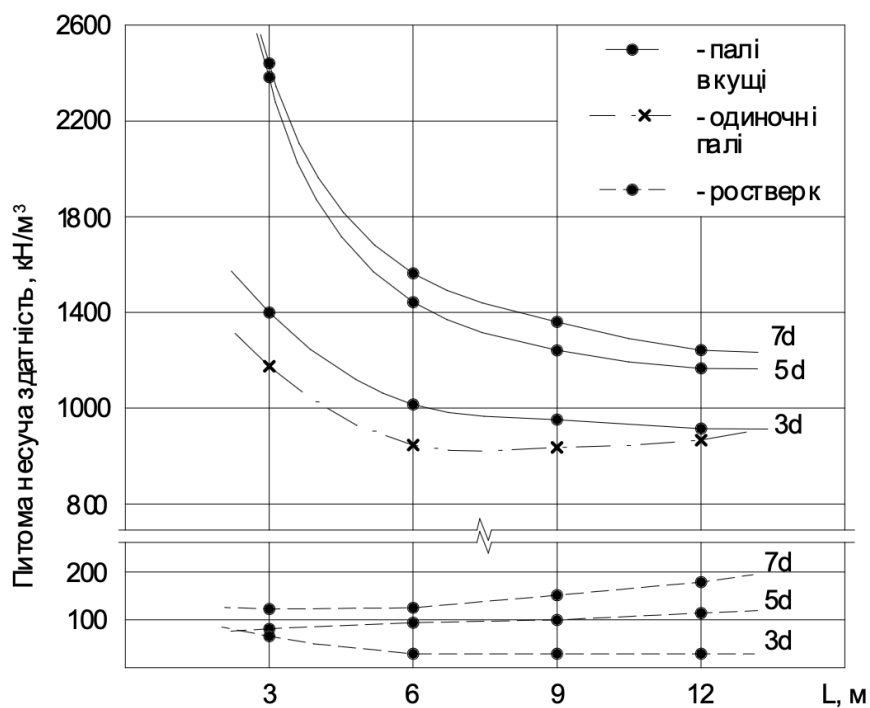


Рис. 3.6 – Залежність питомої несучої здатності палів і ростверка від довжини і кроку палів (палі забивні, ґрунт глинистий)

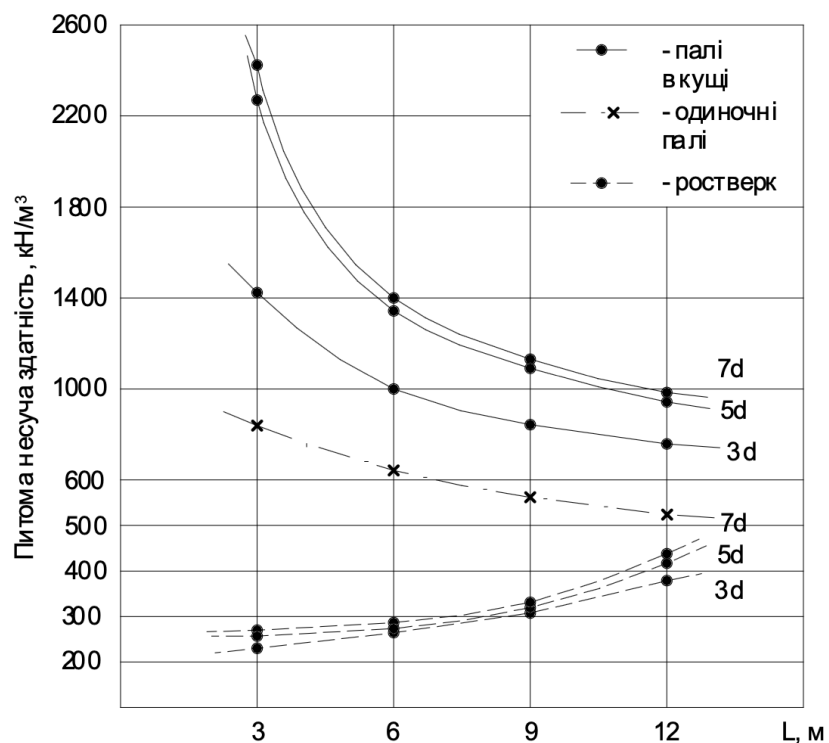


Рис. 3.7 – Залежність питомої несучої здатності палів і ростверка від довжини і кроку палів (палі бурові, ґрунт піщаний)

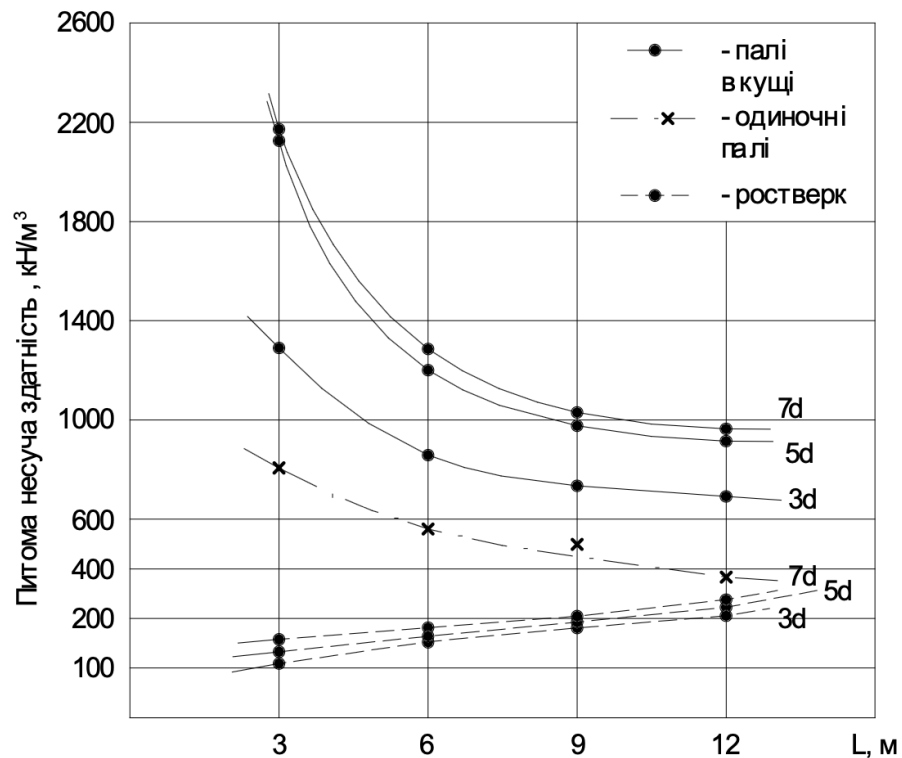


Рис. 3.8 – Залежність питомої несучої здатності палів і ростверка від довжини і кроку палів (палі бурові, ґрунт глинистий)

Що стосується питомої несучої здатності ростверка, то вона практично не залежить від довжини палів і несуттєво збільшується із збільшенням їх кроку для забивних палів і практично не залежить від кроку і несуттєво збільшується із збільшенням довжини для бурових. Вид ґрунту не впливає на якісну картину розподілу питомої несучої здатності ростверка.

Отже, керівним фактором, який визначає ефективність роботи пального фундаменту, є довжина палів і короткі палі мають явну перевагу над довгими.

Аналіз дає підставу сподіватись, що заміна фундаменту з довгих палів з компактним ростверком на фундамент з коротких палів з більшими габаритами ростверка може бути ефективною.

Подальший аналіз ефективності такої заміни виконаний для фундаментів з забивних палів, оскільки для них така ефективність буде мінімальною.

Оскільки графіки на рис. 2.14 – 2.17 та 3.1 – 3.8 відображують несучу здатність елементів фундаменту при граничному значенні осідання 100 мм, то для коректного техніко-економічного порівняння конструктивних рішень були

визначені значення несучої здатності одиночних паль за методикою норм [1], а також осідання палових фундаментів з забивних паль, запроєктованих з умови, що навантаження на куц дорівнює сумі несучих здатностей паль. Розглядався куц з 9 паль довжиною 12 м і ростверком з розмірами 2,4 × 2,4 м, а також куц з 9 паль довжиною 3 м з ростверком 4,8 × 4,8 м. Результати представлені у таблицях 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Несуча здатність,  $F_d$ , одиночної палі, визначена за методикою норм, кН

	L = 3 м	L = 6 м	L = 9 м	L = 12 м
Грунт - пісок	292	455	637	835
Грунт - суглинок	264	406	566	740

Таблиця 3.3 – Осідання палового куца, см, визначене за методом пошарового підсумовування як для умовного фундаменту мілкового закладання

	9 паль довжиною 12 м з ростверком 2,4 × 2,4 м	9 паль довжиною 3 м з ростверком 4,8 × 4,8 м
Грунт - пісок	3,5	3,7
Грунт - суглинок	7,3	6,0

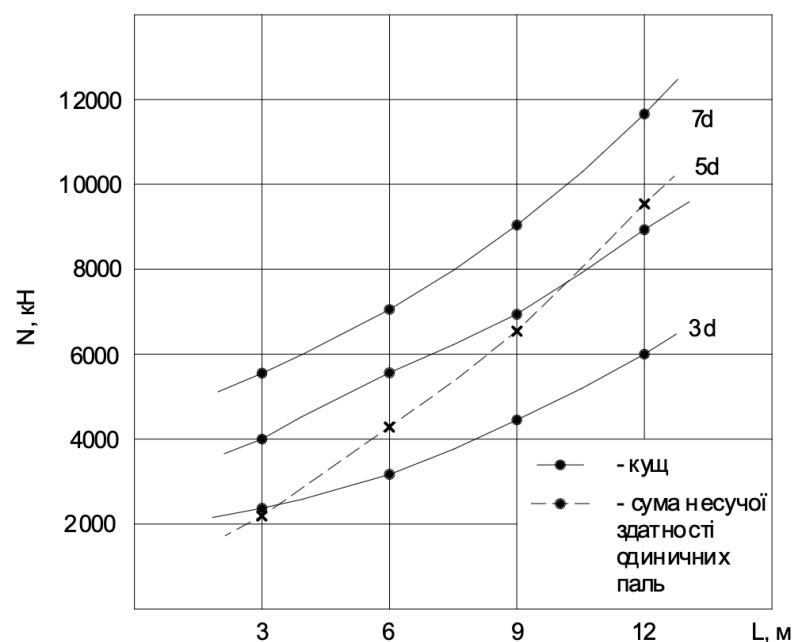
У таблиці 3.4 та на рис. 3.9 та 3.10 наведені навантаження на куц і сума зусиль в одиночних палях, одержані за результатами моделювання, але не для осідання 100 мм, а для осідання відповідно  $s = 3$  см для піщаного ґрунту і  $s = 5$  см для глинистого ґрунту, що буде відповідати параметрам палових фундаментів, запроєктованих за нормами.

Таблиця 3.4 - Навантаження на паловий фундамент і сума зусиль в одиночних палях за результатами моделювання

Довжина палі, м	Крок палі	Навантаження на фундамент, кН	Зусилля в одиночній палі, кН	Сума зусиль в одиночних палях, кН
Забивні палі у піщаному ґрунті при $s = 3$ см				
3 м	3d	2400	231	2079
	5d	4050		
	7d	5300		

Продовження таблиці 3.4

Довжина паль, м	Крок паль	Навантаження на фундамент, кН	Зусилля в одиночній палі, кН	Сума зусиль в одиночних палях, кН
6 м	3d	3180	454	4086
	5d	5440		
	7d	6200		
9 м	3d	4500	722	6496
	5d	6830		
	7d	8000		
12 м	3d	5870	1060	9540
	5d	9050		
	7d	11760		
Забивні палі у глинистому ґрунті при $s = 5$ см				
3 м	3d	2840	270	2430
	5d	4570		
	7d	5640		
6 м	3d	3930	425	3825
	5d	6000		
	7d	7100		
9 м	3d	5210	615	5530
	5d	7900		
	7d	9090		
12 м	3d	6900	850	7650
	5d	9750		
	7d	11200		

Рис. 3.9 – Залежність навантаження на паливий фундамент і одиночні палі від довжини і кроку паль при  $s = 3$  см (пали забивні, ґрунт – пісок)

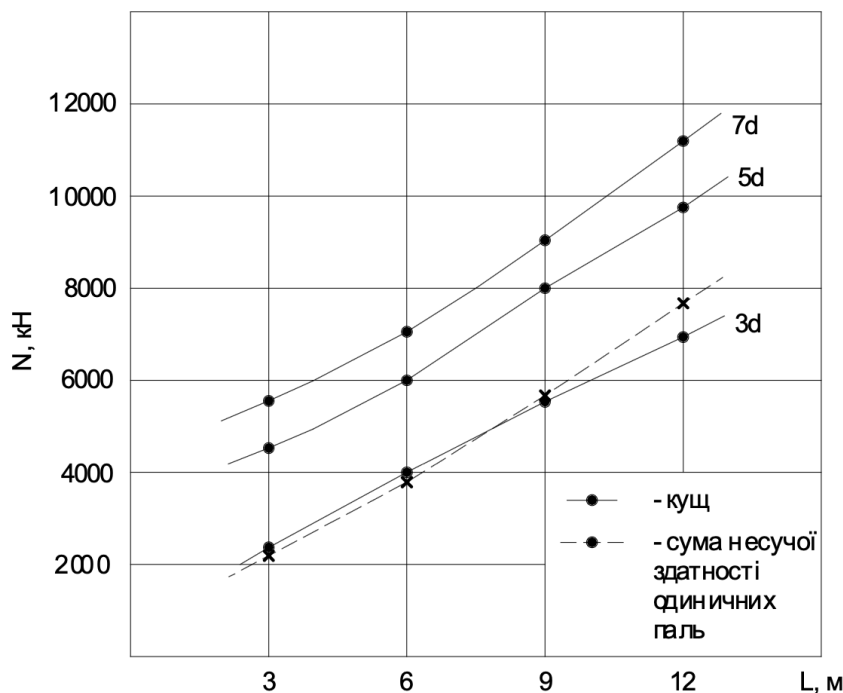


Рис. 3.10 – Залежність навантаження на пальовий фундамент і одиничні палі від довжини і кроку палей при  $s = 5$  см (палі забивні, ґрунт – суглинок)

Бачимо, що зусилля в одиничних палях приблизно відповідають їх несучим здатностям, визначеним за нормами. Дані табл. 3.4 та рис. 3.9 та 3.10 показують, що і при реальних значеннях осідань групи палей навантаження на фундамент з палей довжиною 6 м при розмірах ростверка  $3,6 \times 3,6$  м (крок палей 5d) і фундамент з палей довжиною 3 м при розмірах ростверка  $4,8 \times 4,8$  м (крок палей 7d) наближається до навантаження на фундамент з забивних палей довжиною 12 м при розмірах ростверка  $2,4 \times 2,4$  м (крок палей 3d).

Отже, підтверджується висновок про те, що можна значно скоротити довжину палей за рахунок збільшення габаритів ростверка.

### 3.2 Порівняльний аналіз вартості фундаментів з довгих та коротких палей

Для порівняння вартості були обрані три варіанти конструктивного рішення фундаменту при однаковій несучій здатності [54]:

Варіант 1 – фундамент з палей довжиною 12 м при розмірах ростверка  $2,4 \times 2,4$  м (рис. 3.11).

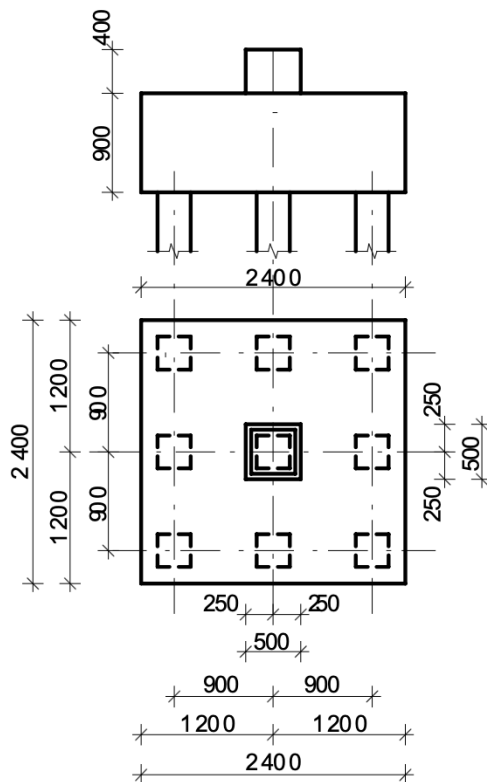


Рис. 3.11 – Конструктивне рішення фундаменту за варіантом 1

Варіант 2 – фундамент з паль довжиною 6 м при розмірах ростверка  $3,6 \times 3,6$  м (рис. 3.12).

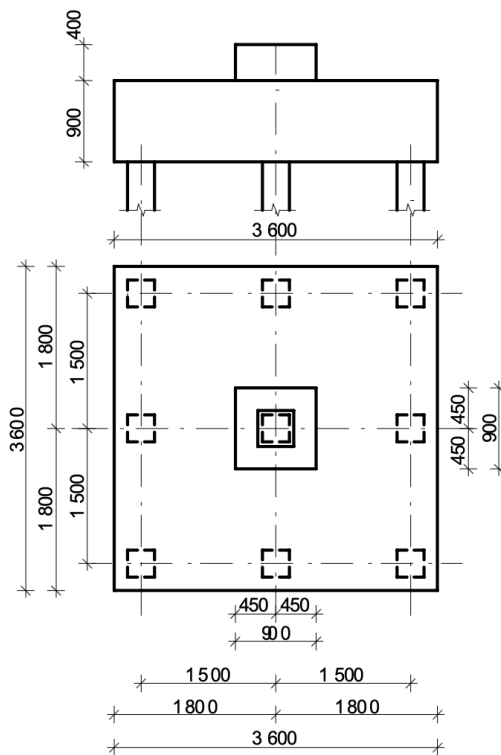


Рис. 3.12 – Конструктивне рішення фундаменту за варіантом 2

Варіант 3 – фундамент з паль довжиною 3 м при розмірах ростверка 4,8 × 4,8 м (рис. 3.13).

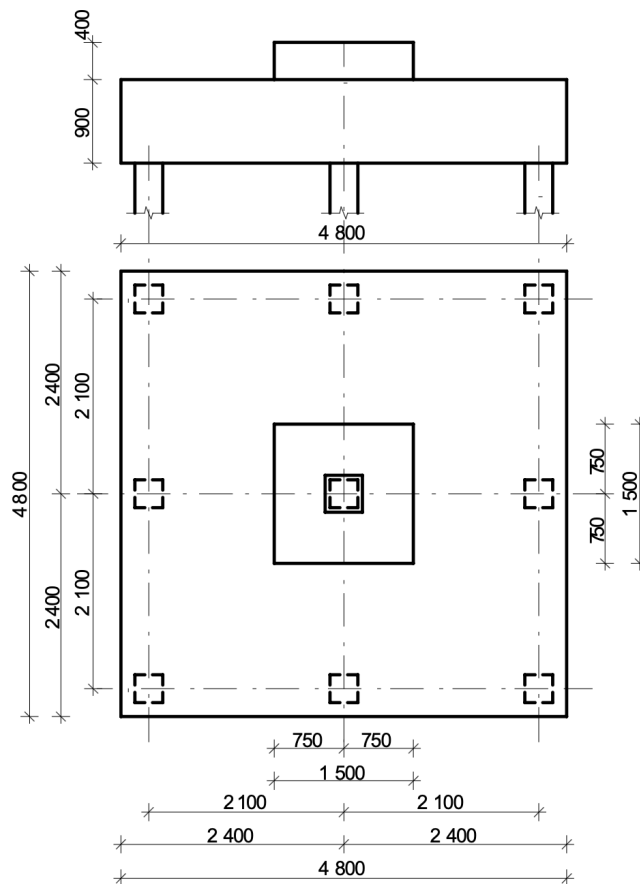


Рис. 3.13 – Конструктивне рішення фундаменту за варіантом 3

Був виконаний розрахунок міцності тіла для всіх трьох варіантів з підбиранням потрібної кількості арматури. Зрозуміло, що варіант 1 має значний об'єм паль, але незначні витрати бетону і арматури ростверка, а варіанти 2 та 3 мають зменшений об'єм паль, але значні витрати матеріалів на ростверк. Результати розрахунків наведені у таблиці 3.5 та на рис. 3.14.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку витрат матеріалів на улаштування пальових фундаментів

Витрати матеріалів	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Об'єм бетону паль, м <sup>3</sup>	9,72	4,86	2,43
Об'єм бетону ростверка, м <sup>3</sup>	5,29	12,0	21,64
Вага арматури, кг	175	398	564



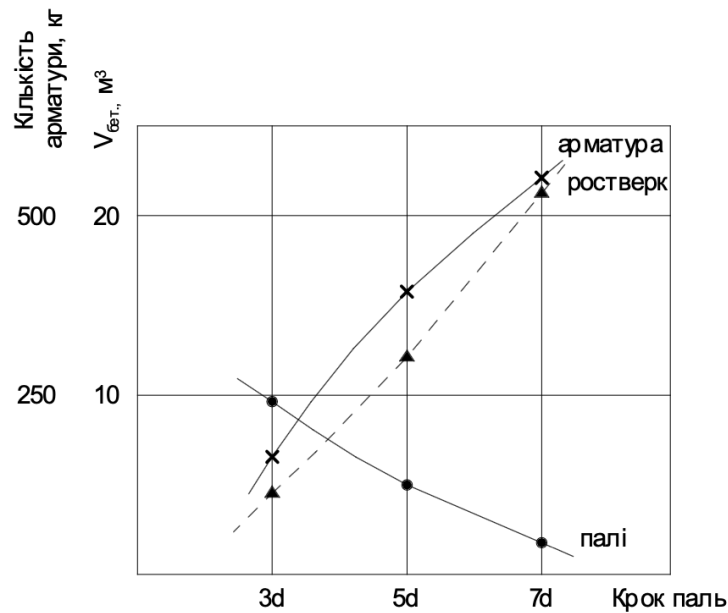


Рис. 3.14 – Залежність витрат матеріалів від кроку паль у ростверку

Як бачимо, сумарні витрати бетону і арматури при переході від довгих паль із стандартним кроком 3d до коротких паль з підвищеним кроком в цілому збільшуються за рахунок зростання об'єму ростверка і збільшення згинального моменту у тілі ростверка від реакцій паль і тиску під ростверком (більше плече сил).

Але відомо, що готові палі заводського виготовлення є найбільш дорогою конструкцією у перерахуванні на 1 м<sup>3</sup> у порівнянні з іншими збірними та монолітними елементами.

Для аналізу економічної доцільності запропонованих варіантів конструктивного рішення були складені кошториси для трьох запропонованих варіантів. Визначення обсягів робіт по варіантах наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Обсяги робіт з улаштування варіантів фундаментів

Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість
<b>1. Варіант фундаменту з 9 забивних паль С12-30 з ростверком 2,4х2,4 м</b>		
1. Занурення дизель-молотом призматичних залізобетонних паль довжиною 12 м, периметром 1200 мм у ґрунти 1 групи 0,3 <sup>2</sup> х12х9	м <sup>3</sup>	9,72
2. Кількість паль С12-30	п.м	108
3. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 товщиною 100 мм під ростверки 2,6·2,6·0,1	м <sup>3</sup>	0,68

Продовження таблиці 3.6

Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість
4. Улаштування монолітного залізобетонного стовпчастого ростверку з бетону класу В30: 2,4x2,4x0,9+0,5x0,5x0,4	м <sup>3</sup>	5,29
5. Армування для ростверку Ø16 А400С	кг	175
<b>2. Варіант фундаменту з 9 забивних паль С6-30 з ростверком 3,6x3,6 м</b>		
1. Занурення дизель-молотом призматичних залізобетонних паль довжиною 6 м, периметром 1200 мм у ґрунти І групи 0,3 <sup>2</sup> x6x9	м <sup>3</sup>	4,86
2. Кількість паль С6-30	п.м	54
3. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 товщиною 100 мм під ростверки 3,8·3,8·0,1	м <sup>3</sup>	1,44
4. Улаштування монолітного залізобетонного стовпчастого ростверку з бетону класу В30: 3,6x3,6x0,9+0,9x0,9x0,4	м <sup>3</sup>	12,0
5. Армування для ростверку Ø16 А400С	кг	398
<b>3. Варіант фундаменту з 9 забивних паль С3-30 з ростверком 4,8x4,8 м</b>		
1. Занурення дизель-молотом призматичних залізобетонних паль довжиною 3 м, периметром 1200 мм у ґрунти І групи 0,3 <sup>2</sup> x3x9	м <sup>3</sup>	2,43
2. Кількість паль С3-30	п.м	27
3. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 товщиною 100 мм під ростверки 5,0·5,0·0,1	м <sup>3</sup>	2,5
4. Улаштування монолітного залізобетонного стовпчастого ростверку з бетону класу В30: 4,8x4,8x0,9+1,5x1,5x0,4	м <sup>3</sup>	21,6
5. Армування для ростверку Ø16 А400С	кг	564

Результати розрахунку кошторисної вартості наведені у додатку Б і у таблиці 3.7 та на рис. 3.15.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку кошторисної вартості улаштування пальових фундаментів

Кошторисна вартість	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Вартість улаштування паль, тис. грн.	126,47	59,69	25,81
Вартість улаштування ростверка, тис. грн.	15,64	35,47	63,85
Вартість армування, тис. грн.	4,92	11,19	15,86
Загальна кошторисна вартість, тис. грн.	152,09	113,43	112,96
Загальна кошторисна вартість, %	135	100,4	100

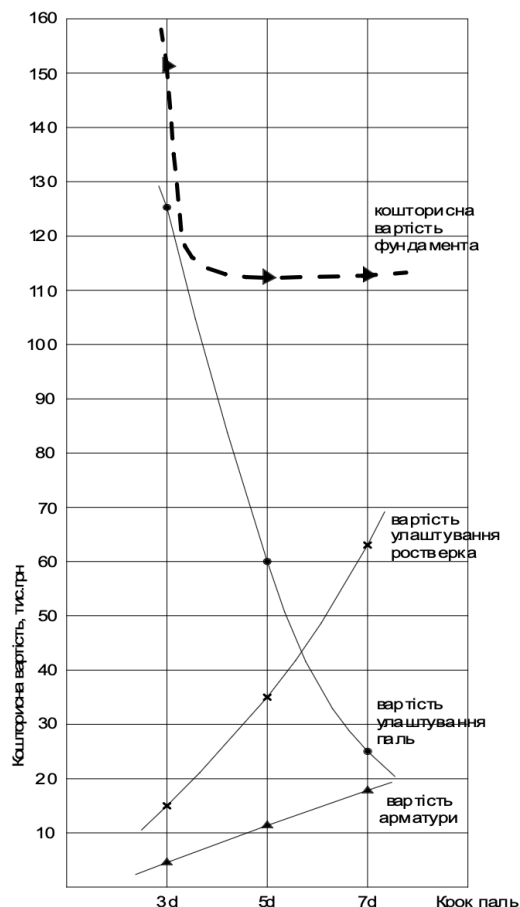


Рис. 3.15 – Залежність кошторисної вартості від кроку паль у ростверку

### Висновки за розділом 3

1. Реалізація несучої здатності паль у куцшовому палевому фундаменті зростає при зменшенні довжини паль і збільшенні їх кроку.
2. Реалізація роботи ростверка також покращується при збільшенні відстані між палями.
3. За рахунок кращої реалізації роботи елементів палевого фундаменту для паль малої довжини з великим кроком можна досягти однакової несучої здатності з фундаментом з паль великої довжини при традиційному мінімальному кроці 3d.
4. Не дивлячись на значне зростання об'єму бетону ростверку і кількості арматури при збільшенні кроку паль економія коштів на вартості паль забезпечує економічний ефект від використання куців з коротких паль з широкими ростверками до 35%.

## 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Архітектурно-будівельні рішення

Пропонуються основні архітектурно-будівельні рішення для будівлі бізнес центру в м. Кривий Ріг Дніпропетровської області.

#### 4.1.1 Вихідні дані

Будівля розташована в діловій, адміністративній частині Кривого Рогу, на перетині зручних транспортних магістралей. Вона є вдалим доповненням до сучасної забудови вулиці Криворіжсталі.

З лівої сторони по вул. Криворіжсталі знаходиться існуюча малоповерхова приватна забудова, поряд розважальний центр, чотирьохповерховий житловий будинок, з протилежної сторони вулиці розташоване кафе-кондитерська.

За природно – кліматичними ознаками район будівництва згідно з [55] відноситься до 3 району за значенням ваги снігового покриву, до 2 району за значенням вітрового тиску, до 3 району за значенням товщини стінки ожеледиці та 4 району за значенням вітрового тиску при ожеледиці і має такі природно-кліматичні показники:

- глибина промерзання – 0,8 м;
- характеристичне снігове навантаження – 1110 Па [55];
- вітрове навантаження – 440 Па[55];
- розрахункова зимова температура - 18<sup>0</sup>С [56];
- тривалість опалюваного періоду – 3200 градусо-днів [56];
- поверхня – с невеликим нахилом на південь;
- клімат – помірно-континентальний.

За складністю інженерно – геологічних умов ділянка відноситься до II категорії.

#### 4.1.2 Рішення генерального плану

Планування генерального плану виконане згідно з нормативною документацією України [58, 59].

Будівельна ділянка розміщена в зоні м. Кривий Ріг по вул. Криворіжсталі, 67. Ділянка забудови має прямокутну форму. Генеральний план ділянки розроблений в зв'язку з плануванням існуючої забудови. Бізнес центр запроєктовано, враховуючи розміщення червоних ліній по вул. Криворіжсталі.

Рельєф ділянки сприятливий для будівництва. Ухил поверхні ділянки складає 20% в напрямку на північний схід. Такий рельєф дозволяє вирішити організацію рельєфу максимально близько до існуючих відміток.

Рельєф ділянки спокійний в межах 89,50 – 88,50 м. Відмітки дані в метрах, їх підрахунок виконаний методом проектних відміток. Генеральний план виконаний в масштабі 1:500.

Визначаємо чорні позначки за формулою:

$$H_q = H_{m.z.} + \frac{m}{n} \cdot h \quad (m), \quad (4.1)$$

де  $H_{m.z.}$  – відмітка молодшої горизонталі в метрах;

$m$  – відстань від молодшої горизонталі до точки в метрах;

$n$  – відстань між горизонталями в метрах;

$h = 0,5$  м – розтин горизонталей;

$$H_{q_1} = 89,00 + \frac{28}{69} \cdot 0,5 = 89,20(m);$$

$$H_{q_2} = 89,00 + \frac{12,3}{67} \cdot 0,5 = 89,09(m);$$

$$H_{q_3} = 88,5 + \frac{39,71}{43,5} \cdot 0,5 = 88,95(m);$$

$$H_{q_4} = 88,5 + \frac{24,1}{43,1} \cdot 0,5 = 88,80(m);$$

$$H_{q_5} = 88,5 + \frac{16,4}{43,1} \cdot 0,5 = 88,70(m);$$

$$H_{q_6} = 88,5 + \frac{33,7}{43,7} \cdot 0,5 = 88,89(m);$$

$$H_{ч7} = 88,5 + \frac{6,69}{65,18} \cdot 0,5 = 89,05(м)$$

$$H_{ч8} = 89,0 + \frac{37,93}{67,42} \cdot 0,5 = 89,28(м)$$

Визначаємо планувальні (червоні) відмітки:

$$H_{черв.} = H_{ч.маж} + 0,05; \quad (4.2)$$

$$H_{черв.8} = 89,28 + 0,05 = 89,33(м);$$

Наступні червоні :

$$H_{черв.} = H_{черв.попер.} \pm i \cdot d \quad (4.3)$$

де:  $i_{min} = 0,003$ ;

$d$  = відстань між точками, для яких визначаємо відмітку.

$$H_{черв.1} = 89,33 - 12,7 \cdot 0,005 = 89,27(м);$$

$$H_{черв.2} = 89,33 - 0,005 \cdot 20 = 89,23(м);$$

$$H_{черв.3} = 89,33 - 0,005 \cdot 26,52 = 89,19(м);$$

$$H_{черв.4} = 88,97 - 3,65 \cdot 0,005 = 88,90(м);$$

$$H_{черв.5} = 89,06 - 0,005 \cdot 18,35 = 88,97(м);$$

$$H_{черв.6} = 89,15 - 0,003 \cdot 30,49 = 89,06(м);$$

$$H_{черв.7} = 89,33 - 0,003 \cdot 61,6 = 89,15(м).$$

Знайдемо позначку на місцевості чистої підлоги першого поверху :

$$H \pm 0,000 = \Sigma H_{черв.} / 4 + 0,8; \quad (4.4)$$

$$H \pm 0,000 = (89,27 + 89,23 + 88,97 + 89,06 + 89,15 + 89,33) / 6 + 0,9 = 90,07(м).$$

Прив'язка елементів благоустрою проведена від зовнішніх стін проектованої будівлі.

Водовідлив виконується поверхневим методом по спланованій поверхні і забезпечується існуючим рельєфом.

Згідно з [60] для укриття мешканців центру підчас надзвичайної ситуації має бути передбачене влаштування вбудованого або окремо стоячого сховища. Захисні споруди цивільного захисту проектуються та будуються таким чином,

щоб протягом певного часу (до 48 годин) створити належні умови для перебування людей, що підлягають укриттю, та забезпечити відповідний ступінь їх захисту від прогнозованих впливів небезпечних чинників, які можуть виникнути як складова частина небезпечних явищ надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів.

У разі поділу об'єкта будівництва на черги або пускові комплекси, черга або пусковий комплекс, яка вводиться в експлуатацію першою відповідно до проектної документації, у своєму складі повинна включати будівництво захисних споруд, місткість яких відповідає потребам даної черги (пускового комплексу) або об'єкта будівництва в цілому.

Оскільки в будівлі центру не передбачений підвал, то ця будівля включена у комплекс з житловими будинками навколо і для потреб його мешканців передбачається використання сховища, що розміщене у підвалі житлового будинку №5 на генплані. Площа основних приміщень цього сховища 1000 м<sup>2</sup>.

Загальна місткість захисних споруд громадських будівель визначається можливістю укриття 100% розрахункової кількості осіб, що періодично перебувають на об'єкті.

Згідно з табл. Б.1 [60] норма мінімальної площі на одну особу в основному приміщенні для укриття у захисних спорудах для громадських будівель складає 0,6 м<sup>2</sup>. Потрібна площа в укритті для розміщення працівників та відвідувачів центру складає  $0,6 \times 600 = 360$  м<sup>2</sup>.

Радіус збору населення визначається з урахуванням радіусу пішохідної доступності населення до захисних споруд, який приймають з урахуванням особливостей місцевості та рельєфу: 300 м – для багатоповерхової забудови, забудови підвищеної поверховості та висотної забудови; 500 м – для середньоповерхової та малоповерхової забудови.

Отже, сховище, розміщене у будинку №5 відповідає потрібним вимогам.

Для забезпечення нормальних санітарно – гігієнічних умов на території забудови передбачається:

- покриття асфальтобетоном проїзних частин;

- покриття тротуарної плиткою пішохідних тротуарів.

Для забезпечення можливості паркування транспортних засобів відвідувачів бізнес центру передбачається влаштування автостоянки. Згідно з [58], необхідна кількість машиномісць автостоянок за табл. 10.7 для громадських будівель складає 5-10 на 100 працівників та відвідувачів. При кількості працівників та відвідувачів 600, кількість машиномісць складає  $n = 5 \cdot 6 = 30$  (шт.).

На території бізнес центру розміщена автостоянка на 30 місць.

Для забезпечення благоустрою території установлюються лави для сидіння та урни для сміття.

Пожежна безпека забезпечується:

- створенням пожежних розривів між будинками;
- влаштуванням в'їздів на територію об'єкта і джерелами водопостачання.

В таблиці 4.1 надані техніко-економічні показники генерального плану.

Таблиця 4.1 – Основні показники до генплану

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість
1	Площа ділянки під будівництво центру	м <sup>2</sup>	8901
2	Площа забудови	м <sup>2</sup>	1771,98
3	Площа озеленення	м <sup>2</sup>	950
4	Площа благоустрою в межах та за межами ділянки	м <sup>2</sup>	7000

#### 4.1.3 Об'ємно - планувальні рішення

Основні принципи об'ємно-планувальних рішень прийняті згідно з чинними будівельними вимогами [61] та умовами майданчика будівництва.

Бізнес центр має розміри в плані: по довжині – 94,35 м; по ширині – 24 м.

Будівля складається з чотирьох різноповерхових об'ємних блоків. Кількість поверхів від двох до п'яти. На шостому поверсі в осях 14-16 розміщена дахова котельня.



Висота 1-5 поверхів – 3,6 м, шостого поверху – 3,2 м. Загальна висота будівлі складає 22,45 м.

У таблиці 4.2 надані техніко-економічні показники по будівлі.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники

Показник	Одиниця виміру	Кількість
Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	29454
Загальна площа	м <sup>2</sup>	8530
Корисна площа	м <sup>2</sup>	7550
Площа забудови	м <sup>2</sup>	1771

Вертикальний міжповерховий зв'язок здійснюється трьома сходовими клітинами та двома вантажно-пасажирськими ліфтами. Сходові клітини вирішені в капітальних стінах і забезпечують евакуацію мешканців під час пожежі.

На кожному поверсі запроектовані робочі кабінети і необхідний набір приміщень для обслуговування персоналу та підсобні приміщення.

Домінуючими елементами об'ємно-просторової композиції корпусу є масивні трикутні виступаючі за межі прямокутного контуру будівлі об'ємні елементи, які створюють неповторність споруди.

Для оздоблення фасадів використовуються сучасні матеріали – фасадні системи з тонованого скла, високоякісна штукатурка з наступним фарбуванням фасадними фарбами, алюмінієві композитні панелі «ECOBOND». Цоколь, вхідні площадки, сходи - керамічна плитка «GRES».

В залах та вестибюлях передбачаються підвісні стелі системи «ARMSTRONG», водоемульсійне фарбування стін, покриття підлог керамічною плиткою, лінолеумом та епоксидною фарбою в залежності від призначення приміщень.

Тип покрівлі – плоска з внутрішнім водовідведенням.

Експлікацію приміщень див. креслення марки «АР».

#### 4.1.4 Архітектурно-конструктивні рішення

Конструктивне рішення будівлі є каркасно-монолітним. Будівля розділена на чотири окремих блоки деформаційними швами. Просторова жорсткість кожного блока забезпечується сумісною роботою колон та монолітних перекриттів, подвійних стін у деформаційних швах та стін сходових клітин. Внутрішній несучий монолітний каркас має сітку колон 6,0×6,0 м. По осі 1 розташована зовнішня несуча стіна. По осях 7-7/1, 9-9/1 та 14-14/1 запроєктовані стіни деформаційних швів. Стіни з керамічної цегли М100 та М75.

Фундаменти – пальові стовпчасті під колони та стрічкові під стіни.

Колони монолітні залізобетонні перерізом 400×400 мм. Перемички - збірні залізобетонні по серії 1.038.1-1, в.1.

Перекриття по монолітним колонам – монолітне залізобетонне. Сходові марші збірні та монолітні по металевим косоурам. Сходові площадки – монолітні залізобетонні плити по металевих балках.

У таблиці 4.3 наведена специфікація збірних залізобетонних виробів.

Таблиця 4.3 – Специфікація збірних залізобетонних виробів

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг	Прим.
		Сходові марші			
ЛМ-1	1.251,1-4 вип.1	2ЛМФ 42.12.18-5	22	1400	
ЛМ-2	1.251,1-4 вип.1	2ЛМФ 42.15.18-5-1	16	1660	
		Залізобетонні перемички			
1	1.038.1-1 вип.1	2ПБ 26-4	30	109	
2	1.038.1-1 вип.1	2ПБ 22-3	131	92	
3	1.038.1-1 вип.1	2ПБ 16-2	5	65	
4	1.038.1-1 вип.1	1ПБ 13-1	2	23	
5	1.038.1-1 вип.1	2ПБ 26-4	30	109	
6	1.038.1-1 вип.1	1ПБ10-1	18	20	

Для вікон застосовані двокамерні склопакети. У таблиці 4.4 наведена специфікація вікон та вітражів.

Таблиця 4.4 - Специфікація вікон та вітражів

Поз.	Позначення	Найменування	Габаритні розміри	Кількість	Примітка
<b>Вікна</b>					
О-1	Індивідуальне виготовлення	Вікно металопластикове з подвійним заскленням	2300x1800	30	
О-2	-//-	-//-	1800x1800	131	
О-3	-//-	-//-	1200x1800	5	
О-4	-//-	-//-	900x1800	2	
О-5	-//-	-//-	2300x1800	30	
О-6	-//-	-//-	730x1500	18	
<b>Вітражі</b>					
В-1	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	4990x3600	1	
В-2	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	5530x3600	2	
В-3	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	9700x3360	1	
В-4	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	4420x9500	1	
В-5	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	8180x9500	1	
В-6	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	2460x9500	2	
В-7	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	11300x5400	2	
В-8	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	5040x5400	2	
В-9	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	11650x5400	1	
В-10	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	6130x5400	1	
В-11	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	7880x5400	1	
В-12	Індивідуальне виготовлення	Вітраж металопластиковий з подвійним заскленням	17600x3600	1	
В-13	-//-	-//-	14570x9500	1	

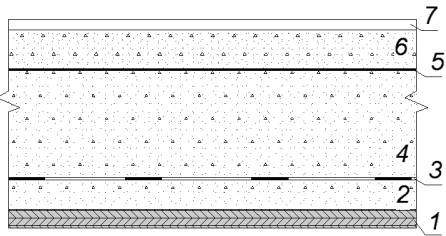
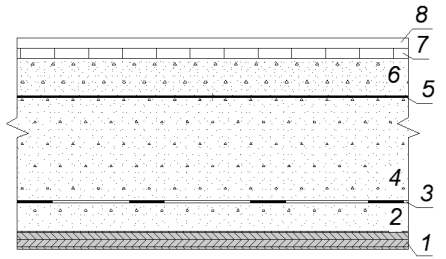
Двері дерев'яні за виключенням протипожежних. Специфікація дверей наведена у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Специфікація дверей

Поз.	Позначення	Найменування	Габаритні розміри	Кількість	Примітка
Д-1	Індивідуальне виготовлення	Зовнішні з засклінням двухстворчасті	1810x2300	9	
Д-2	Індивідуальне виготовлення	Зовнішні без заскління двостворчасті	1310x2300	1	
Д-3	Індивідуальне виготовлення	Зовнішні без заскління одностворчасті	1010x2300	1	
Д-4	Індивідуальне виготовлення	Зовнішні з засклінням одностворчасті	800x2300	6	
Д-5	Індивідуальне виготовлення	Зовнішні з засклінням одностворчасті	900x2080	1	
Д-6	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні двостворчасті глухі	1590x2080	13	
Д-7	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні двостворчасті глухі	1810x2080	13	
Д-8	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностворчасті глухі з лівим відкр	810x2080	40	
Д-9	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностворчасті глухі з правим відкриванням	1010x2080	71	
Д-10	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні двостворчасті з засклінням	1310x2080	8	
Д-11	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностворчасті глухі з правим відкриванням	910x2080	10	
Д-12	Індивідуальне виготовлення	Внутрішні одностворчасті з правим відкриванням	1210x2080	2	
Д-9 пр	Індивідуальне виготовлення	Протипожежні двері	1010x2080	1	

У таблиці 4.6 наведена експлікація підлог. У вестибюлі, коридорах, робочих кабінетах паркетна підлога. В санвузлах і підсобних приміщеннях – підлога з керамічної плитки.

Таблиця 4.6 – Експлікація підлог

Номер приміщення	Тип підл.	Схема підлоги	Дані елементів підлоги	Площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
План першого поверху 0,000				
1,2,4-6, 11,17, 21-24, 28-34	1		7 – плитка з штучного каменю 6 – шар sit CN 178 легковирівнюючої стяжки Ceresit 178, 20мм 5 – грунтовка Thomsit R777 4 – шар керамзитобетону 250мм 3 – шар гідроізоляції 2 - підстиляючий шар - бетон кл. В7,5 – 50мм 1 - ущільнений щебенем ґрунт	497
3,7-10, 12-16, 18-20, 25-27	2		8 – паркет 7 – шар гідроізоляції CE 44 6 – шар sit CN 178 легковирівнюючої стяжки Ceresit 178, 20мм 5 – грунтовка Thomsit R777 4 – шар керамзитобетону 250 мм 3 – шар гідроізоляції 2 - підстиляючий шар - бетон кл. В7,5 – 50мм 1 - ущільнений щебенем ґрунт	608,85

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5
<b>Плани другого-шостого поверхів</b>				
II-IV поверхи 10-13, 21- 24, 27-30, 32,33, 35- 40 V-VI поверхи 4-9,11, 13- 16	3		8 – керамічна плитка; 7 – клей Ceresit CM 11; 6 – шар самовирівнюючої суміші Ceresit 17; 5 - шар ґрунтовки; 4 – шар звукоізоляції; 3 – шар гідроізоляції; 2 – шар ґрунтовки; 1 – монолітна плита перекриття.	1304,4
II-IV поверхи 1,8,9,14,1 5,25,26,31 ,41 V-VI поверхи 1-3,12	4		5 - плитка з штучного каменю на клею; 4 – шар звукоізоляції; 3 – шар самовирівнюючої суміші; 2 – шар ґрунтовки; 1 – монолітна плита перекриття.	1381
II-IV поверхи 2-7, 16-20	5		5 - паркет; 4 – шар звукоізоляції; 3 – шар самовирівнюючої суміші; 2 – шар ґрунтовки; 1 – монолітна плита перекриття.	2060

Стіни шахти ліфту з керамічної цегли М100 на розчині М75.

Перегородки з керамічної цегли М75 на розчині М50. Покриття – монолітне залізобетонне суміщене, утеплене мінераловатними плитами.

#### 4.1.5 Зовнішнє опорядження

Стіни зовнішні несучі (380 мм) і зовнішні самонесучі (250 мм), внутрішні (250 та 380 мм) виконані з керамічної цегли, з зовнішньої сторони зовнішні стіни утеплені мінераловатними плитами і оздоблені алюмінієвими композитними панелями.

Система засклення виконана із комплексу склопакетів, закріплених на металевому каркасі.

Цоколь, вхідні площадки, сходи – керамічна плитка «GRES». Козирки з застосуванням скла триплексу прозорого.

Навколо будівлі влаштовується вимощення з асфальтобетону по щебеневій основі шириною 1500 мм.

Вікна в будинку полівінілхлоридні з двокамерними склопакетами. Товщина віконних блоків – 140 (мм), що відповідає тепло- та звукоізоляційним вимогам. Передбачені вікна одно- і двостулкові. За наявністю елементів, що відчиняються – такі, що частково відчиняються. За кількістю стулків – одностулкові та двостулкові. Пристрої для провітрювання – стулки, що відчиняються. В віконних прорізах встановлюються також пластикові підвіконні плити і зливи. Двері в будівлі однопольні і двопольні (вхідні), глухі (незасклені).

#### 4.1.6 Внутрішнє опорядження

В приміщеннях використовується поліпшена і високоякісна штукатурка з послідуочим водоемульсійним або акриловим фарбуванням. Стіни санвузлів, комор прибирального реманенту, приміщень для відходів, місць для зберігання тари, завантажувальної облицьовують керамічною плиткою.

В залах та вестибюлях передбачаються підвісні стелі системи «ARMSTRONG» по металевому каркасу, водоемульсійне фарбування стін.

В таблиці 4.7 наведена відомість опорядження приміщень.

Таблиця 4.7 - Відомість опорядження приміщень

Найменування або номер приміщень	Вид опорядження елементів інтер'єру			
	Стеля	Площа, м <sup>2</sup>	Стіни або перегородки	Площа, м <sup>2</sup>
1 поверх				
Робочі кабінети, кімната охорони, навчальні класи, гардероб	Вирівнююча затирка гіпсовим розчином, фарбування водоемульсійними фарбами за два рази	738,32	Високоякісна штукатурка готовими штукатурними сумішами, водоемульсійне фарбування за 2 рази	1673,5
Зал для проведення зборів, вестибюль, ліфтовий хол, коридори	Підвісна стеля системи «ARMSTRONG» по металевому каркасу	671,75	Високоякісна штукатурка готовими штукатурними сумішами, водоемульсійне фарбування за 2 рази	1142,1
Електрощитова	Затирання бетонних поверхонь, акрілове фарбування	11,45	Проста штукатурка цегляних поверхонь, акрілове фарбування	40,61
Санвузли, комора прибирального реманенту, приміщення для відходів, місце для зберігання тари, завантажувальна	Затирання бетонних поверхонь, водоемульсійне фарбування	79,97	Облицювання керамічною плиткою	275,35
2-5 поверхи				
Робочі кабінети, обідня зала, гардероб	Вирівнююча затирка гіпсовим розчином, фарбування водоемульсійними фарбами за два рази	4246,29	Високоякісна штукатурка готовими штукатурними сумішами, водоемульсійне фарбування за 2 рази	8917,5
Ліфтовий хол, коридори	Підвісна стеля системи «ARMSTRONG» по металевому каркасу	960,25	Високоякісна штукатурка готовими штукатурними сумішами, водоемульсійне фарбування за 2 рази	1728,45
Санвузли, комори прибирального реманенту, мийна, приміщення для відходів, місце для зберігання продуктів, готівельні цехи	Затирання бетонних поверхонь, водоемульсійне фарбування	843,46	Облицювання керамічною плиткою	2530,38
Технічний поверх	Вапняне фарбування	500,8	Проста штукатурка, вапняне фарбування	288,5
6 поверх				
Технічні приміщення ліфтів, дахова котельня	Проста штукатурка звукоізоляційного шару, водоемульсійне фарбування	158,16	Проста штукатурка звукоізоляційного шару, олійне фарбування	396,6



#### 4.1.7 Теплотехнічний розрахунок зовнішнього огородження

Досвід будівельної теплофізики пропонує використання в якості сучасних конструкцій зовнішніх стін багатошарову конструкцію.

Згідно з [62] можна застосувати більш ефективну стіну з точки зору теплоізоляції будинку, використовуючи утеплювач, допускається влаштувати його тільки з зовнішньої сторони.

Тому необхідно розрахувати товщину шару утеплювача з мінераловатних плит FASROCK для цегляної стіни, що влаштовується з зовнішньої сторони будівлі.

Згідно з картою-схемою температурних зон України, м. Кривий Ріг відноситься до I температурної зони.

Нормативне значення опору теплопередачі стіни з утеплювачем для даної температурної зони  $R_H = 4.0 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Термічний опір однорідної одношарової конструкції  $R, \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$  визначається за формулою:

$$R = \delta / \lambda, \quad (4.5)$$

де  $R$  – термічний опір однорідної конструкції,  $\frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ ;

$\delta$  – товщина шару однорідної конструкції,  $\text{м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \text{ } ^\circ\text{C}}$  [63].

На рис. 4.1 наведене конструктивне рішення зовнішньої стіни.

Термічний опір для кожного шару розраховуємо за формулою (4.5):

а) внутрішня штукатурка  $R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.93} = 0.021 \left( \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right);$

б) зовнішня стіна  $R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0.38}{0.81} = 0.47 \left( \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right);$

в) мінераловатні плити FASROCK (попередньо приймаємо 150 мм)

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0.15}{0.039} = 3,85 \left( \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right);$$

## г) алюмінієві композитні панелі ECOBOND

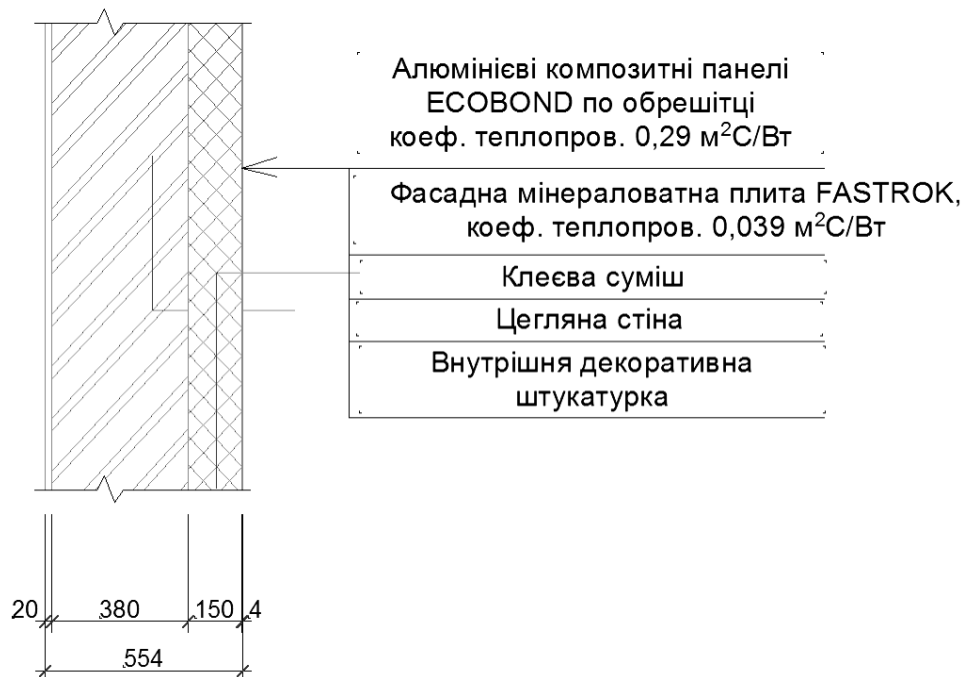


Рис. 4.1 – Схема утеплення зовнішньої стіни

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,004}{0,29} = 0,014 \frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}}$$

Загальний опір сприйняття конструкції  $R_{\text{заг}}, \frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}}$ , знаходимо за

формулою:

$$R_{\text{заг.}} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (4.6)$$

де  $\alpha_6 = 8,7$  – коефіцієнт сприйняття поверхні огорожуючої конструкції [63]

$\alpha_3 = 23$  – коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої конструкції [63];

$R_i$  – термічний опір огорожувальної конструкції,  $\frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}}$ .

$$\sum R_i = 0,021 + 0,47 + 3,85 + 0,014 = 3,93 \left( \frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}} \right).$$

Відповідно до формули (4.6) робимо розрахунок

$$R_{\text{заг.}} = 1/8,7 + 3,93 + 1/23 = 4,08 \left( \frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}} \right).$$

Порівняємо  $R^H$  з  $R_{заг}$ ,

$$R_{заг} = 4.08 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт} > R^H = 4.0 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

Остаточно приймаємо мінеральну вату для утеплення зовнішньої стіни з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0.039 \frac{Вт}{m \cdot ^\circ C}$  товщиною 150 мм.

#### 4.1.8 Опалення

Опалення приміщень будівлі здійснюється від дахової котельні.

Проектом передбачена системи крім опалення приміщень бізнес центру окрема система тепlopостачання. В якості теплоносія в системі опалення та тепlopостачання теплообмінників вентустановок і повітряно-теплових завіс використовується вода з температурою 80-60 С°.

В даховій котельні встановлюються підлогові модульні котли МН-120 БКО фірми «Укрінтер». Теплова потужність котлів  $M = 4 \times 120$  кВт. Для опалення приміщення котельні використовуються газові конвектори.

Приладами опалення є водяні радіатори. Передбачена двотрубна система з розведенням по поверхях окремими контурами від гребінки. Передбачена можливість регулювання температури теплоносія при зміні температури зовнішнього середовища і пониження температури в приміщеннях в неробочий час.

Для кожного опалювального приміщення забезпечений однократний обмін повітря, що забезпечує оптимальні втрати теплоти. Нагрівальними приладами є сталеві панельні радіатори Кермі FKV. Вони мають вбудований термостатичний вентиль Heimeier з підключенням теплоносія знизу для регулювання теплової потужності. Радіатори доставляються на об'єкт у пофарбованому та зібраному вигляді.

Магістральні трубопроводи та вертикальні розподільчі стояки системи опалення передбачені з сталевих труб. Трубопроводи в межах поверхів виконуються з труб з антидифузійним шаром eval PEX Wirsbo. Труби прокладаються в конструкції підлоги в захисній гофрованій трубі. З'єднання трубопроводів в межах поверхів з стояками виконується за допомогою

розподільчих колекторів, які розміщуються в розподільчих вбудованих шафах.

З метою запобігання проникнення зовнішнього холодного повітря в середину будівлі бізнес центру передбачене влаштування на входах повітряно-теплових завіс «ECONOMIC» VCZ02.

Для захисту сталених трубопроводів від корозії передбачене їх покриття двома шарами ґрунтовки та двома шарами фарби, лаку або емалі.

Для видалення повітря з системи опалення встановлюються крани «Маєвського» у верхніх точках радіаторів, а також автоматичні повітря-відвідні клапани у верхніх точках систем.

Скид теплоносія з системи опалення передбачається з нижньої зони, він здійснюється після охолодження теплоносія до температури 40°C.

Для проведення трубопроводів через будівельні конструкції передбачаються отвори, забезпечені футлярами.

#### 4.1.9 Водопостачання

Водопостачання на господарські, питні і протипожежні потреби бізнес центру передбачається від міської мережі водопостачання.

Для вводу водопроводу передбачене приміщення водомірного вузла. У водомірному вузлі встановлені прилади обліку води.

Гаряче водопостачання буде здійснюватися від блоків нагріву гарячої води МГВ-2, встановлених у дахової котельні.

Для водопроводу на господарчо-питні потреби використовуються поліпропіленові труб, для протипожежного водопроводу сталеві водогазопровідні труби.

Для обліку витрат води встановлюються лічильники ТП-Мхи-6.0 (1/2").

#### 4.1.10 Вентиляція і кондиціонування

В адміністративно-побутових приміщеннях запроєктована припливно-втяжна система вентиляції частково з природним, частково з механічним

збудженням руху повітря. Це забезпечує сприятливий мікроклімат, оптимальні умови праці, виконання вимог санітарно-гігієнічних норм.

Для теплого періоду року передбачене кондиціонування в приміщеннях. Система кондиціонування розміщується на покрівлі у вигляді припливно-втяжного агрегату з рекуператором тепла.

В процесі роботи агрегату здійснюється регулювання, очищення, осушення і переміщення повітря. В холодні періоди року агрегат використовується для фільтрації та нагрівання вхідного повітря.

#### 4.1.11 Каналізація

В бізнес центрі передбачена господарчо-фекальна та виробнича каналізація. Для системи каналізації використовуються ПВХ труби Ø110 мм. Відведення стічних вод у міську мережу. Випуски каналізації мають бути герметизовані.

В санвузлах та коморах прибирального інвентаря для стікання води в підлозі передбачені трапи. Каналізаційні стояки виводяться вище покриття на 0,5 м для забезпечення вентиляції.

Відведення дощових вод з покрівлі внутрішнє, організоване. Передбачена система внутрішніх водостоків з випуском води до міської зливової каналізації.

#### 4.1.12 Електропостачання

Електропостачання будівлі забезпечується від міських мереж. Для приєднання до міських мереж запроєктовано електрощитову.

Передбачається внутрішнє робоче, аварійне та евакуаційне електричне освітлення. Напруга мережі освітлення 220 В, має глухо заземлену нейтраль.

При проєктування системи освітлення дотримано галузеві норми штучного освітлення. Вибір світильників здійснено в залежності від характеру зорової роботи та висоти їх влаштування.

Переважає кількість приміщень за умовами внутрішнього середовища відносяться до нормальних, за винятком санвузлів, які мають вологі умови.

Передбачені прилади пожежної сигналізації і загазованості, евакуаційного

освітлення, охоронна сигналізація.

#### 4.1.13 Протипожежні заходи

Конструкції з залізобетону згідно з [64] забезпечують II ступінь вогнестійкості.

При зведенні будівлі необхідно контролювати відповідність будівельних конструкцій та матеріалів протипожежних вимогах (протоколи випробувань).

З урахуванням вимог [61] та [64] передбачені шляхи евакуації (вимоги стосовно ширини, нахилів, напрямків відкривання дверей). Шляхи евакуації з приміщень забезпечують своєчасну та безперешкодну евакуацію людей в разі виникнення пожежі.

Оздоблення стін та стелі виконано із негорючих матеріалів.

Зовнішнє пожежогасіння здійснюється від існуючих пожежних гідрантів, установлених в колодязях у місцях, доступних для під'їзду пожежних машин.

В будівлі передбачене аварійне освітлення, запроєктована автоматична пожежна сигналізація. Світильники аварійного освітлення позначаються літерою «А» червоного кольору. При спрацюванні пожежної сигналізації передбачено відключення вентиляційних систем.

Конструкції будинку бізнес центру повинні забезпечувати необхідний ступінь вогнестійкості відповідно до [9] (див. табл. 4.8).

Таблиця 4.8 –Необхідний ступінь вогнестійкості

Ступень вогнестійкості будівель	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій(хв.) і максимальні межі поширення вогню(см.)			
	Стіни		Сходові майданчики, сходи, марші сходових кліток	Покриття
	Несучі	Самонесучі		
II	RE1120 MO	RE160 MO	RE 60 MO	RE145 MO
	Цегляні б=380мм	Цегляні б=380мм б=250мм	Збірні залізобетонні	Монолітні

Будівля бізнес центру відноситься до багатоповерхової. Максимальна кількість поверхів – 6, допустима кількість 6. Площа поверху 1771 м<sup>2</sup>, допустима – 5200 м<sup>2</sup>.

Зовнішні стіни з цегли товщиною 38 см належать до першого типу протипожежних перешкод. Вони височіють над покрівлею на 60 см, що забезпечує виконання нормативних вимог. Це забезпечує влаштування протипожежних відсіків.

Пожежна безпека забезпечується наступними проектними рішеннями:

1. Бізнес центр обладнано пожежною сигналізацією та АУП.
2. Двері дахової котельні – приміщення №14 шостого поверху протипожежні, межа вогнестійкості EI 60.
3. Влаштовано теплові та димові датчики.
4. Влаштовано зовнішні пожежні драбини.
5. Виконується заземлення усіх не струмоведучих частин електроустаткування на нульовий захисний провід електромережі.
6. Застосовані світильники закритого виконання.
7. Ізоляція кабелів і дротів є такою, що не розповсюджує горіння.

#### 4.1.14 Енергозбереження

1. Зниження тепловтрат:
  - утеплення зовнішніх стін;
  - використання заповнень віконних прорізів з двокамерним склопакетом з варіантом скління, що забезпечують опір теплопередачі 0,9 м<sup>2</sup>/кВт.
2. Економія теплової енергії при опаленні будівлі:
  - регулювання температури опалювальних приладів;
  - встановлення екранів із алюмінієвої фольги між зовнішньою стіною та нагрівальним приладом;
  - періодичне очищення систем опалення;
3. Економія енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря:

- зменшення обміну повітря в нічний час та у вихідні до 0,5 м<sup>3</sup>/год. в приміщеннях, що не використовуються.

## 4.2 Основи та фундаменти

Клас споруди за ступенем відповідальності – СС2 [65].

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту для міста Кривий Ріг визначається за формулою [56, 1]:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} = 0,28 \sqrt{(4,3 + 3,3 + 2,0)} = 0,87 \text{ (м):}$$

$$d_f = 1,1 d_{fn} = 1,1 \times 0,87 = 0,95 \text{ (м).}$$

### 4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

Інженерно-геологічний розріз ґрунтів будівельного майданчику наведений на рисунку 4.2. Глибина залягання ґрунтових вод - 15,0 м. Ґрунтові води неагресивні до арматури і бетону конструкцій.

У таблиці 4.9 наведені значення фізико-механічних характеристик ґрунтів.

Пісок дрібний випробовувався штампом, тому модуль загальної деформації,  $E$ , на прямолінійній ділянці графіка деформацій (рис. 4.3) визначають за формулою:

$$E = ((P \cdot A) / (S \cdot d)) \cdot (1 - \nu^2) = ((200 \cdot 0,5) / (0,0083 \cdot 0,8)) \cdot (1 - 0,29^2) = 13,8 \text{ МПа,}$$

де  $P$  – питомий тиск на штамп, кПа.;

$A$  – площа штампа,  $A = 0,5 \text{ м}^2$ .;

$S$  – осідання штампа, м;

$d$  – діаметр штампа, м :  $d = 1,13 \sqrt{A} = 0,8 \text{ м.}$

$\nu$  – коефіцієнт бокового розширення ґрунту (коефіцієнт Пуассона).

### 4.2.2 Визначення навантажень на фундамент

Розрахунок виконуємо для фундаменту під середню колону по осі Г,13, як одного з найбільш навантажених. Навантаження збираємо в рівні його обрізу.

Вантажна площа:  $A_{\text{вант.}} = 6,0 \times 6,0 = 36 \text{ м}^2$ .

Вага 1 м<sup>2</sup> плит перекриття – 5,0 кН.



Таблиця 4.9 – Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Вид ґрунту	$\gamma_{11},$ кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_s,$ кН/м <sup>3</sup>	W	W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	I <sub>L</sub>	e	S <sub>r</sub>	c, кПа	φ, гр.	E, МПа	R <sub>0</sub> , кПа
Насипний ґрунт	17.0	–	0.12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Супісок твердий	16,3	26,7	0.12	0.22	0.17	0.05	<0	0,83	0,39	12	21	7,0	200
Пісок дрібний, мало вологий, середньої щільності	17,0	26,6	0.11	–	–	–	–	0.74	0,40	4	36	13,8	300
Пісок середньої крупності, сер. щільності, маловологий	17,2	26,6	0.07	–	–	–	–	0.65	0.29	1	35	30	400

Продовження таблиці 4.9

№ ПЕ	Найменування ґрунтів	Розрахункові значення з урахуванням прогнозу можливих змін (у процесі будівництва і експлуатації) інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов і властивостей ґрунтів				
		$\frac{\gamma_{II}}{\gamma_I}$	$I_L$	$\frac{c_{II}}{c_I}$	$\frac{\varphi_{II}}{\varphi_I}$	E
1	Насипний ґрунт					
2	Супісок твердий	$\frac{16,3}{16,2}$	<0	$\frac{12}{7,3}$	$\frac{21}{19}$	7
3	Пісок дрібний, мало вологий, середньої щільності	$\frac{17,0}{16,9}$	-	$\frac{4}{2,7}$	$\frac{36}{32}$	13,8
4	Пісок середньої крупності, сер. щільності, маловологий	$\frac{17,2}{17,1}$	-	$\frac{1}{0,7}$	$\frac{35}{32}$	30



Рис. 4.2 – Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчику

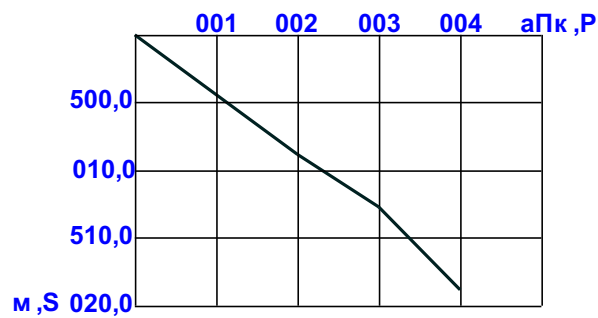


Рис. 4.3 – Графік залежності осідань від навантажень за результатами випробування штампом піску дрібного ПГЕ 3

Вага 1 м<sup>2</sup> конструкції підлоги:

- паркет 15 мм 0,15 кН;
- шар звукоізоляції 0,05 кН;
- шар самовирівнюючої суміші 25 мм 0,45 кН;
- шар ґрунтовки 0,42 кН;
- Разом 1,07 кН.

Вага 1 м<sup>2</sup> конструкції покрівлі над п'ятим поверхом в осях 10-20:

- покрівельний килим з 2 шарів бітумно-полімерного матеріалу 10 мм 0,10 кН;
- цементно-піщаний розчин 40 мм 0,88 кН;
- утеплювач 0,15 кН;
- ухилоутворюючий шар керамзитового гравію 50-160 мм 0,70 кН;
- шар рубероїду 0,05 кН
- Разом 1,88 кН.

Вага перегородок на 1 м<sup>2</sup> підлоги – 2,0 кН.

Коефіцієнти поєднань корисних навантажень для середніх колон

$$\psi_{A1} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{A}{A_1}}} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{36}{9}}} = 0,7; \quad \psi_{n1} = 0,4 + \frac{0,7 - 0,4}{\sqrt{4}} = 0,55.$$

Результати розрахунків представлені у таблиці 4.10.

Складемо найбільш несприятливе поєднання навантажень. З урахуванням коефіцієнтів сполучень, а також враховуючи коефіцієнти надійності за призначенням [65], маємо зосереджені навантаження на колону

$$N_e = (\sum N_i^{\text{пост.}} + 0,95 \sum N_i^{\text{тим.трив.}} + 0,9 \sum N_i^{\text{тим.кор.}}) \gamma_n = (1188,2 + 216 \cdot 0,95 + 0,9 \cdot (125,4 + 23,8)) \times 0,975 = 1489,5 \text{ (кН)};$$

$$N_m = (\sum N_i^{\text{пост.}} + 0,95 \sum N_i^{\text{тим.трив.}} + 0,9 \sum N_i^{\text{тим.кор.}}) \gamma_n = (1351,3 + 0,95 \cdot 280,8 + 0,9 \cdot (150,5 + 55,4)) \times 1,1 = 1983,7 \text{ (кН)}.$$

Таблиця 4.10 - Навантаження на фундамент середньої колони по осі Г,13

Найменування навантаження і формула підрахунку	$X_e$ , кН	$\gamma_{fm}$	$X_m$ , кН
<b>1 Постійні вертикальні навантаження</b>			
1. Вага колон $0,4 \cdot 0,4 \cdot 16,6 \cdot 25$ кН	66,4	1,1	73
2. Вага плит перекриття $5,0 \cdot 36 \cdot 5$ кН	900	1,1	990
3. Вага конструкції покрівлі $1,88 \cdot 36$ кН	67,7	1,3	88
4. Вага конструкції підлоги $1,07 \cdot 36 \cdot 4$ кН	154,1	1,3	200,3
Всього	1188,2		1351,3
<b>2 Тимчасові вертикальні навантаження</b>			
1. Перегородки $2,0 \cdot 36 \cdot 3$	216	1,3	280,8
2. Корисне $2,0 \cdot 36 \cdot 3 \cdot 0,55 + 0,7 \cdot 36 \cdot 0,52$	125,4	1,2	150,5
3. Сніг $1,35 \cdot 36 \cdot (0,49)$	23,8	1,14	55,4
Всього	365,2		486,7

4.2.3 Проектування фундаменту з забивних призматичних паль за методикою норм

Оскільки навантаження на фундамент доволі значні, а з поверхні залягають два шари ґрунту незначної міцності, то для улаштування фундаментів обираємо варіант з забивних паль. Основою для паль може служити ІГЕ №3, пісок дрібний, маловологий, середньої щільності. Обираємо в першому наближенні для розгляду забивні призматичні палі С6-30 з умови навантаження.

Глибину закладання ростверку приймаємо 1,0 м з умови забезпечення заглиблення плитної частини ростверка у ґрунт та влаштування вузла спирання цокольної стіни.

З забезпеченням для висоти ростверку кратності 300 мм приймаємо відмітку підосви -1,950 (при цьому висота ростверку 1800 мм). Положення паль у ґрунті показано на рисунку 4.4.

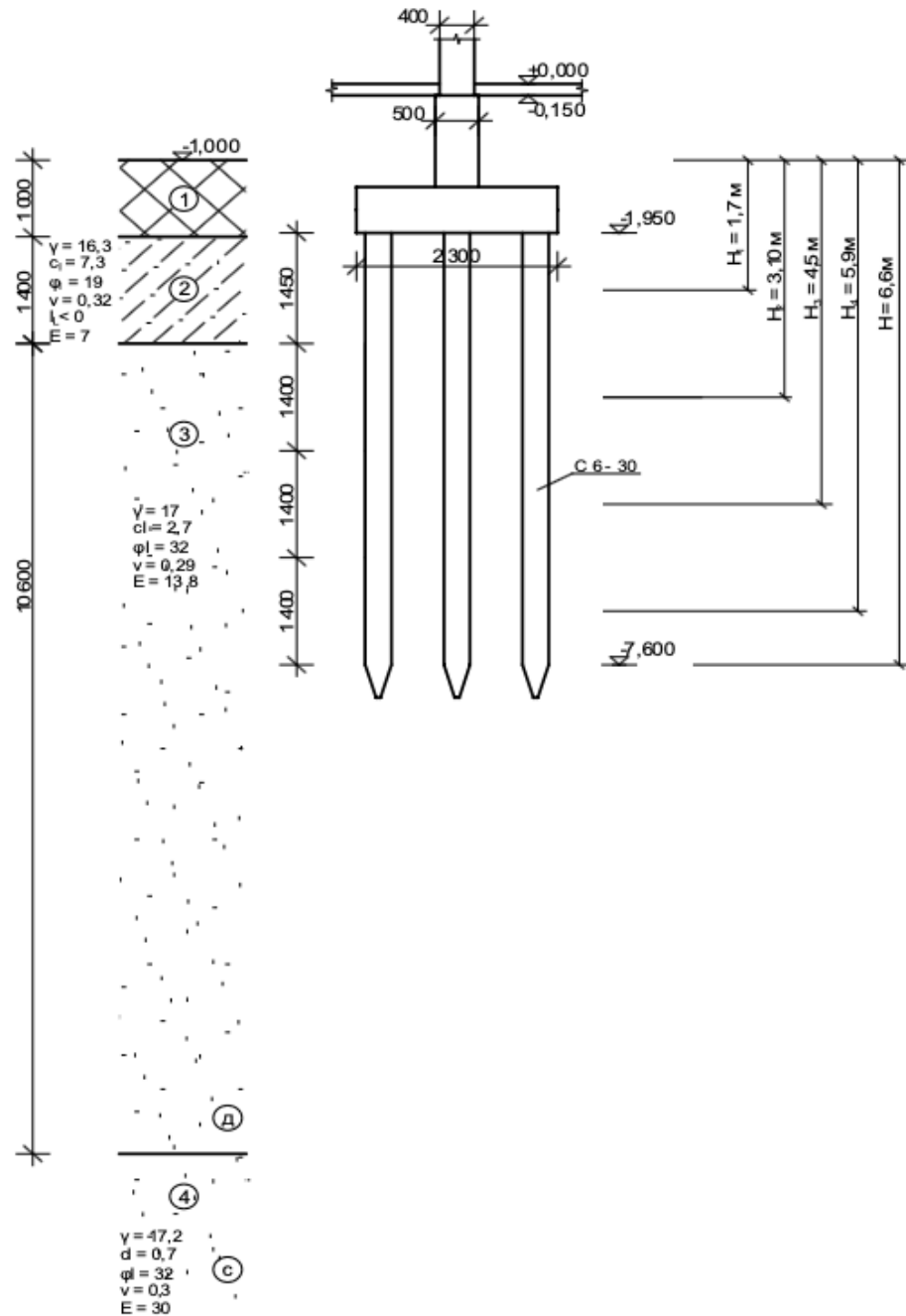


Рис. 4.4 – Положення забивних висячих паль С6-30 у ґрунті і їх розрахункова схема

*Визначення несучої здатності палі.*

Допустиме навантаження на палю

$$N \leq F_d / \gamma_k, \quad (4.7)$$

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cd} R \cdot A + U \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (4.8)$$

де всі значення визначені в [1].

Коефіцієнти умов роботи для забивних паль, згідно з [1]  $\gamma_c=1$ ,  $\gamma_{CR}=\gamma_{Cf}=1$ .

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі R знаходимо за таблицею Н.2.1 [1].  $R=2360$  кПа.

Для визначення розрахункового опору ґрунту по бічній поверхні палі розбиваємо ґрунтову товщу уздовж ствола палі на шари потужністю  $\leq 2$  м (див. рис. 4.4).

Розрахунок опору по бічній поверхні представлений у таблиці 4.11.

Ґрунтові умови майданчика забудови представлені такими нашаруваннями (рис. 4.2), рівень ґрунтових вод – 15,0 м:

насипний ґрунт товщиною 1,0 м,  $\gamma_I=16,6$  кН/м<sup>3</sup>;

супісок твердий товщиною 1,4 м,  $\gamma_I=16,2$  кН/м<sup>3</sup>,  $c_I=7,3$  (кПа);  $\phi_I=19^\circ$ ;

пісок дрібний, маловологий, середньої щільності 10,6 м,  $\gamma_I=16,9$  кН/м<sup>3</sup>,  $c_I=2,7$  (кПа);  $\phi_I=32^\circ$ ;

пісок середньої крупності, сер. щільності, вологий  $\gamma_I=17,1$  кН/м<sup>3</sup>,  $\gamma_{sb}=10,06$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_I=0,7$  (кПа);  $\phi_I=32^\circ$ ;

Таблиця 4.11 - Розрахунок опору по бічній поверхні забивної палі С6-30

$H_i$ , м	$h_i$ , м	Показник текучості	$f_{li}$ , кПа (за табл. Н.2.2)	$\gamma_{cf} f_{li} \cdot h_i$ , кН/м	$\sigma_{zg,i}$ , кПа	$\nu_i$	$\phi_I$ , °	$c_I$ , кПа	$f_{2i}$ , кПа (за формулою (Н.2.2))	$\gamma_{cf} f_{2i} \cdot h_i$ , кН/м
1,70	1,4	$I_L < 0$	40	56	28,41	0,32	19	7,3	11,9	16,7
3,1	1,4	Дрібн. пісок	35	49	51,7	0,29	32	2,7	15,9	22,3
4,5	1,4	Дрібн. пісок	39	54,6	75,5	0,29	32	2,7	22,0	30,8
5,9	1,4	Дрібн. пісок	42	58,8	99,3	0,29	32	2,7	28,0	39,2
$\Sigma=218,4$										$\Sigma=109,0$

Несуча здатність висячої забивної призматичної палі

$$F_{d1} = 1(1 \cdot 2360 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 218,4) = 474,5 \text{ (кН)}.$$

$$F_{d2} = 1(1 \cdot 2360 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 109,0) = 343,2 \text{ (кН)}.$$

Розрахункове навантаження на палю за формулою (4.4)

$$N_1 = 474,5/1,4 = 338,9 \text{ (кН)};$$

$$N_2 = 343,2/1,4 = 245,1 \text{ (кН)}.$$

Допустиме навантаження на палю  $N = 245,1$  кН.

4.2.4 Визначення потрібної кількості палей і перевірка навантаження на палю

Потрібна кількість палей  $n = 1983,7 \cdot 1,1/245,1 = 8,9$  (шт.).

Приймаємо 9 палей та перевіримо навантаження на них з урахуванням власної ваги фундаменту.

$$\text{Вага палі } G_{\text{пали}} = 0,3^2 \cdot 5,6 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 15,2 \text{ (кН)}.$$

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах  $G_p = 2,3 \cdot 2,3 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 249,6$  (кН). Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палю

$$N = \frac{N^d + G_p + G_{\text{паль}}}{n} = \frac{1983,7 + 249,6 + 15,2 \cdot 9}{9} = 263,3 \text{ (кН)} > 245,1 \text{ кН}.$$

Отже, несуча здатність палей при обраному їх розташуванні не забезпечена.

Для скорочення кількості палей збільшуємо довжину палей до 12 м (палей С12-30). Розрахункова схема палей наведена на рис. 4.5.

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палей  $R = 2760$  кПа.

Розрахунок опору по бічній поверхні представлений у таблиці 4.12.

Несуча здатність висячої забивної призматичної палей

$$F_{d1} = 1(1 \cdot 2760 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 491,6) = 838,3 \text{ (кН)}.$$

$$F_{d2} = 1(1 \cdot 2760 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 373,6) = 696,7 \text{ (кН)}.$$

Допустиме навантаження на палю  $N = 696,7/1,4 = 497,7$  (кН).

Потрібна кількість палей  $n = 1983,7 \cdot 1,1/497,7 = 4,4$  (шт.).



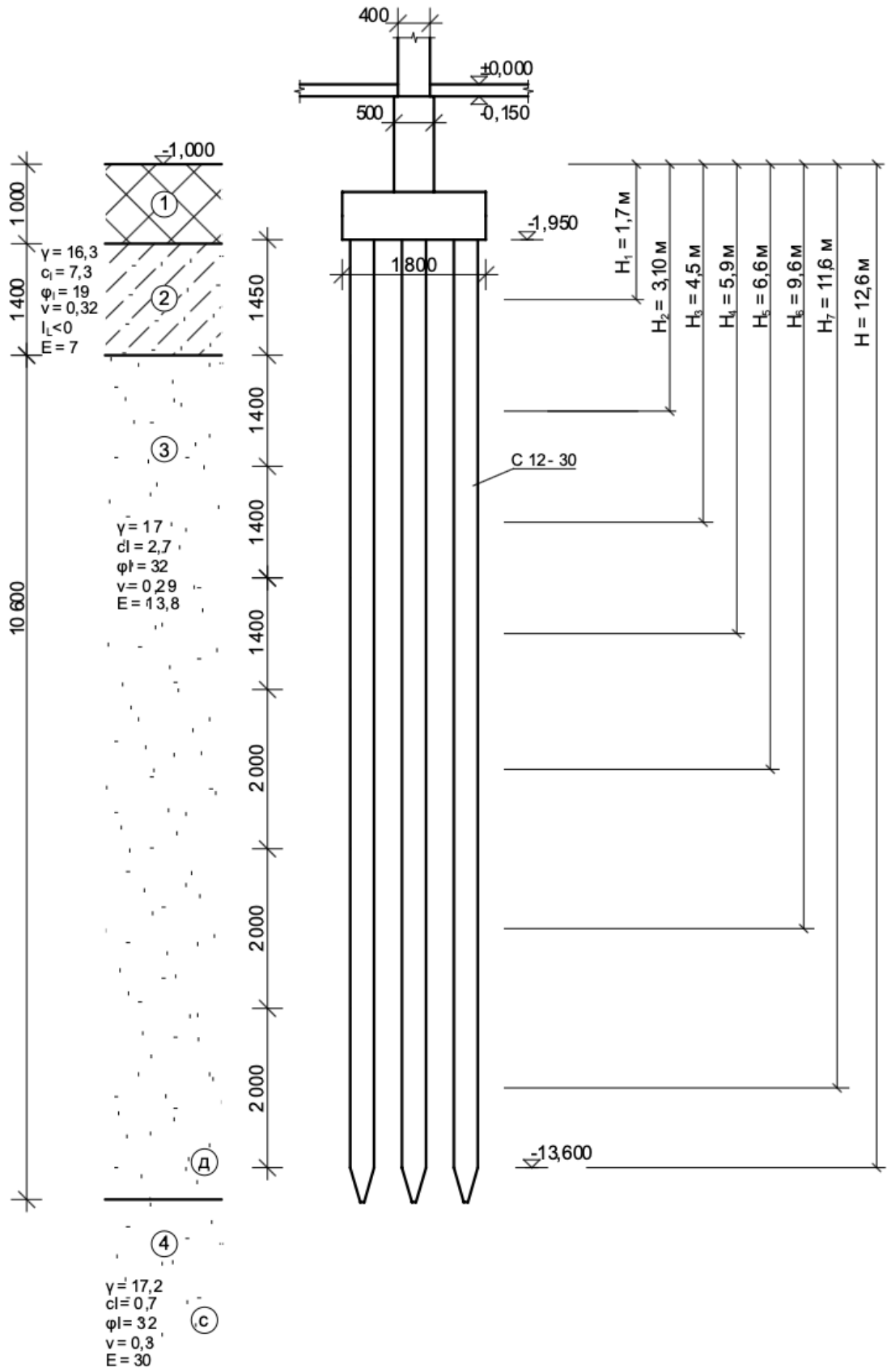


Рис. 4.5 – Положення забивних висячих паль С12-30 у ґрунті і їх розрахункова схема

Таблиця 4.12 - Розрахунок опору по бічній поверхні забивної палі С12-30

$H_i$ , м	$h_i$ , м	Показник текучості	$f_{1i}$ , кПа (за табл. Н.2.2)	$\gamma_{cf,i} \cdot f_{1i} \cdot h_i$ , кН/м	$\sigma_{zg,i}$ , кПа	$v_i$	$\varphi_I$ , °	$c_i$ , кПа	$f_{2i}$ , кПа (за формулою (Н.2.2))	$\gamma_{cf,i} f_{2i} \cdot h_i$ , кН/м
1,70	1,4	$I_L < 0$	40	56	28,41	0,32	19	7,3	11,9	16,7
3,1	1,4	Дрібн. пісок	35	49	51,7	0,29	32	2,7	15,9	22,3
4,5	1,4	Дрібн. пісок	39	54,6	75,5	0,29	32	2,7	22,0	30,8
5,9	1,4	Дрібн. пісок	42	58,8	99,3	0,29	32	2,7	28,0	39,2
7,6	2,0	Дрібн. пісок	43	86	128,2	0,29	32	2,7	35,4	70,8
9,6	2,0	Дрібн. пісок	46	92	162,2	0,29	32	2,7	44,1	88,2
11,6	2,0	Дрібн. пісок	47,6	95,2	196,2	0,29	32	2,7	52,8	105,6

 $\Sigma = 491,6$  $\Sigma = 373,6$ 

Приймаємо куц із 5 палъ. Розташовуємо палі з відстанню між ними  $3d = 0,9$  м. Розміщення палъ у плані показане на рисунку 4.6. Розміри ростверку приймаємо  $1800 \times 1800$  мм з урахуванням звисів не менше, ніж по 100 мм з кожної сторони і можливості розміщення підколонника.

Виконаємо перевірку навантаження на палю з урахуванням фактичної ваги ростверку і палъ. Вага палі  $G_{\text{палі}} = 0,3^2 \cdot 11,6 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 31,6$  (кН).

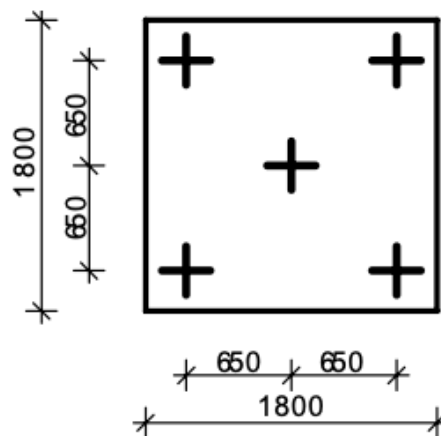


Рис. 4.6 – Розміщення палъ С12-30 в плані у ростверку по осі Г,13

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах  $G_p = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 152,9$  (кН). Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палю

$$N = \frac{N^d + G_p + G_{паль}}{n} = \frac{1983,7 + 152,9 + 31,6 \cdot 5}{5} = 459,0 \text{ (кН)} < 497,7 \text{ кН.}$$

Отже, несуча здатність палей при обраному їх розташуванні забезпечена. Зупиняємось на варіанті з 5 палей С12-30.

#### 4.2.5 Розрахунок осідання пального фундаменту

Розрахунок осідання виконуємо на дію розрахункового експлуатаційного навантаження. Згідно з п. 4.2.2  $N_e = 1489,5$  кН.

Розрахунок осідання виконуємо як для умовного фундаменту мілкого закладання і за розрахунковою моделлю пружного середовища.

*Розрахунок осідання за розрахунковою схемою умовного фундаменту.*

Визначимо розміри умовного фундаменту

$$\varphi_{mi} = \frac{21 \cdot 1,4 + 36 \cdot 10,2}{11,6} = 34^0;$$

$$b_{ум.} = l_{ум.} = 1,3 + 0,3 + 11,6 \cdot 2 \cdot \text{tg}(34 / 4)^0 = 5,0 \text{ (м)}.$$

Об'єм умовного фундаменту

$$V_{ум.} = l_{ум.} \cdot b_{ум.} \cdot d_{ум.} = 5,0 \cdot 5,0 \cdot 13,6 = 340,0 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Об'єм ростверку і палей в об'ємі умовного фундаменту

$$V_p + V_{гр.} = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,95 = 6,32 \text{ (м}^3\text{)}; \quad V_{паль} = 0,3^2 \cdot 11,6 \cdot 5 = 5,22 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Об'єм ґрунту в об'ємі умовного фундаменту

$$V_{гр.} = 340,0 - 6,32 - 5,22 = 328,5 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Вага елементів умовного пального фундаменту

$$G_p + G_{гр.} = 6,32 \cdot 20 = 126,4 \text{ (кН)}; \quad G_{паль} = 5,22 \cdot 25 = 130,5 \text{ (кН)}.$$

$$\gamma_{mi} = \frac{17,0 \cdot 2,0 + 16,3 \cdot 1,4 + 17 \cdot 10,2}{13,6} = 16,9 \text{ (кН / м}^3\text{)}.$$

$$G_{гр.} = 328,5 \cdot 16,9 = 5552 \text{ (кН)}.$$

Тиск по підшві умовного фундаменту

$$p = \frac{N + G_{p+zp} + G_{zp} + G_{наль}}{A_{ум.}} = \frac{1489,5 + 126,4 + 5552 + 130,5}{5,0 \cdot 5,0} = 292,0 \text{ (кПа)}.$$

Розрахунковий опір ґрунту основи умовного фундаменту

$$\begin{aligned} R &= \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} \left[ M_{\gamma} k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II}' + (M_q - 1) d_b \gamma_{II}' + M_c c_{II} \right] = \\ &= \frac{1,3 \cdot 1,1}{1,1} (1,81 \times 1,0 \times 5,0 \times 17,0 + 8,24 \times 12,6 \times 16,9 + 9,97 \times 4) = \\ &= 2533 \text{ (кПа)} > p = 292 \text{ кПа}. \end{aligned}$$

Розрахункове експлуатаційне навантаження на рівні підшви умовного фундаменту без врахування в його межах власної ваги ґрунту

$$N_{\Sigma} = N_e + G_{p+гр} + G_n = 1489,5 + 126,4 + 130,5 = 1746,4 \text{ (кН)}.$$

Тиск під підшвою умовного фундаменту

$$p = N_{\Sigma} / A_y = 1746,4 / (5,0 \cdot 5,0) = 69,9 \text{ (кПа)}.$$

Тиск від власної ваги ґрунту від підшви ростверка до підлоги першого поверху

$$\sigma_{zg0} = 18,0 \cdot 1,95 = 35,1 \text{ (кПа)}.$$

Товщина і-го шару ґрунту  $h_i = 0,2 b_y = 0,2 \cdot 5,0 = 1,0$  (м). Співвідношення сторін підшви умовного фундаменту  $\eta = l_{ум}/b_{ум} = 5,0/5,0 = 1$ .

Далі розрахунок осідання ґрунту зводимо до таблиці 4.13.

Тиск від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану, в рівні підшви ростверка

$$\sigma'_{zq,0} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i = 17,0 \text{ (кПа)}.$$

Співвідношення сторін котловану  $\eta = l_k/b_k = 95/25 = 4,43$ .

Оскільки ширина підшви умовного фундаменту  $b_y = 5,0 \text{ м} = 5 \text{ м}$ , то нижню межу стисливої товщі знаходимо за формулою  $\sigma_{zp,i} < 0,2(\sigma_{zg,i} - \sigma_{zu,1})$ .

Оскільки глибина котловану  $d = 1,0 \text{ м} < 5 \text{ м}$ , осідання фундаменту знаходимо без урахування вторинного осідання.

У результаті розрахунків, наведених у таблиці 4.13, осідання фундаменту  $S = 0,503 \text{ см}$ . Припустиме осідання для будинків із залізобетонним каркасом  $S_u = 10 \text{ см}$ . Умова  $S = 0,503 \text{ см} < S_u = 10 \text{ см}$  виконується.

Таблиця 4.13 – Розрахунок осідання пального фундаменту

b = 5,00	l = 5	(для ленточного ввєсти 10*b)	
bk = 25	lk = 95	(для ленточного ввєсти 10*b)	
	p = 69,9	σ <sub>γ</sub> = 17,00	σ <sub>zg0</sub> = 35,10

S = 0,00503

Z	γ	2Z/by	α	σ <sub>zp</sub>	σ <sub>zg</sub>	2Z/bk	α <sub>k</sub>	σ <sub>γ</sub>	σ <sub>zp(ср)</sub>	σ <sub>γ(ср)</sub>	E	h	S	k
0		0	1	69,9	35,1	0	1	17						
0,4	17	0,16	0,997	69,692115	41,9	0,032	0,999986	17	69,796	17	13800	0,4	0,001224	1,6633
1,00	17,2	0,4	0,9604	67,131815	52,22	0,08	0,999784	16,996	68,412	16,998	30000	0,6	0,000823	1,2856
2,00	17,2	0,8	0,7997	55,900532	69,42	0,16	0,998305	16,971	61,516	16,984	30000	1	0,001188	0,8053
3,00	17,2	1,2	0,6064	42,390426	86,62	0,24	0,994485	16,906	49,145	16,939	30000	1	0,000859	0,4894
4	10	1,6	0,4492	31,402042	96,62	0,32	0,987561	16,789	36,896	16,847	30000	1	0,000535	0,325
5,00	10	2	0,3361	23,493928	106,62	0,4	0,977148	16,612	27,448	16,7	30000	1	0,000287	0,2204
6	10	2,4	0,2568	17,949872	116,62	0,48	0,963219	16,375	20,722	16,493	30000	1	0,000113	0,1539

Розрахунок польового фундаменту за деформаціями основи за розв'язанням задачі про переміщення стержня в пружному півпросторі.

Вихідні дані для розрахунку приймаємо за рисунком 4.5.

Визначимо осідання одиночної палі в кущі (рис. 4.6).

Вертикальне навантаження на палю приймаємо середнім для куща при розрахунковому експлуатаційному значенні навантажень.

Вертикальне навантаження від колони  $N_e = 1489,5$  кН.

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах  $G_p + G_{гр.} = 6,32 \cdot 20 = 126,4$  (кН).

Середнє навантаження на палю

$$P = \frac{1489,5 + 126,4}{5} = 323,2 \text{ (кН)}.$$

Середнє значення коефіцієнта Пуассона в межах напруженої зони

$$\nu = \frac{\sum \nu_i h_i}{\sum h_i} = \frac{0,32 \cdot 1,4 + 0,29 \cdot 10,6 + 0,3 \cdot (1,2 - 0,4)}{11,6 + 1,2} = 0,29.$$

Граничний опір палі  $P_u = 1,25F_d = 1,25 \cdot 696,7 = 870,9$  (кН).

Навантаження на палю на межі пропорційності

$$P_e = 0,5P_u = 0,5 \cdot 870,9 = 435,4 \text{ (кН)}.$$

Модуль деформації ґрунту під нижнім кінцем палі в межах одного діаметру вище і чотирьох діаметрів нижче позначки нижнього кінця палі

$$E_p = \frac{\sum E_i h_i}{\sum h_i} = \frac{13,8 \cdot 0,7 + 30 \cdot 0,8}{1,5} = 22,4 \text{ (МПа)}.$$

Осереднений у межах довжини палі модуль деформації ґрунтової основи

$$E_f = \frac{\sum E_i h_i}{\sum h_i} = \frac{7,0 \cdot 1,4 + 13,8 \cdot 10,2}{11,6} = 13,0 \text{ (МПа)}.$$

Відношення усереднених модулів деформації під нижнім кінцем і в межах бічної поверхні палі

$$k_E = \frac{E_p}{E_f} = \frac{22,4}{13,0} = 1,72.$$

Приведений радіус палі

$$r = \frac{r_0}{l} = \frac{0,15}{11,6} = 0,013.$$

Модуль деформації матеріалу палі при класі бетону С16/20  $E_0 = 27000$  МПа.

Коефіцієнти, що визначають частину навантаження, яка передається нижнім кінцем (за таблицею П.1.2 [1 та бічною поверхнею палі за табл. П.1.5 [1])

$$b = 0,151. \quad k_f = 1,4.$$

Коефіцієнт умов роботи піщаного ґрунту під нижнім кінцем палі за табл. П.1.7 [1]  $k_p = 2,2$ .

Приведений модуль деформації ґрунту

$$E = (1-b)k_f E_f + k_p b E_p = (1-0,151) \cdot 1,4 \cdot 13,0 + 2,2 \cdot 0,151 \cdot 22,4 = 22,9 \text{ (МПа)}.$$

Коефіцієнт осідання (за таблицею П.1.1 [1]  $c = 0,685$ .

Пружна складова осідання палі

$$s_e = 2(1+\nu) \frac{P_e c}{El} + \frac{P_e l(1+b)}{2E_0 F} = 2(1+0,29) \frac{435,4 \cdot 0,685}{22900 \cdot 11,6} + \frac{435,4 \cdot 11,6 \cdot (1+0,151)}{2 \cdot 27000 \cdot 10^3 \cdot 0,3^2} = 0,00409 \text{ (м)}.$$

Осідання одиночної палі

$$s_1 = \frac{s_e P}{P_u - P} = \frac{0,00409 \cdot 323,2}{870,9 - 323,2} = 0,00241 \text{ (м)}.$$

Визначимо осідання куща з 5 палей, взявши за основну одну з палей (див. рис. 4.6). Палі мають такі відстані від середньої:  $a_1 = 0,919 \text{ м}$  - 4 шт.

Визначаємо коефіцієнти впливу сусідніх палей за табл. П.1.3 та П.1.4 [1]

$$\frac{a_1}{2r_0} = 0,919 / 0,3 = 3,06; \quad w_1 = 0,418; \quad k_{b1} = 1,031.$$

Осідання середньої палі від одиничного навантаження на  $j$ -ту палю у фундаменті визначаємо за формулою

$$s_{i,j} = 2(1+\nu) \frac{w_j k_{bj}}{El}. \quad (4.9)$$

$$s_{1,1} = 2(1+\nu) \frac{w_j k_{bj}}{El} = 2(1+0,29) \frac{0,418 \cdot 1,031}{22900 \cdot 11,6} = 4,185 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

Осідання пального куща з 5 палей

$$s_i = s_1 + \sum_{j=1}^n p_j s_{ij} = 0,00241 + 323,2 \cdot 4 \cdot 4,185 \cdot 10^{-6} = 0,00769 \text{ (м)}.$$

Допустиме значення осідання для будівель із залізобетонним каркасом  $S_u = 10$  см [66]. Умова  $S=0,769$  см  $< S_u=10$  см виконується.

#### 4.2.6 Розрахунок міцності тіла ростверку пальового фундаменту з палів С12-30

##### *Перевірка міцності ростверку на продавлювання*

В першому наближенні приймаємо висоту плитної частини ростверка 600 мм. Розрахункова схема ростверка наведена на рис. 4.7.

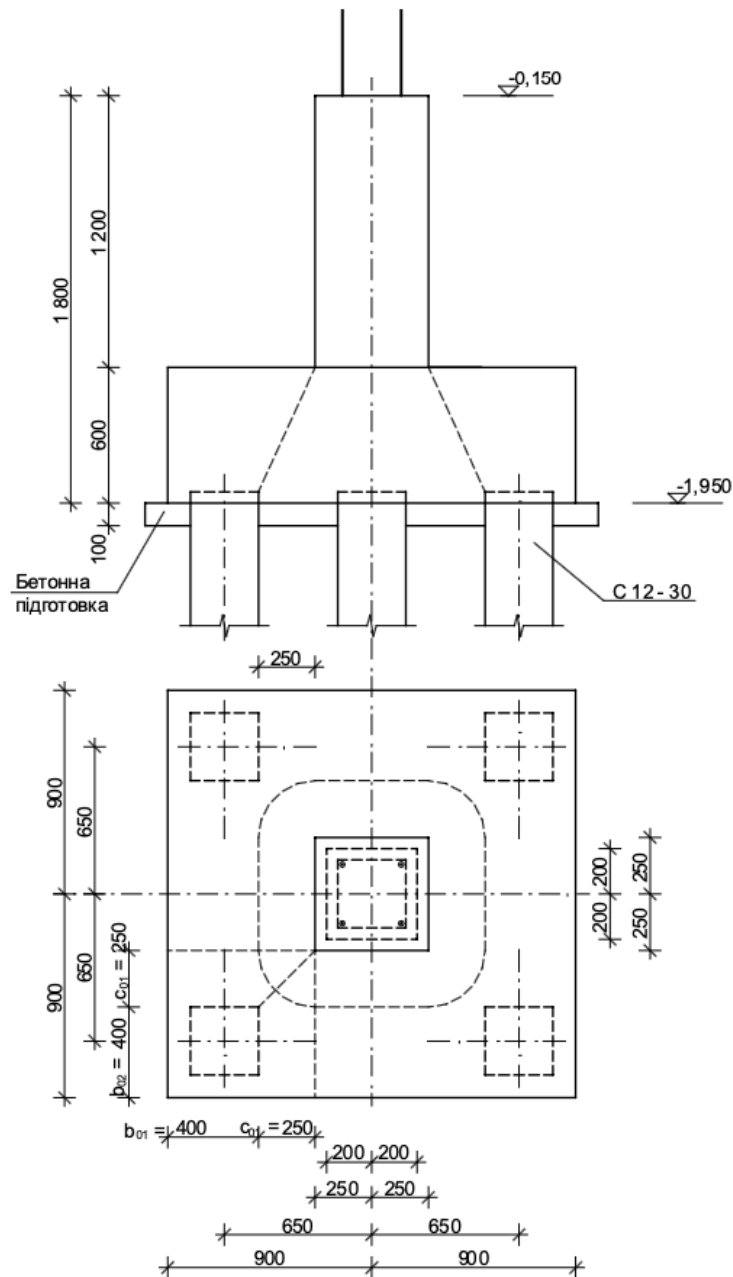


Рис. 4.7 – Розрахункова схема ростверку під монолітну залізобетонну колону



Граничні розрахункові значення навантаження на фундамент

$$N_m = 1983,7 \text{ кН}; M_{x,m} = 0 \text{ кНм}; M_{y,m} = 0 \text{ кНм}.$$

В якості матеріалу фундаменту використовуємо бетон класу С20/25 та арматуру А400С.

Фізико-механічні характеристики матеріалів [67, 68]:

Бетон С20/25		Арматура			
		А400С		А240С	
$f_{ck,prism}$ , МПа	18,5	$f_{yk}$ , МПа	400	$f_{yk}$ , МПа	240
$f_{cd}$ , МПа	14,5	$f_{yd}$ , МПа	363,6	$f_{yd}$ , МПа	228,6
$f_{ctd}$ , МПа	1,0	$f_{ywd}$ , МПа	285	$f_{ywd}$ , МПа	170
$E_{cm}$ , МПа	$30,0 \cdot 10^3$	$\varepsilon_{ud}$	0,025	$\varepsilon_{ud}$	0,025
$\varepsilon_{c3,cd}$	0,63	$E_s$ , МПа	$2,1 \cdot 10^5$	$E_s$ , МПа	$2,1 \cdot 10^5$
$\varepsilon_{cu3,cd}$	3,10	$\gamma_s$	1,1	$\gamma_s$	1,05
$\gamma_{c1}$	0,9				

Під подошвою фундаменту передбачаємо бетонну підготовку, тому висоту захисного шару бетону можна прийняти рівною  $a_s = 50$  мм, тоді робоча висота перерізу

$$z_s = h - a_s = 600 - 50 = 550 \text{ (мм)}.$$

Висота фундаменту  $H_f = 1,8$  м;

розміри подошви ростверку  $l \times b = 1,8 \times 1,8$  м;

розміри підколонника в плані  $h_c \times b_c = 0,5 \times 0,5$  м;

висота плитної частини  $h_l = 600$  мм.

*Перевірка міцності ростверка на продавлювання.*

Розрахункове навантаження на палю без урахування ваги ростверку

$$F_1 = \frac{N_m}{n} + \frac{M_{xm} y_{\max}}{\sum y_i^2} = \frac{1983,7}{5} = 396,7 \text{ (кН)}.$$

Розрахункове значення продавлювальної сили

$$V_{Ed} = 2 \cdot 2F_1 = 2 \cdot 2 \cdot 396,7 = 1587 \text{ (кН)}.$$

Коефіцієнт зниження міцності бетону із тріщиною при зсуві

$$\nu = 0,6 \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \left( 1 - \frac{18,5}{250} \right) = 0,556,$$

максимально допустиме значення опору на зріз, що може витримати переріз

$$V_{Rd,max} = 0,5v_f f_{cd} = 0,5 \cdot 0,556 \cdot 13050 = 3625,3 (\text{кПа});$$

Перевіримо умову відсутності зрізу при продавлюванні поряд з підколонником (коефіцієнт  $\beta$  приймаємо рівним одиниці, оскільки згинальні моменти відсутні)

$$V_{Ed,\sigma} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} = \frac{1,0 \cdot 1587}{0,5 \cdot 4 \cdot 0,55} = 1442,7 (\text{кПа}) < V_{Rd,max} = 3625,3 \text{ кПа}.$$

$u_0$  – довжина контуру підколонника;

$d$  – робоча висота перерізу на периметрі площі завантаження.

Умова виконується.

Оскільки зріз при продавлюванні здійснюється по внутрішніх гранях паль, то перевіримо опір продавлюванню на контрольному периметрі на відстані  $c = 250$  мм від контуру підколонника (рис. 4.7).

Продавлювальна сила

$$V_{Ed,red} = F_{per} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1587 (\text{кН}).$$

$$u = 2c_1 + 2c_2 + \pi \cdot 2c_1 = 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 + \pi \cdot 2 \cdot 0,25 = 3,57 (\text{м}).$$

Визначаємо розрахункову величину опору на зріз при продавлюванні фундаментних плит без поперечного армування

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,3} = 0,138; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,603 < 2.$$

Відсоток армування робочої арматури, який не перевищує 0,02

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{11,31}{180 \cdot 55,0} = 0,00114 < 0,02;$$

$$V_{\min} \frac{2d}{a} = 0,035 \cdot k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \frac{2 \cdot 0,55}{0,25} = 0,035 \cdot 1,603^{3/2} 18,5^{1/2} \cdot 4,0 = 1,222 (\text{МН}).$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k (100 \rho_i f_{ck})^{1/3} \frac{2d}{a} = 0,138 \cdot 1,603 (100 \cdot 0,00114 \cdot 18,5)^{1/3} \cdot 4,0 = 1,135 (\text{МН}) < V_{\min} = 1,222 (\text{МН}).$$

Перевіряємо умову міцності на зріз при продавлюванні при відсутності

поперечного армування

$$V_{Ed,\sigma} = \frac{\beta V_{Ed,red}}{ud} = \frac{1,0 \cdot 1587}{3,57 \cdot 0,55} = 808,3 \text{ (кПа)} < V_{Rd,c} = 1222 \text{ кПа.}$$

Отже, міцність на продавлювання забезпечена.

*Розрахунок на продавлювання кутовою палею.*

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах

$$G_{p+zp} = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 152,9 \text{ (кН).}$$

Розрахункове навантаження на палю з урахуванням ваги ростверку

$$F_1 = \frac{N_{bot}}{n} + \frac{M_{xbot} y_{max}}{\sum y_i^2} = \frac{1983,7 + 152,9}{5} = 427,3 \text{ (кН).}$$

Розрахункові параметри (позначення згідно з рис. 4.7):

$$b_{01} = 0,4 \text{ м; } c_{01} = 0,25 \text{ м; } b_{02} = 0,4 \text{ м; } c_{02} = 0,25;$$

$$h_{01}/c_{01} = 550/250 = 2,2; \quad h_{01}/c_{02} = 550/250 = 2,2,$$

$$\text{Коефіцієнти } \beta_1 = 0,968; \beta_2 = 0,968.$$

Граничне навантаження на палю з умови продавлювання

$$\begin{aligned} F_{ai} &= V_{Rd,c} \cdot h_{01} \left[ \beta_1 \left( b_{02} + \frac{c_{02}}{2} \right) + \beta_2 \left( b_{01} + \frac{c_{01}}{2} \right) \right] = \\ &= 1222 \cdot 0,55 \left[ 0,968 \left( 0,4 + \frac{0,25}{2} \right) + 0,968 \cdot \left( 0,4 + \frac{0,25}{2} \right) \right] = 683,1 \text{ (кН)} > F_1 = 427,3 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Міцність на продавлювання кутовою палею забезпечена.

*Розрахунок міцності нахилених перерізів ростверку на дію поперечних сил.*

Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палю з урахуванням ваги ростверка

$$F_1 = \frac{N_{bot}}{n} + \frac{M_{xbot} y_{max}}{\sum y_i^2} = \frac{1983,7 + 152,9}{5} = 427,3 \text{ (кН).}$$

$$V_{Ed} = 2F_1 = 2 \cdot 427,3 = 854,6 \text{ (кН).}$$

Мінімальна ширина перерізу балки  $b_w = 1800$  (мм).

Максимально допустиме значення поперечної сили, що може витримати переріз

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 1,8 \cdot 0,55 \cdot 0,556 \cdot 13,05 \cdot 10^3 = 3591,6 \text{ (кН).}$$

Перевіряємо умову міцності

$$V_{Ed} = 696 \text{ кН} < V_{Rd,max} = 3591,6 \text{ кН}. \text{ Розміри перерізу достатні.}$$

Визначимо необхідність розрахунку поперечних стержнів.

Відсоток армування робочої арматури

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{11,31}{180 \cdot 55,0} = 0,00114 < 0,02.$$

Визначаємо максимальну поперечну силу, що може витримати переріз без поперечного армування з урахуванням коефіцієнта  $\beta = a/2d = 250/2 \cdot 550 = 0,227 < 0,25$ , приймаємо  $\beta = 0,25$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k(100\rho_i f_{ck})^{1/3} b d / \beta + 0 = \\ = 0,138 \cdot 1,603(100 \cdot 0,00114 \cdot 18,5)^{1/3} \cdot 1,8 \cdot 0,55 / 0,25 = 1,123 \text{ (МН)};$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,603^{3/2} 18,5^{1/2} = 0,305 \text{ (МН)}.$$

$$V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d / \beta = (0,305 + 0,15 \cdot 0) 1,8 \cdot 0,55 / 0,25 = 1,21 \text{ (МН)}.$$

Приймаємо більше значення  $V_{Rd,c} = 1,21 \text{ (МН)}$ .

$$V_{Ed} = 854,6 \text{ кН} < V_{Rd,c} = 1210 \text{ кН}. \text{ Умова міцності на зріз від поперечної}$$

сили виконана.

*Розрахунок ростверку на згин.*

Визначаємо згинальні моменти, що діють в перерізі 1-1 (рис. 4.7).

Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палю з урахуванням ваги ростверку

$$F_1 = \frac{N_{bot}}{n} + \frac{M_{xbot} y_{max}}{\sum y_i^2} = \frac{1983,7 + 152,9}{5} = 427,3 \text{ (кН)}.$$

Згинальний момент від реакції паль біля грані підколонника (переріз 1-1)

$$M = 2F_1(0,65 - 0,5/2) - \frac{G_{p+sp} \cdot (0,9 - 0,5/2)^2}{1,8 \cdot 2} = 2 \cdot 427,3 \cdot 0,4 - \frac{152,9 \cdot 0,65^2}{1,8 \cdot 2} = 323,9 \text{ (кНм)}.$$

Знайдемо параметр  $\lambda$  
$$\lambda = \frac{\varepsilon_{cu3.cd} - \varepsilon_{c3.cd}}{\varepsilon_{cu3.cd}} = (3,1 - 0,63)/3,1 = 0,797.$$

Максимально можлива стиснута зона.

$$x_1 = x_{lu} = z_s \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{so}} = 0,55 \frac{3,1}{3,1+1,729} = 0,353 \text{ (м)};$$

$$\varepsilon_{so} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{363}{2,1 \cdot 10^5} = 0,001729.$$

Визначаємо розрахункове значення величини стиснутої зони  $x_1$

$$x_1 = \frac{d \cdot q_c - \sqrt{d^2 \cdot q_c^2 - 4k_\lambda q_c M}}{2q_c k_\lambda}, \text{ [м]}, \quad (4.10)$$

$$k_\lambda = \frac{1 + \lambda(1 + \lambda)}{3(1 + \lambda)} = \frac{1 + 0,797(1 + 0,797)}{3(1 + 0,797)} = 0,451;$$

$$q_c = \frac{1}{2} f_{cd} \cdot \gamma_{cl} \cdot b(1 + \lambda) = \frac{1}{2} 13,05 \cdot 10^3 \cdot 1,8 \cdot 1,0(1 + 0,797) = 21,1 \cdot 10^3 \text{ (кН / м)};$$

$$x_1 = \frac{0,55 \cdot 21,1 \cdot 10^3 - \sqrt{0,55^2 (21,1 \cdot 10^3)^2 - 4 \cdot 0,451 \cdot 21,1 \cdot 10^3 \cdot 323,9}}{2 \cdot 0,451 \cdot 21,1 \cdot 10^3} =$$

$$= 0,0286 \text{ (м)}.$$

Перевіряємо умову  $x_1 \leq x_{lu}$ ;  $x_1 = 0,0286 \text{ м} \leq x_{lu} = 0,353 \text{ м}$ .

Умова виконана. Отже, робоче армування розміщене лише в нижній зоні.

Знаходимо площу армування

$$A_s = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_1 (1 + \lambda)}{2f_{yd}} = \frac{13,05 \cdot 10^3 \cdot 1,8 \cdot 0,0286(1 + 0,797)}{2 \cdot 363 \cdot 10^3} = 0,001662 \text{ (м}^2\text{)} =$$

$$= 16,62 \text{ (см}^2\text{)}.$$

В поперечному напрямку армування приймаємо як в поздовжньому  
10Ø16 A400C  $A_s = 20,11 \text{ см}^2$ .

#### Висновки за розділом 4

В технічній частині магістерської кваліфікаційної роботи виконані архітектурно-будівельні рішення будівлі бізнес центру в м. Кривий Ріг Дніпропетровської області. Архітектурно-будівельні рішення відповідають стадії Проект і призначені для впровадження результатів наукових досліджень на прикладі конкретного об'єкту.

При розробці архітектурно-будівельних рішень враховані всі вимоги до санітарно-технічних вимог, вимог до пожежної безпеки, вимог до енергозбереження, передбачені заходи з забезпечення обслуговування людей з обмеженими можливостями. На території передбачене влаштування укриття на випадок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів.

Більш детально розроблені конструктивні рішення пальових фундаментів з доведенням до стадії робочої документації. У технічній частині проектування фундаментів виконане за вимогами чинних норм, в економічній частині буде здійснене проектування варіантів фундаментів, засноване на висновках науково-дослідної роботи.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці та цивільного захисту в процесі влаштування фундаментів. 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.

На будівельно-монтажний персонал, який здійснює влаштування фундаментів, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [69, 70]: фізичні, хімічні та трудового процесу.

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

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

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

### 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

#### 5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення обладнання будівельного майданчика 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.

За наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зазначених вище, безпека виконання бетонних робіт повинна бути забезпечена відповідно до вимог [71] і проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР тощо) на виконання цих робіт. Одночасно необхідно визначити: небезпечні зони та засоби їх позначення (огорожі); безпечні засоби механізації для приготування, транспортування, подавання та укладання бетону; несучу здатність, міцність та стійкість опалубки, послідовність її монтажу та демонтажу; послідовність монтажу арматури; заходи та засоби забезпечення безпеки робочих місць на висоті; заходи та засоби безпеки праці під час догляду за бетоном у теплу та холодну пори року. Під час монтажу опалубки, монтажу арматурних каркасів необхідно керуватися вимогами [71].

Під час бетонування перекриттів опалубку необхідно огородити вздовж всього периметру. Всі отвори в робочій підлозі опалубки повинні бути закриті щитами. Якщо необхідно, щоб отвори були постійно відкритими, вони повинні бути закриті ґратами. Місця розташування опор стояків опалубки перекриттів повинні бути огорожені та позначені заборонними знаками безпеки з пояснювальними написами. Вхід (прохід) під час виконання бетонних робіт в (через) цю зону заборонено.

Перед монтажем збірної опалубки стін, колон, пілонів, що розташовані на краю перекриття, ригелів, склепінь у випадках, коли монтажник під час виконання робіт перебуває не на робочій підлозі опалубки, повинні бути улаштовані робочі настили завширшки не менше ніж 0,8 м із захисними суцільними огорожами, конструкція яких повинна бути розрахована на можливі технологічні навантаження і бути визначена у ПВР. Після зняття частини ковзної опалубки та підвісних риштувань торцеві сторони опалубки необхідно огородити. Для захисту працівників, що виконують роботи на



підвісних риштуваннях, від предметів, що можуть падати зверху, по зовнішньому периметру ковзної опалубки повинні бути обладнані козирки шириною не менше ніж ширина риштувань. Вантажно-розвантажувальні роботи, знімні вантажозахоплювальні пристрої, стропи і тара, призначені для подавання бетонної суміші вантажопідіймальними кранами, повинні відповідати вимогам [71] і НПАОП 0.00-1.01.

На ділянках натягання арматури в місцях, де можуть проходити люди, повинна бути встановлена захисна огорожа висотою не менше ніж 1,8 м. Пристрої для натягування арматури повинні бути обладнані сигналізацією, що приводиться у дію під час включення приводу натяжного пристрою. Забороняється перебування людей на відстані ближче ніж 1,0 м від арматурних стрижнів, що нагріваються електрострумом. Заготівлю та складання укрупнених арматурних каркасів необхідно виконувати у спеціально призначених для цього місцях. Перед початком бетонних робіт керівник зобов'язаний: перевірити стійкість, міцність, справність риштувань, конструкцій опалубки, огорож робочих горизонтів; перевірити справність тари, бункерів, бетононасосів, маніпуляторів; забезпечити працівників необхідними засобами індивідуального захисту.

Під час заготівлі арматури необхідно: огороджувати місця, призначені для розмотування бухт (мотків) і виправлення арматури; під час різання верстатами стрижнів арматури на відрізки довжиною менше ніж 30 см застосовувати пристрої, що запобігають їх розлітання; огороджувати робоче місце під час обробки стрижнів арматури, що виступають за габарити верстака, а у разі використання двобічних верстаків, крім цього, розділяти верстак посередині поздовжньою металевою запобіжною сіткою висотою не менше ніж 1 м; складати заготовлену арматуру в спеціально відведені для цього місця; закривати щитами торцеві частини стрижнів арматури в місцях загальних проходів, які повинні бути завширшки не менше ніж 1,0 м.

Стропування арматурних стрижнів або каркасів під час переміщення їх вантажопідіймальними кранами повинні здійснювати стропальники. Складати

арматурні каркаси вертикальних конструкцій (колон, стінової огорожі тощо) необхідно з робочих настилів шириною не менше ніж 0,8 м, що мають захисну огорожу. Відстань між настилами по висоті повинна бути не більше ніж 2,0 м.

Під час виконання робіт на висоті робоче місце арматурника повинно бути огорожене. Якщо неможливо встановити огорожу, а також якщо нахил робочої поверхні більше ніж  $20^\circ$ , працівники повинні користуватись запобіжними поясами і страхувальними канатами, місця закріплення яких визначаються у технологічних картах. Під час зварювання арматури у закритих приміщеннях робочі місця зварювальників повинні бути відділені від суміжних робочих місць і проходів переносними ширмами з незаймистих матеріалів. Елементи каркасів арматури необхідно пакетувати з урахуванням умов їх піднімання, складування і транспортування до місця монтажу.

Доступ робітників на встановлені арматурні та арматурно опалубні блоки до повного їх закріплення забороняється. Ходіння по укладеній арматурі допускається тільки по спеціальних настилах завширшки не менше ніж 0,6 м, закріплених на арматурному каркасі. Арматурні випуски з плит за їх висоти над рівнем бетону до 1,0 м повинні бути захищені (наприклад, гофрованою пластмасовою трубкою). Методи захисту від падіння з висоти працівників, елементів опалубки під час її улаштування та розбирання повинні бути передбачені в технологічних картах на виконання бетонних робіт.

Під час подавання бетону до місця його укладання бетононасосами необхідно забезпечити вільний доступ до стаціонарних вертикальних стояків бетоноводів. Здійснювати монтаж і демонтаж бетоноводів дозволяється тільки після зниження тиску у бетоноводі до атмосферного. Під час подавання бетону за допомогою бетононасоса необхідно: відводити всіх працюючих від бетоноводу на час його продування на відстань не менше ніж 10 м; укласти бетоноводи на прокладки для зменшення впливу динамічного навантаження на арматурний каркас і опалубку під час подавання бетону. Забороняється виконання бетонних робіт з риштувань, площадок тощо під час грози, ожеледі, туману і за швидкості вітру 12 м/с і більше.

Під час свердління алмазними кільцевими свердлами технологічних отворів для монтажу трубопроводів у бетонних і залізобетонних конструкціях на місці очікуваного падіння керна повинна бути відгороджена небезпечна зона. До виконання робіт з монтажу (демонтажу) системної опалубки допускаються працівники, що мають відповідну до Єдиного класифікатора технічних спеціальностей (ЄКТС) професійну підготовку, пройшли спеціальне навчання та отримали відповідні інструктажі з безпеки праці.

Опалубка зовнішніх залізобетонних стін, колон, ригелів, пілонів, склепінь повинна бути встановлена зі спеціальних навісних площадок або риштувань, що прикріплені до конструкцій попереднього поверху, які здатні витримати технологічні навантаження, що при цьому виникають. Виконання електрозварювальних робіт на горизонтах, де встановлена опалубка, заборонено. Як виняток допускається виконання електрозварювання окремих стрижнів з додержанням правил виконання вогневих робіт.

### 5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [72, 73]:

- для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;
- електрозахисні засоби захисту. Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби до 1000В. Основні: ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додаткові: діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

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.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачою 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 ходу; 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

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) [74]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на 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 більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [75]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та цемент, їх ГДК [74] наведено в таблиці 5.2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Цемент	6		4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [75]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [76] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г» (таблиця 5.3).

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).

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	б	малий	середній	-	200	3	1,8

#### 5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [77] (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

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні 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 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [78] і наведені в таблиці 5.5. Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [69]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кг/м) – до 290;

зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 30 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

## 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. Розрахунок пальових фундаментів при сейсмічному навантаженні

Розрахунок виконується у припущенні, що сейсмічність території складає 7 балів. Аварійне сполучення навантажень:  $N_a = 1786$  кН;  $M_a = 30$  кНм;  $Q_a = 25$  кН.

#### 5.3.1 Визначення допустимого навантаження на палі

*Для основного сполучення навантажень*

Пальовий фундамент на основне сполучення навантажень підібраний у п. 4.2.4. Пальовий фундамент з палі С12-30 складається з 5 палі. Розрахункова схема палі наведена на рис. 4.5, 4.6. Допустиме навантаження на палю  $N = 696,7/1,4 = 497,7$  (кН).

*Для аварійного сполучення навантажень*

При визначенні вертикальної складової навантаження на палю [1] додатково враховуються коефіцієнти  $\gamma_{eq1}$ ,  $\gamma_{eq2}$ ,  $\gamma_{eq3}$ .

За табл. Н.7.1 [1] при сейсмічності території 7 балів коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі для піщаних ґрунтів середньої щільності маловологих  $\gamma_{eq1} = 0,95$ ; коефіцієнт умов роботи по боковій поверхні палі для глинистих ґрунтів з показником текучості  $I_L < 0$   $\gamma_{eq2} = 0,95$ , для піщаних ґрунтів середньої щільності маловологих  $\gamma_{eq2} = 0,95$ .

$\gamma_{eq3} = 0,9$  (п.Н.7.1 [1]).

Коефіцієнт деформації  $\alpha_e$  при улаштуванні палі з бетону класу С16/20 знаходимо за формулою

$$\alpha_e = \sqrt[5]{\frac{Kb_p}{\gamma_c EI}} = \sqrt[5]{\frac{18000 \cdot 0,95}{3 \cdot 27,0 \cdot 10^6 \cdot 675 \cdot 10^{-6}}} = 0,793 \text{ (м}^{-1}\text{)},$$

при умовній ширині палі  $b_p = 1,5d + 0,5 = 1,5 \cdot 0,3 + 0,5 = 0,95$  (м),

моменті інерції перерізу палі  $I = d^4/12 = 0,3^4/12 = 0,000675$  (м<sup>4</sup>),

коефіцієнт пропорційності за табл. Н.8.1 [1] для твердого супіску

$$K = 18000 \text{ кН/м}^4.$$

Розрахункова довжина палі, на якій не враховується опір ґрунту по боковій поверхні при сейсмічних впливах

$$h_d = \frac{a_1(H + \alpha_c a_3 M)}{b_p \left( \frac{a_2}{\alpha_c} \gamma_1 \text{tg} \varphi_1 + c_1 \right)}$$

Приймаємо горизонтальне навантаження на одну палю  $H = Q_a/5 = 25/5 = 5$  (кН).

Значення характеристик міцності ґрунтів ІГЕ №2

$$\varphi_1 = 19^0; c_1 = 7,3 \text{ (кПа)}.$$

$\varphi_1 = 19^0 - 2 = 17^0$  (за п. Н.7.2 [1]), для низького ростверку

$$a_1 = 1,2; a_2 = 1,2; a_3 = 0$$

$$h_d = \frac{a_1(H + \alpha_c a_3 M)}{b_p \left( \frac{a_2}{\alpha_c} \gamma_1 \text{tg} \varphi_1 + c_1 \right)} = \frac{1,2 \cdot 5}{0,95 \left( \frac{1,2}{0,793} \cdot 16,2 \cdot \text{tg} 17^0 + 7,3 \right)} = 0,428 \text{ (м)}$$

$$< 3 / \alpha_c = 3 / 0,793 = 3,8 \text{ (м)}.$$

Приймаємо  $h_d = 0,43$  м.

Опір по боковій поверхні палі визначаємо в табличній формі (таблиця 5.6) за розрахунковою схемою рис. 4.5.

Таблиця 5.6 - Розрахунок опору по бічній поверхні забивної палі при сейсмічних впливах

$H_i$ , м	$f_i$ , м	$h_i$ , м	$\gamma_{eq2}$	$\gamma_{eq2} f_i \cdot h_i$ , кН/м
1,22	0	0,43		0
1,915	11,9	0,97	0,95	11
3,1	15,9	1,4	0,95	21,1
4,5	22,0	1,4	0,95	29,3
5,9	28,0	1,4	0,95	37,2
7,6	35,4	2,0	0,95	67,3
9,6	44,1	2,0	0,95	83,8
11,6	52,8	2,0	0,95	100,3

$$\Sigma = 350,0$$

Тоді несуча здатність палі на вдавлюючі навантаження при сейсмічних впливах

$$F_{eq} = \gamma_C \left( \gamma_{cR} R \cdot A \cdot \gamma_{eq1} \cdot \gamma_{eq3} + u \cdot \sum_{h_d}^l \gamma_{eq2} \gamma_{cf} f_i h_i \right) = 1(1 \cdot 2760 \cdot 0,3^2 \cdot 0,95 \cdot 0,9 + 1,2 \cdot 350,0) = 212,4 + 420,0 = 632,4 \text{ (кН)}.$$

Допустиме вертикальне навантаження на палю при аварійному сполученні  $N = 632,4/1,4 = 451,7$  (кН).

5.3.2 Розрахунок пального фундаменту на вертикальну і моментну складову навантажень

Потрібна кількість палей  $n = 1786 \cdot 1,1/451,7 = 4,34$  (шт.).

Залишаємо куц із 5 палей, прийнятий за основним сполученням навантажень.

Виконаємо перевірку навантаження на палю з урахуванням фактичної ваги ростверку і палей та наявності згинального моменту. Вага палі  $G_{пали} = 0,3^2 \cdot 11,6 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 31,6$  (кН).

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах  $G_p = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 152,9$  (кН).

Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палю з урахуванням дії згинального моменту

$$N = \frac{N^d + G_p + G_{паль}}{n} \pm \frac{M_x y_{\max}}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y x_{\max}}{\sum x_i^2} = \frac{1786,0 + 152,9 + 31,6 \cdot 5}{5} \pm \frac{(25,0 \cdot 1,95 + 30,0) \cdot 0,65}{4 \cdot 0,65^2} = 419,4 + 30,3 = 449,7 \text{ (кН)} < 451,7 \text{ кН}.$$

5.3.3 Розрахунок пального фундаменту на горизонтальну складову навантажень

Розміщення палей багаторядне, жорстке з'єднання голови палі з ростверком.

Товщина  $l_m$  шарів ґрунту, що переважно визначають роботу палі на горизонтальне навантаження

$$l_m = 2(d+1) = 2(0,3+1) = 2,6(m),$$

На глибину 2,6 м розміщений два ґрунти. Приймаємо осереджене значення коефіцієнту пропорційності за табл. Н.8.1 [1]  $K = 16000 \text{ кН/м}^4$ .

Коефіцієнт деформації  $\alpha_c$  при улаштуванні палі з бетону класу С16/20 знаходимо за формулою

$$\alpha_c = \sqrt[5]{\frac{kb_p}{\gamma_c EI}} = \sqrt[5]{\frac{16000 \cdot 0,95}{3 \cdot 27,0 \cdot 10^6 \cdot 675 \cdot 10^{-6}}} = 0,774 \text{ (м}^{-1}\text{)}.$$

Приведена довжина палі

$$\bar{l} = l\alpha_c = 11,6 \cdot 0,774 = 8,98 > 4.$$

1. *Розрахунок переміщення голови палі.*

За табл. 5 дод.1 [1] для випадку обпирання паль на нескельний ґрунт і при  $\bar{l} \geq 4$  коефіцієнти  $A_0 = 2,441$ ;  $B_0 = 1,621$ ;  $C_0 = 1,751$ .

Переміщення в рівні голови палі від одиничних навантажень

$$\epsilon_{HH} = \frac{1}{\alpha_c^3 EI} A_0 = \frac{1}{0,774^3 \cdot 27,0 \cdot 10^6 \cdot 675 \cdot 10^{-6}} \cdot 2,441 = 0,000289 = 2,89 \cdot 10^{-4} \text{ (м / кН)};$$

$$\epsilon_{MH} = \frac{1}{\alpha_c^2 EI} B_0 = \frac{1}{0,774^2 \cdot 27,0 \cdot 10^6 \cdot 675 \cdot 10^{-6}} \cdot 1,621 = 0,000148 = 1,48 \cdot 10^{-4} \text{ (1 / кН)};$$

$$\epsilon_{MM} = \frac{1}{\alpha_c EI} C_0 = \frac{1}{0,774 \cdot 27,0 \cdot 10^6 \cdot 675 \cdot 10^{-6}} \cdot 1,751 = 0,000124 = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ (рад / кНм)}.$$

За умови жорсткого з'єднання голови палі з ростверком реактивний момент, що діє з боку ростверку на голову палі.

$$M_f = -\frac{\epsilon_{MH}}{\epsilon_{MM}} H = -\frac{1,48 \cdot 10^{-4}}{1,24 \cdot 10^{-4}} \cdot 5 = -6,0 \text{ (кНм)}.$$

Визначаємо переміщення голови палі

$$u_0 = H_0 \epsilon_{HH} + M_0 \epsilon_{HM} = 5,0 \cdot 2,89 \cdot 10^{-4} - 6,0 \cdot 1,48 \cdot 10^{-4} = 0,056 \cdot 10^{-2} \text{ (м)} = 0,056 \text{ см} < 1 \text{ см}.$$

Поворот голови палі відсутній.

Переміщення палі не перевищує гранично допустиме.

## 2. Розрахунок стійкості ґрунту основи, що оточує палю

Оскільки  $\bar{l} = 8,98 > 2,5$ , тиск  $\sigma_z$ , що чинить бокова поверхня палі на ґрунт, визначаємо на глибині

$$z = 0,85 / \alpha_\epsilon = 0,85 / 0,774 = 1,1 \text{ (м)}.$$

За табл. 4 дод.1 [1] при  $\bar{z} = 0,85$  коефіцієнти  $A_1 = 0,997$ ;  $B_1 = 0,799$ ;  $C_1 = 0,320$ ;  $D_1 = 0,085$ .

Враховуючи, що  $\psi_0 = 0$ , обчислюємо тиск  $\sigma_z$

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \frac{K}{\alpha_\epsilon} \cdot \bar{z} \left( u_0 A_1 + \frac{M_0}{\alpha_\epsilon^2 EI} C_1 + \frac{H_0}{\alpha_\epsilon^3 EI} D_1 \right) = \\ &= \frac{16000}{0,774} \cdot 0,85 \left( 0,00056 \cdot 0,997 - \frac{6,0}{0,774^2 \cdot 27,0 \cdot 675} \cdot 0,32 + \frac{5,0}{0,774^3 \cdot 27,0 \cdot 675} \cdot 0,085 \right) = 7,6 \text{ (кПа)}. \end{aligned}$$

Переріз палі на глибині 1,1 м знаходиться у супіску ІГЕ 2 з характеристиками ;  $\gamma_I = 16,2 \text{ кН/м}^3$ ;  $c_I = 7,3 \text{ кПа}$ ;  $\varphi_I = 19^\circ$ .

Пальовий фундамент з забивних паль не є опорою розпірної споруди, отже  $\xi = 0,6$ ;  $\eta_1 = 1$ .

Оскільки все горизонтальне навантаження спричинене змінними впливами, то  $\eta_2 = 1$ .

Визначимо граничний тиск, який може сприйняти ґрунт на глибині 1,1 м від низу ростверку

$$\sigma_u = \eta_1 \eta_2 \frac{4}{\cos \varphi_I} (\gamma_I z \cdot \text{tg} \varphi_I + \xi c_I) = 1 \cdot 1 \cdot \frac{4}{\cos 19^\circ} (16,2 \cdot 1,1 \cdot \text{tg} 19^\circ + 0,6 \cdot 7,3) = 44,5 \text{ (кПа)}.$$

Умова стійкості ґрунту  $\sigma_z < \sigma_u$  виконується.

Отже, пальовий фундамент, підібраний на основне сполучення навантажень, задовольняє умови стійкості при аварійному сполученні.

## Висновки за розділом 5

1. Запропоновані заходи та засоби з охорони праці під час виконання робіт в процесі виконання робіт з улаштування пальового поля.

2. Досліджена безпека роботи пальового фундаменту в умовах дії сейсмічних впливів.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Розрахунок варіантів фундаментів з врахуванням результатів дослідження

В підрозділі 4.2 виконаний розрахунок пального фундаменту з забивних палей С12-30, розрахованих, згідно з вказівками норм [1]. Потрібна кількість довгих палей 5 штук. Розглянемо цей базовий традиційний варіант як варіант 1. Робоче креслення фундаменту наведено на рис. 6.1.

Розглянемо для порівняння три варіанти використання коротких палей. Розміщення палей С6-30 у ґрунті наведено на рис. 4.4. У п. 4.2.3 визначена несуча здатність такої палі і допустиме навантаження на неї  $N = 245,1$  кН. У п. 4.2.4 показано, що при кількості таких палей 9 шт. з розміщенням з кроком  $3d = 0,9$  м і розмірами ростверка  $2,3 \times 2,3$  м несуча здатність фундаменту за вимогами норм не забезпечена.

Виконаємо перерахунок несучої здатності фундаменту у варіанті 2, враховуючи сумісну роботу палей і ростверку у складі пального фундаменту.

Для палей з довжиною 6 м при кроці палей  $3d$  реалізація несучої здатності палей може бути прийнята 1,0 (рис. 2.19), а реалізація тиску під подошвою ростверка складає 0,1 (рис. 2.20).

Осереднене значення питомої ваги ґрунту вище подошви ростверку:

$$\gamma'_{II} = 17 \left( \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right).$$

Розрахунковий опір ґрунту під подошвою ростверку:

$$R = \frac{1,25 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 1 \cdot 2,3 \cdot 16,3 + 3,24 \cdot 1,0 \cdot 17,0 + 5,84 \cdot 12,0) = 182,7 \text{ (кПа)}.$$

Навантаження, що може взяти на себе ростверк

$$N_{\text{роств}} = 182,7 \times (2,3 \times 2,3 - 0,09 \times 9) \times 0,1 \times 1,3 = 106,4 \text{ (кН)}.$$

Навантаження, яке можуть сприйняти палі

$$N_{\text{паль}} = 245,1 \times 9 \times 1,0 = 2206 \text{ (кН)}.$$

Сумарна несуча здатність куща  $2313$  кН  $\approx 1983,7 + 249,6 + 15,2 \cdot 9 = 2370$  (кН).



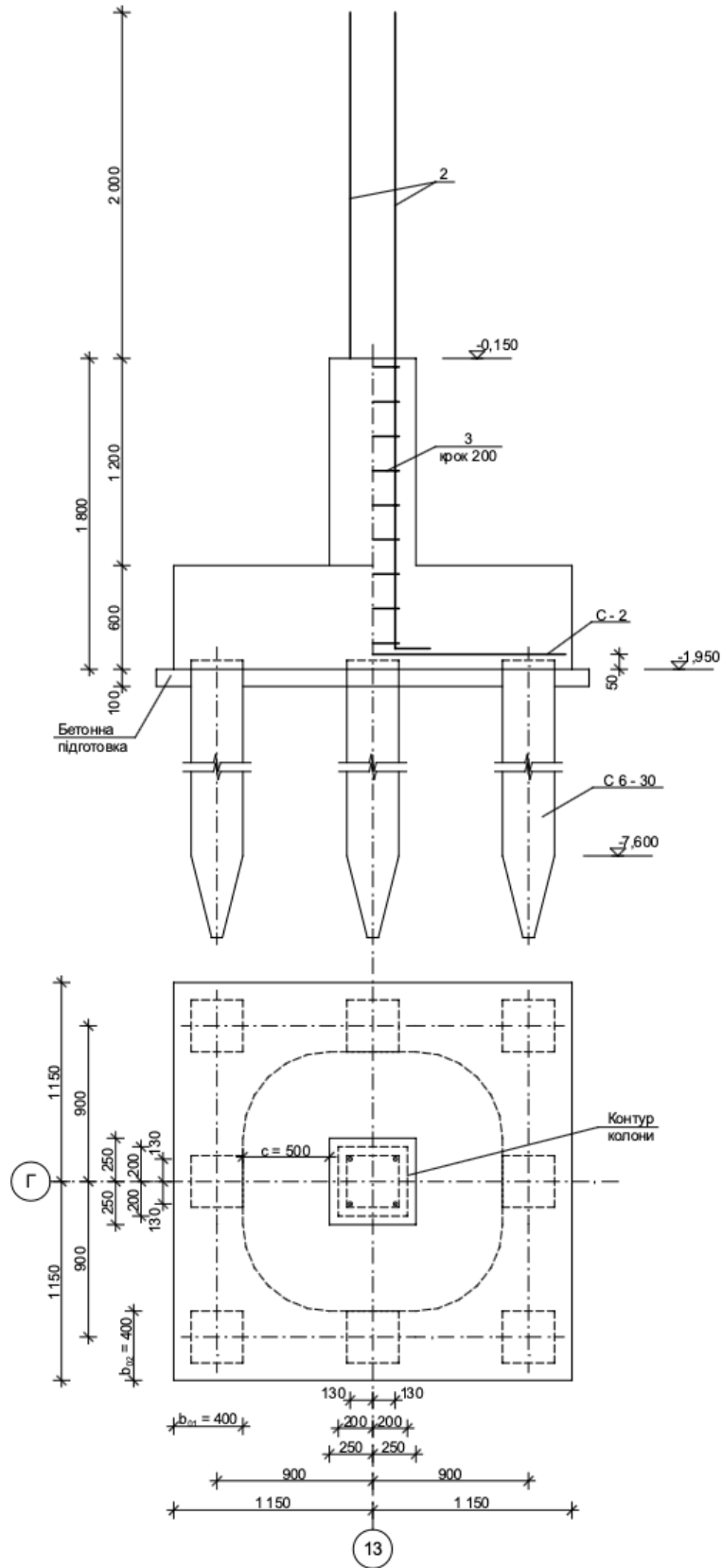


Рис. 6.2 – Робоче креслення фундаменту у варіанті 2 з врахуванням сумісної роботи паль і ростверку у куці



*Розрахунок ростверку пальового фундаменту за варіантом 1 з врахуванням сумісної роботи паль і ростверку за міцністю тіла.*

В якості матеріалу ростверку використовуємо бетон класу C20/25 та арматуру A400C. Характеристики матеріалів наведені у п. 4.2.6.

Граничне розрахункове значення навантаження на фундамент  $N_m = 1983,7$  кН.

Висота фундаменту  $H_f = 1,8$  м; розміри подошви ростверка  $2,3 \times 2,3$  м; розміри підколоники в плані  $h_c \times b_c = 0,5 \times 0,5$  м; висота плитної частини  $h_1 = 600$  мм.

*Перевірка міцності ростверку на продавлювання.*

Розрахунок ростверку на продавлювання підколоники виконуємо згідно з [67, 68].

Продавлююча сила  $V_{Ed} = N_m n_1/n = 1983,7 \cdot 8/9 = 1763,3$  (кН),

де  $n$  – число паль в ростверку;

$n_1$  – число паль за межами контрольного периметра піраміди продавлювання.

Поряд із підколоники опір зрізу при продавлюванні обмежується максимальним значенням

$$V_{Rd,max} = 0,5 \nu f_{cd} = 0,5 \cdot 0,556 \cdot 13050 = 3625,3 \text{ (кПа)};$$

Перевіримо умову відсутності зрізу при продавлюванні поряд з підколоники

$$V_{Ed,\sigma} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} = \frac{1763,3}{1,0 \cdot 2 \cdot 0,55} = 1603 \text{ (кПа)} < V_{Rd,max} = 3625,3 \text{ кПа.}$$

Умова виконується.

Оскільки зріз при продавлюванні здійснюється по внутрішніх гранях паль, то перевіримо опір продавлюванню на контрольному периметрі на відстані  $s$  від контуру підколоники (рис. 6.2).

Продавлююча сила за вирахування тиску під подошвою ростверка в межах контрольного периметра

$$V_{Ed} = N_m n_1/n = 1763,3 - (106,4/2,3^2)(1,5 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 1,0 + \pi \cdot 0,5^2) = 1763,3 - 40,9 = 1722,4 \text{ (кН)},$$

$$u = 2c_1 + 2c_2 + \pi \cdot 2c_1 = 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 + \pi \cdot 2 \cdot 0,5 = 5,14 \text{ (м)}.$$

Розрахункова величина опору на зріз при продавлюванні фундаментних плит без поперечного армування при відсотку армування робочої арматури, який не перевищує 0,02

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{13,57}{230 \cdot 55,0} = 0,00107 < 0,02;$$

$$V_{\min} \frac{2d}{a} = 0,035 \cdot k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \frac{2 \cdot 0,55}{0,5} = 0,035 \cdot 1,603^{3/2} 18,5^{1/2} \cdot 2,2 = 0,672 \text{ (МН)}.$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k (100 \rho_i f_{ck})^{1/3} \frac{2d}{a} = 0,138 \cdot 1,603 (100 \cdot 0,00107 \cdot 18,5)^{1/3} \cdot 2,2 = 0,611 \text{ (МН)} < V_{\min} = 0,672 \text{ (МН)}.$$

Перевіряємо умову міцності на зріз при продавлюванні при відсутності поперечного армування

$$V_{Ed,\sigma} = \frac{\beta V_{Ed,red}}{ud} = \frac{1722,4}{5,14 \cdot 0,55} = 609,3 \text{ (кПа)} < V_{Rd,c} = 672 \text{ кПа}.$$

Отже, міцність на продавлювання забезпечена.

*Розрахунок на продавлювання кутовою палею.*

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах

$$G_{p+zp} = 2,3 \cdot 2,3 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 249,6 \text{ (кН)}.$$

Розрахункове навантаження на палю з урахуванням ваги ростверку

$$F_1 = \frac{N_{bot}}{n} + \frac{M_{xbot} y_{\max}}{\sum y_i^2} = \frac{1983,7 + 249,6}{9} = 248,1 \text{ (кН)}.$$

Розрахункові параметри (позначення згідно з рис. 4.7):

$$b_{01} = 0,4 \text{ м}; \quad c_{01} = 0,5 \text{ м}; \quad b_{02} = 0,4 \text{ м}; \quad c_{02} = 0,5 \text{ м};$$

$$h_{01}/c_{01} = 550/500 = 1,1; \quad h_{01}/c_{02} = 550/500 = 1,1.$$

$$\text{Коефіцієнти } \beta_1 = 0,645; \quad \beta_2 = 0,645.$$

Граничне навантаження на палю з умови продавлювання

$$F_{ai} = V_{Rd,c} \cdot h_{01} \left[ \beta_1 \left( b_{02} + \frac{c_{02}}{2} \right) + \beta_2 \left( b_{01} + \frac{c_{01}}{2} \right) \right] =$$

$$= 672 \cdot 0,55 \left[ 0,645 \left( 0,4 + \frac{0,5}{2} \right) + 0,645 \cdot \left( 0,4 + \frac{0,5}{2} \right) \right] = 309,9 \text{ (кН)} > F_1 = 248,1 \text{ кН}.$$

Міцність на продавлювання кутовою палею забезпечена.

*Розрахунок ростверку на згин.*

Визначаємо згинальні моменти, що діють в перерізі на грані підколоники.

Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палею

$$F_1 = 248,1 \text{ (кН)}.$$

Згинальний момент від реакції палі біля грані підколонику

$$M = 3F_1(0,9 - 0,5/2) - \frac{(G_{p+zp} - 106,4)(1,15 - 0,5/2)^2}{2,3 \cdot 2} =$$

$$= 3 \cdot 248,1 \cdot 0,65 - \frac{(249,6 - 106,4) \cdot 0,9^2}{2,3 \cdot 2} = 458,6 \text{ (кНм)}.$$

Визначаємо розрахункове значення величини стиснутої зони  $x_1$  за формулою (2.14)

$$q_c = \frac{1}{2} f_{cd} \cdot \gamma_{c1} \cdot b(1 + \lambda) = \frac{1}{2} 13,05 \cdot 10^3 \cdot 2,3 \cdot 1,0(1 + 0,797) = 26,97 \cdot 10^3 \text{ (кН / м)};$$

$$x_1 = \frac{0,55 \cdot 26,97 \cdot 10^3 - \sqrt{0,55^2 (26,97 \cdot 10^3)^2 - 4 \cdot 0,451 \cdot 26,97 \cdot 10^3 \cdot 458,6}}{2 \cdot 0,451 \cdot 26,97 \cdot 10^3} =$$

$$= 0,0317 \text{ (м)}.$$

Перевіряємо умову  $x_1 \leq x_{lu}$ ;

$$x_1 = 0,0317 \text{ м} \leq x_{lu} = 0,353 \text{ м}.$$

Умова виконана. Отже, робоче армування розміщене лише в нижній зоні.

Знаходимо площу армування

$$A_s = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_1 (1 + \lambda)}{2 f_{yd}} = \frac{13,05 \cdot 10^3 \cdot 2,3 \cdot 0,0317 (1 + 0,797)}{2 \cdot 363 \cdot 10^3} = 0,002355 \text{ (м}^2\text{)} =$$

$$= 23,55 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Приймаємо армування 12Ø16 А400С  $A_s = 24,13 \text{ см}^2$ .

Визначимо несучу здатність палі С3-30 для варіанта 3.

Положення паль у ґрунті показано на рисунку 6.3.

*Визначення несучої здатності палі.*

Допустиме навантаження на палю визначаємо за формулами (4.7), (4.8).

Коефіцієнти умов роботи для забивних палей, згідно з [1]  $\gamma_c=1$ ,  $\gamma_{CR}=\gamma_{CF}=1$ .

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі  $R$  знаходимо за таблицею Н.2.1 [1].  $R=2050$  кПа.

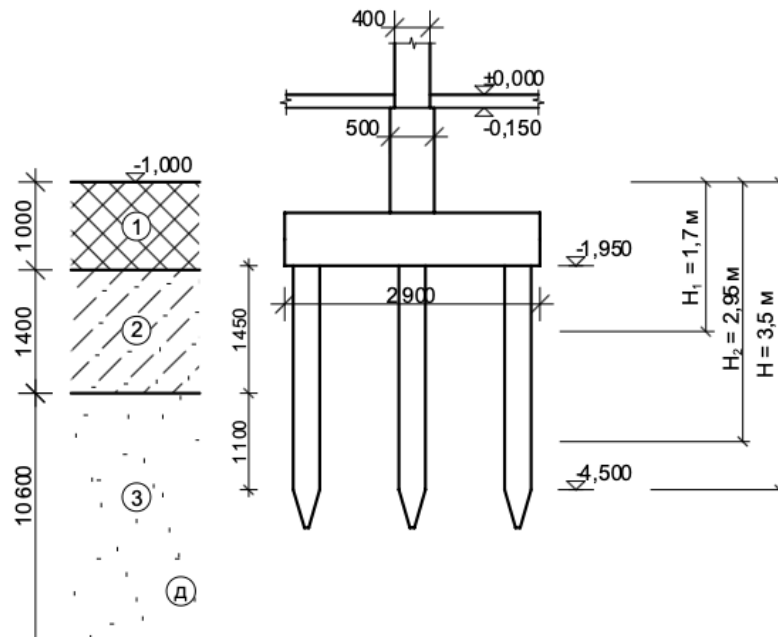


Рис. 6.3 – Положення забивних висячих палей СЗ-30 у ґрунті і їх розрахункова схема

Розрахунок опору по бічній поверхні представлений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахунок опору по бічній поверхні забивної палі СЗ-30

$H_i$ , м	$h_i$ , м	Показник текучості	$f_{1i}$ , кПа (за табл. Н.2.2)	$\gamma_{cf,i} \cdot f_{1i} \cdot h_i$ , кН/м	$\sigma_{zg,i}$ , кПа	$\nu_i$	$\varphi_i$ , °	$c_i$ , кПа	$f_{2i}$ , кПа (за формулою (Н.2.2))	$\gamma_{cf,i} f_{2i} \cdot h_i$ , кН/м
1,70	1,4	$I_L < 0$	40	56	28,41	0,32	19	7,3	11,9	16,7
2,95	1,1	Дрібн. пісок	35	38,5	49,2	0,29	32	2,7	15,3	16,8

$\Sigma=94,5$

$\Sigma=33,5$

Несуча здатність висячої забивної призматичної палі

$$F_d = 1(1 \cdot 2050 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 33,5) = 224,7 \text{ (кН)}.$$

Розрахункове навантаження на палю

$$N = 224,7/1,4 = 160,5 \text{ (кН)}.$$

Виконаємо перерахунок несучої здатності фундаменту у варіанті 2, враховуючи сумісну роботу палей і ростверку у складі пального фундаменту. Приймаємо 9 палей з кроком  $4d$  з розмірами ростверка  $2,9 \times 2,9$  м.

$$\text{Вага палей } G_{\text{палі}} = 0,3^2 \cdot 2,6 \cdot 25,0 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 7,08 \text{ (кН)}.$$

$$\text{Вага ростверку з ґрунтом на його уступах } G_p = 2,9 \cdot 2,9 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 396,9 \text{ (кН)}.$$

Для палей з довжиною 3 м при кроці палей  $4d$  реалізація несучої здатності палей може бути прийнята 1,7 (рис. 2.19), а реалізація тиску під подошвою ростверка складає 0,22 (рис. 2.20).

Розрахунковий опір ґрунту під подошвою ростверку:

$$R = \frac{1,25 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 1 \cdot 2,9 \cdot 16,3 + 3,24 \cdot 1,0 \cdot 17,0 + 5,84 \cdot 12,0) = 189,5 \text{ (кПа)}.$$

Навантаження, що може взяти на себе ростверк

$$N_{\text{роств}} = 189,5 \times (2,9 \times 2,9 - 0,09 \times 9) \times 0,22 \times 1,3 = 411,9 \text{ (кН)}.$$

Навантаження, яке можуть сприйняти палі

$$N_{\text{паль}} = 160,5 \times 9 \times 1,7 = 2455,6 \text{ (кН)}.$$

Сумарна несуча здатність куща  $2867,5 \text{ кН} > 1983,7 + 396,9 + 7,08 \cdot 9 = 2444 \text{ (кН)}$ . Отже, несуча здатність куща з 9 палей С3-30 з кроком  $4d$  забезпечена.

Розміщення палей у плані і розрахункова схема ростверку показана на рисунку 6.4.

*Розрахунок ростверку пального фундаменту за варіантом 3 з врахуванням сумісної роботи палей і ростверку за міцністю тіла.*

В якості матеріалу ростверку використовуємо бетон класу С20/25 та арматуру А400С. Характеристики матеріалів наведені у п. 4.2.6.

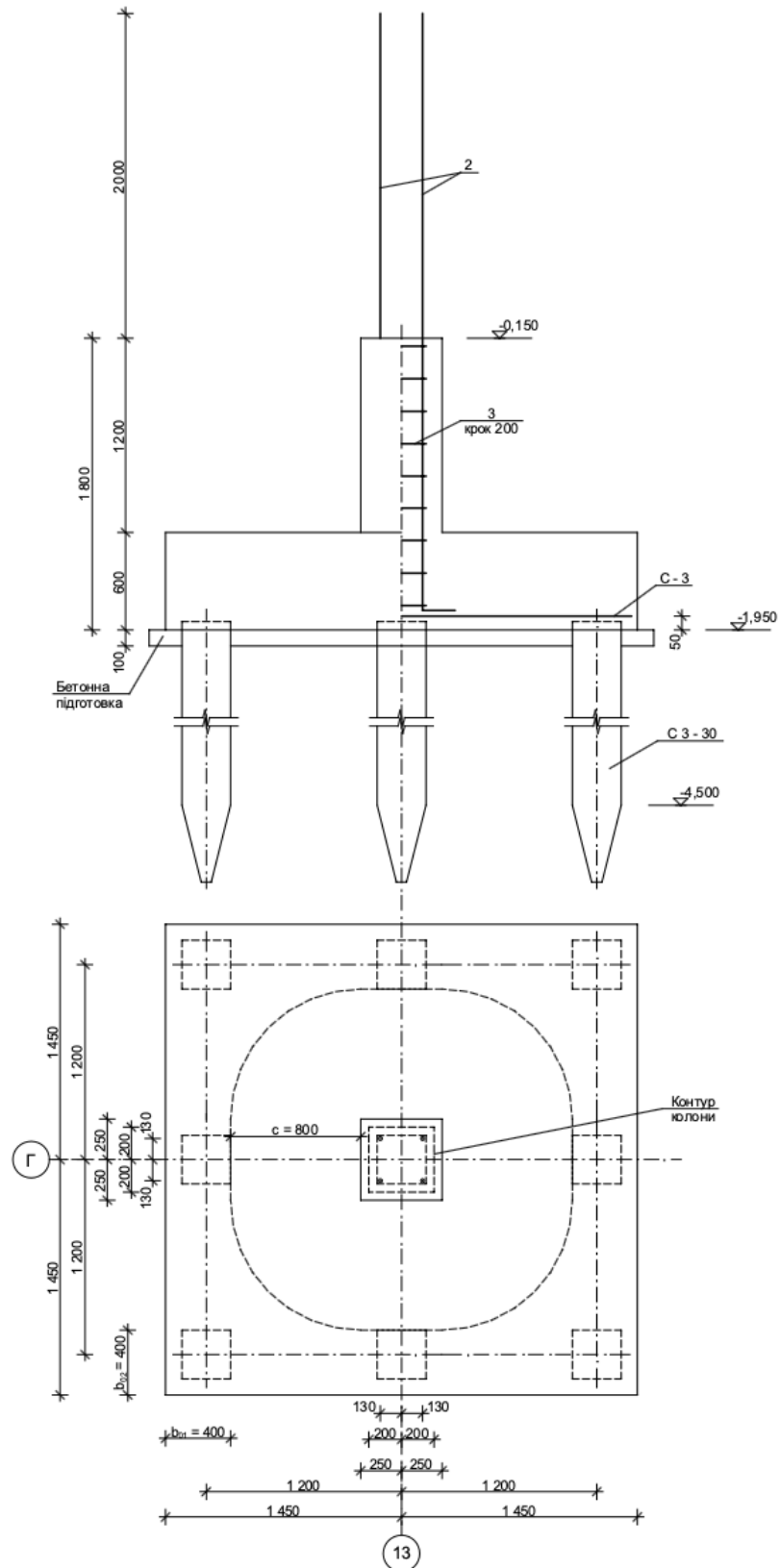


Рис. 6.4 – Робоче креслення фундаменту у варіанті 3 з врахуванням сумісної роботи паль і ростверку у кущі

Граничне розрахункове значення навантаження на фундамент  $N_m = 1983,7$  кН.

Висота фундаменту  $H_f = 1,8$  м; розміри підшви ростверка  $2,9 \times 2,9$  м; розміри підколонника в плані  $h_c \times b_c = 0,5 \times 0,5$  м; висота плитної частини  $h_1 = 600$  мм.

*Перевірка міцності ростверку на продавлювання.*

Розрахунок ростверку на продавлювання підколонником виконуємо згідно з [67, 68].

Продавлююча сила  $V_{Ed} = N_m n_1/n = 1983,7 \cdot 8/9 = 1763,3$  (кН),

де  $n$  – число паль в ростверку;

$n_1$  – число паль за межами контрольного периметра піраміди продавлювання (рис. 6.4).

Поряд із підколонником опір зрізу при продавлюванні обмежується максимальним значенням

$$V_{Rd,max} = 0,5v_{fd} = 0,5 \cdot 0,556 \cdot 13050 = 3625,3 \text{ (кПа)};$$

Перевіримо умову відсутності зрізу при продавлюванні поряд з підколонником

$$V_{Ed,\sigma} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} = \frac{1763,3}{1,0 \cdot 2 \cdot 0,55} = 1603 \text{ (кПа)} < V_{Rd,max} = 3625,3 \text{ кПа}.$$

Умова виконується.

Оскільки зріз при продавлюванні здійснюється по внутрішніх гранях паль, то перевіримо опір продавлюванню на контрольному периметрі на відстані  $s$  від контуру підколоннику (рис. 6.4).

Продавлююча сила за вирахування тиску під підшвою ростверка в межах контрольного периметра

$$V_{Ed} = N_m n_1/n = 1763,3 - (411,9/2,9^2)(2,1 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 1,6 + \pi \cdot 0,8^2) = 1763,3 - 189,0 = 1574,3 \text{ (кН)},$$

$$u = 2c_1 + 2c_2 + \pi \cdot 2c_1 = 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 + \pi \cdot 2 \cdot 0,8 = 7,024 \text{ (м)}.$$

Розрахункова величина опору на зріз при продавлюванні фундаментних плит без поперечного армування при відсотку армування робочої арматури, який не перевищує 0,02

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{15,83}{290 \cdot 55,0} = 0,000992 < 0,02;$$

$$V_{\min} \frac{2d}{a} = 0,035 \cdot k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \frac{2 \cdot 0,55}{0,8} = 0,035 \cdot 1,603^{3/2} 18,5^{1/2} \cdot 1,375 = 0,42(MH).$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k(100\rho_i f_{ck})^{1/3} \frac{2d}{a} = 0,138 \cdot 1,603(100 \cdot 0,000992 \cdot 18,5)^{1/3} \cdot 1,375 = 0,372(MH) < V_{\min} = 0,42(MH).$$

Перевіряємо умову міцності на зріз при продавлюванні при відсутності поперечного армування

$$V_{Ed,\sigma} = \frac{\beta V_{Ed,red}}{ud} = \frac{1574,3}{7,024 \cdot 0,55} = 407,5(\kappaПа) < V_{Rd,c} = 420 \kappaПа.$$

Отже, міцність на продавлювання забезпечена.

*Розрахунок на продавлювання кутовою палею.*

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах

$$G_p = 2,9 \cdot 2,9 \cdot 1,95 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 396,9 \text{ (кН)}.$$

Розрахункове навантаження на палею з урахуванням ваги ростверку

$$F_1 = \frac{N_{bot}}{n} + \frac{M_{xbot} y_{max}}{\sum y_i^2} = \frac{1983,7 + 396,9}{9} = 264,5 \text{ (кН)}.$$

Розрахункові параметри (позначення згідно з рис. 4.7):

$$b_{01} = 0,4 \text{ м}; \quad c_{01} = 0,8 \text{ м}; \quad b_{02} = 0,4 \text{ м}; \quad c_{02} = 0,8 \text{ м};$$

$$h_{01}/c_{01} = 550/800 = 0,69; \quad h_{01}/c_{02} = 550/800 = 0,69.$$

Коефіцієнти  $\beta_1 = 0,6$ ;  $\beta_2 = 0,6$ . При цьому  $c_{01} = c_{02} = h_{01} = 0,55 \text{ м}$ .

Граничне навантаження на палею з умови продавлювання

$$F_{ai} = f_{ctd} \cdot h_{01} \left[ \beta_1 \left( b_{02} + \frac{c_{02}}{2} \right) + \beta_2 \left( b_{01} + \frac{c_{01}}{2} \right) \right] =$$

$$= 1000 \cdot 0,55 \left[ 0,6 \left( 0,4 + \frac{0,55}{2} \right) + 0,6 \cdot \left( 0,4 + \frac{0,55}{2} \right) \right] = 445,5 \text{ (кН)} > F_1 = 264,5 \text{ кН}.$$

Міцність на продавлювання кутовою палею забезпечена.



*Розрахунок ростверку на згин.*

Визначаємо згинальні моменти, що діють в перерізі на грані підколонника.

Загальне максимальне розрахункове навантаження на одну палю

$$F_1 = 264,5 \text{ (кН)}.$$

Згинальний момент від реакції палі біля грані підколоннику

$$\begin{aligned} M &= 3F_1(1,2 - 0,5/2) - \frac{(G_{p+ep} - 411,9)(1,45 - 0,5/2)^2}{2,9 \cdot 2} = \\ &= 3 \cdot 264,5 \cdot 0,95 - \frac{(396,9 - 411,9) \cdot 1,2^2}{2,9 \cdot 2} = 757,5 \text{ (кНм)}. \end{aligned}$$

Визначаємо розрахункове значення величини стиснутої зони  $x_1$  за формулою (2.14)

$$\begin{aligned} q_c &= \frac{1}{2} f_{cd} \cdot \gamma_{c1} \cdot b(1 + \lambda) = \frac{1}{2} 13,05 \cdot 10^3 \cdot 2,9 \cdot 1,0(1 + 0,797) = 34,0 \cdot 10^3 \text{ (кН / м)}; \\ x_1 &= \frac{0,55 \cdot 34,0 \cdot 10^3 - \sqrt{0,55^2 (34,0 \cdot 10^3)^2 - 4 \cdot 0,451 \cdot 34,0 \cdot 10^3 \cdot 757,5}}{2 \cdot 0,451 \cdot 34,0 \cdot 10^3} = \\ &= 0,0420 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Перевіряємо умову

$$x_1 \leq x_{lu};$$

$$x_1 = 0,042 \text{ м} \leq x_{lu} = 0,353 \text{ м}.$$

Умова виконана. Отже, робоче армування розміщене лише в нижній зоні.

Знаходимо площу армування

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_1 (1 + \lambda)}{2 f_{yd}} = \frac{13,05 \cdot 10^3 \cdot 2,9 \cdot 0,042 (1 + 0,797)}{2 \cdot 363 \cdot 10^3} = 0,003935 \text{ (м}^2\text{)} = \\ &= 39,35 \text{ (см}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Приймаємо армування 29Ø14 А400С  $A_s = 44,63 \text{ см}^2$ .

## 6.2 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів

При порівнянні варіантів фундаментів розглядаємо три варіанти конструктивного рішення фундаментів. Кількість фундаментів під середні колони складає 15 штук.

У таблиці 6.2 підраховані обсяги основних робіт на улаштування варіантів стовпчастих пальових фундаментів.

Таблиця 6.2 – Обсяги робіт з улаштування варіантів фундаментів

Обґрунтування (шифр норм)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість
1. Варіант фундаменту з паль С12-30 (базовий)			
K1-17-1	1. Розробка ґрунту котловану екскаватором $36,0 \cdot 1,05 \cdot 15 = 567 \text{ м}^3$	1000 м <sup>3</sup>	0,567
КБ5-3-5	2. Заглиблення дизель-молотом гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною 12 м у ґрунти групи 1 $0,09 \times 12 \times 5 \times 15 \text{ м}^3$	м <sup>3</sup>	81,0
K581721-K709	3. Вартість паль марки С12-30 ГОСТ 19804.1-79 $5 \times 15$	шт.	75
КБ6-1-1	4. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 (М100) товщиною 100 мм під ростверк $2,0 \cdot 2,0 \cdot 0,1 \cdot 15 = 6,0 \text{ м}^3$	100 м <sup>3</sup>	0,06
КБ6-1-2	5. Улаштування монолітних залізобетонних стовпчастих фундаментів під колони об'ємом до $3 \text{ м}^3$ $(1,8 \cdot 1,8 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,2) \cdot 15 = 2,244 \cdot 15 = 33,66 \text{ м}^3$ з бетону класу С20/25 (В25)	100 м <sup>3</sup>	0,337
C124-24	6. Арматура для ростверків Ø16 А400С $55,54 \cdot 15$ Ø36 А400С $138,4 \cdot 15$ Ø8 А240С $5,49 \cdot 15$	кг	833,2 2076 82,4
	7. Зворотна засипка котловану $36,0 \cdot 2,0 \cdot 15 - 6,0 - 33,7 = 1040 \text{ м}^3$	м <sup>3</sup>	1040
	8. Ущільнення ґрунту в пазухах котловану	м <sup>3</sup>	1040
2. Варіант фундаменту з паль С6-30 (за результатами наукових досліджень)			
K1-17-1	1. Розробка ґрунту котловану екскаватором $36,0 \cdot 1,05 \cdot 15 = 567 \text{ м}^3$	1000 м <sup>3</sup>	0,567
КБ5-3-1	2. Заглиблення дизель-молотом гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною 6 м у ґрунти групи 1 $0,09 \times 6 \times 9 \times 15 \text{ м}^3$	м <sup>3</sup>	72,9
K581721-K703	3. Вартість паль марки С6-30 ГОСТ 19804.1-79 $9 \times 15$	шт.	135
КБ6-1-1	4. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 (М100) товщиною 100 мм під ростверк $2,5 \cdot 2,5 \cdot 0,1 \cdot 15 = 9,4 \text{ м}^3$	100 м <sup>3</sup>	0,094
КБ6-1-3	5. Улаштування монолітних залізобетонних стовпчастих фундаментів під колони об'ємом від $3 \text{ м}^3$ до $5 \text{ м}^3$ $(2,3 \cdot 2,3 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,2) \cdot 15 = 3,474 \cdot 15 = 52,11 \text{ м}^3$ з бетону класу С20/25 (В25)	100 м <sup>3</sup>	0,521

## Продовження таблиці 6.2

Найменування робіт і витрат		Одиниця виміру	Кількість
C124-24	6. Арматура для ростверків Ø16 A400C 85,6·15 Ø36 A400C 138,4·15 Ø8 A240C 5,49·15	кг	1283,9 2076 82,4
	7. Зворотна засипка котловану $36,0 \cdot 2,0 \cdot 15 - 9,4 \cdot 52,11 = 1020 \text{ м}^3$	м <sup>3</sup>	1020
	8. Ущільнення ґрунту в пазухах котловану	м <sup>3</sup>	1020
3. Варіант фундаменту з паль С3-30 (за результатами наукових досліджень)			
K1-17-1	1. Розробка ґрунту котловану екскаватором $36,0 \cdot 1,05 \cdot 15 = 567 \text{ м}^3$	1000 м <sup>3</sup>	0,567
KB5-3-1	2. Заглиблення дизель-молотом гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною 3 м у ґрунти групи I $0,09 \times 3 \times 9 \times 15 \text{ м}^3$	м <sup>3</sup>	36,5
K581721-K701	3. Вартість паль марки С3-30 ГОСТ 19804.1-79 $9 \times 15$	шт.	135
KB6-1-1	4. Улаштування бетонної підготовки з бетону класу В7,5 (М100) товщиною 100 мм під ростверк $3,1 \cdot 3,1 \cdot 0,1 \cdot 15 = 14,4 \text{ м}^3$	100 м <sup>3</sup>	0,144
KB6-1-4	5. Улаштування монолітних залізобетонних стовпчастих фундаментів під колони об'ємом понад 5 м <sup>3</sup> $(2,9 \cdot 2,9 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,2) \cdot 15 = 5,346 \cdot 15 = 80,2 \text{ м}^3$ з бетону класу С20/25 (В25)	100 м <sup>3</sup>	0,802
C124-24	6. Арматура для ростверків Ø14 A400C 200,4·15 Ø36 A400C 138,4·15 Ø8 A240C 5,49·15	кг	3006 2076 82,4
	7. Зворотна засипка котловану $36,0 \cdot 2,0 \cdot 15 - 14,4 \cdot 80,2 = 1020 \text{ м}^3$	м <sup>3</sup>	985
	8. Ущільнення ґрунту в пазухах котловану	м <sup>3</sup>	985

Для визначення кошторисної вартості розробляємо локальні кошторисні документи за допомогою програмного комплексу Будівельні технології (табл.6.3, табл.6.4, табл.6.5). Вони розроблялися на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи; кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка Настанови.

## Бізнес центр

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 6.3 -Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 05-001-001

на

## варіант 1. фундаменти

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

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

1200.173 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

1.10298 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

88.244 тис. грн.

Середній розряд робіт

3.5 розряд

Складений в поточних цінах станом на 21 жовтня 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1,2] м <sup>3</sup> , група ґрунтів 1	1000 м <sup>3</sup> ґрунту	0.567	28886.89	28288.95	16379	319	16040	9.3800	5.32
					563.27	5739.40			3254	66.5040	37.71
2	КБ5-3-5	Заглиблення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною до 12 м у ґрунти групи 1	1м <sup>3</sup> паль	81.0	2846.13	2395.19	230537	20213	194010	3.3900	274.59
					249.54	245.00			19845	2.6765	216.80
3	С1411-139	Палі квадратного та прямокутного перерізу суцільні та з круглою порожниною, довжина 9-12 м, периметр ів до 1200 мм	м	900.0	725.73		653157				
4	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м <sup>3</sup> бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0.06	281780.84	2329.72	16907	570	140	150.7000	9.04
					9492.59	890.07			53	10.6641	0.64

Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	КБ6-1-2	Улаштування бетонних фундаментів загального призначення під колони, об'єм до 3 м3	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0.3366	330216.00	9219.77	111151	11413	3103	495.0000	166.62
					33907.50	3513.40			1183	42.1083	14.17
6	С147-1-8	Стрижнева арматура А-I, діаметр 8 мм	100кг	0.824	3288.33		2710				
7	С147-2-16	Стрижнева арматура А-II, діаметр 16 мм	100кг	8.332	3183.78		26527				
8	С147-2-36	Стрижнева арматура А-II, діаметр 36 мм	100кг	20.76	3183.78		66095				
9	КБ1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000 м3 ґрунту	1.04	6954.47	6954.47	7233	-	7233	-	-
					-	1248.09			1298	15.1575	15.76
10	КБ1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100 м3	10.4	2681.96	1471.30	27892	12591	15301	18.3600	190.94
			ущільненого ґрунту		1210.66	372.20			3871	5.1175	53.22
<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>							1158588	45106	235827		646.51
									29504		338.30
Разом прямі витрати						грн.	1158588				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	877655				

## Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість ЕММ				грн.	235827				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		29504			
		заробітна плата робітників				грн.		45106			
		всього заробітна плата				грн.		74610			
		Загальновиробничі витрати				грн.	41585				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					118.17
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		13634			
		<b>Всього по кошторису</b>				грн.	1200173				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					1102.98
		Кошторисна заробітна плата				грн.		88244			

## Бізнес центр

(найменування об'єкта будівництва)

Таблиця 6.4 -Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 05-001-003

на

## варіант 2. фундаменти

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

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість

979.672 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість

1.35379 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата

109.847 тис. грн.

Середній розряд робіт

3.5 розряд

Складений в поточних цінах станом на 29 жовтня 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1,2] м <sup>3</sup> , група ґрунтів 1	1000 м <sup>3</sup> ґрунту	0.567	28886.89	28288.95	16379	319	16040	9.3800	5.32
					563.27	5739.40			3254	66.5040	37.71
2	КБ5-3-1	Заглиблення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною до 6 м у ґрунти групи 1	1м <sup>3</sup> паль	72.9	3766.17	3266.36	274554	26724	238118	4.9800	363.04
					366.58	406.11			29605	4.3940	320.32
3	С1411-134	Палі квадратного та прямокутного перерізу суцільні та з круглою порожниною, довжина до 8 м, периметр боків до 800 мм	м	810.0	370.80		300348				
4	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м <sup>3</sup> бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0.094	281780.84	2329.72	26487	892	219	150.7000	14.17
					9492.59	890.07			84	10.6641	1.00

## Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	КБ6-1-3	Улаштування бетонних фундаментів загального призначення під колони, об'єм понад 3 м3 до 5 м3	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0.5211	317293.17	7775.18	165341	13272	4052	371.8000	193.74
					25468.30	2963.50			1544	35.5168	18.51
6	С147-1-8	Стрижнева арматура А-I, діаметр 8 мм	100кг	0.824	3288.33		2710				
7	С147-1-16	Стрижнева арматура А-I, діаметр 16 мм	100кг	12.839	3264.24		41910				
8	С147-2-36	Стрижнева арматура А-II, діаметр 36 мм	100кг	20.76	3183.78		66095				
9	КБ1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000 м3 ґрунту	1.02	6954.47	6954.47	7094	-	7094	-	-
					-	1248.09			1273	15.1575	15.46
10	КБ1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100 м3 ущільненого ґрунту	10.2	2681.96	1471.30	27356	12349	15007	18.3600	187.27
					1210.66	372.20			3796	5.1175	52.20
<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>							928274	53556	280530		763.54
									39556		445.20
Разом прямі витрати						грн.	928274				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	594188				

## Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість ЕММ				грн.	280530				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		39556			
		заробітна плата робітників				грн.		53556			
		всього заробітна плата				грн.		93112			
		Загальновиробничі витрати				грн.	51398				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					145.05
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		16735			
		<b>Всього по кошторису</b>				грн.	979672				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					1353.79
		Кошторисна заробітна плата				грн.		109847			



Будівельні Технології: Кошторис 8 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1,2] м <sup>3</sup> , група ґрунтів 1	1000 м <sup>3</sup> ґрунту	0.567	28886.89	28288.95	16379	319	16040	9.3800	5.32
					563.27	5739.40			3254	66.5040	37.71
2	КБ5-3-1	Заглиблення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною до 6 м у ґрунти групи 1	1м <sup>3</sup> паль	36.5	3766.17	3266.36	137465	13380	119222	4.9800	181.77
					366.58	406.11			14823	4.3940	160.38
3	С1411-134	Палі квадратного та прямокутного перерізу суцільні та з круглою порожниною, довжина до 8 м, периметр боків до 800 мм	м	405.0	370.80		150174				
4	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м <sup>3</sup> бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0.144	281780.84	2329.72	40576	1367	335	150.7000	21.70
					9492.59	890.07			128	10.6641	1.54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	КБ6-1-4	Улаштування бетонних фундаментів загального призначення під колони, об'єм понад 5 м3	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0.802	308085.06	7551.96	247084	16679	6057	303.6000	243.49
					20796.60	2881.22			2311	34.5265	27.69
6	С147-1-8	Стрижнева арматура А-I, діаметр 8 мм	100кг	0.824	3288.33		2710				
7	С147-2-14	Стрижнева арматура А-II, діаметр 14 мм	100кг	30.06	3183.78		95704				
8	С147-2-36	Стрижнева арматура А-II, діаметр 36 мм	100кг	20.76	3183.78		66095				
9	КБ1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000 м3 ґрунту	0.985	6954.47	6954.47	6850	-	6850	-	-
					-	1248.09			1229	15.1575	14.93
10	КБ1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100 м3 ущільненого ґрунту	9.85	2681.96	1471.30	26417	11925	14492	18.3600	180.85
					1210.66	372.20			3666	5.1175	50.41
<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>							789454	43670	162996		633.13
									25411		292.66
Разом прямі витрати						грн.	789454				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	582788				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість ЕММ				грн.	162996				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		25411			
		заробітна плата робітників				грн.		43670			
		всього заробітна плата				грн.		69081			
		Загальновиробничі витрати				грн.	38845				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					111.09
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		12818			
		<b>Всього по кошторису</b>				грн.	828299				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					1036.88
		Кошторисна заробітна плата				грн.		81899			

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітну плату будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

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

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

Порівняння варіантів фундаментів наведено в таблиці 6.6

Таблиця 6.6 - Порівняння варіантів фундаментів

Показники (дані)	Варіанти фундаментів		
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Прямі витрати, грн.	1158,588	928274	789454
Кошторисна трудомісткість, люд-год.	1102,98	1353	1036
Кошторисна заробітна плата, грн.	882441	109847	81899
Загальновиробничі витрати, грн.	41585	51398	38845
Усього за кошторисом, грн.	1200173	979672	828299

Отримані дані свідчать, що варіант фундаменту 3 - Варіант фундаменту з паль СЗ-30 (за результатами наукових досліджень) є найбільш економічно вигідним.

#### Висновки до розділу 6

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння різних конструкцій фундаменту. Для трьох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу Будівельні технології. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати,



вартості матеріалів, вартості експлуатації машин та трудовитрат. Усі загальні витрати зведені в порівняльну таблицю.

Порівнюючи кожний варіант із таблиці 6.6 ми бачимо, що найбільш економічним є 3 варіант фундаменту з палі СЗ-30 (за результатами наукових досліджень). Кошторисна вартість на влаштування становить – 828,299 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 1,036 тис. люд-год.

## Висновки

Виконане чисельне моделювання напружено-деформованого стану систем «ростверк – палі – основа» для стовпчастих пальових фундаментів за допомогою програмного комплексу Plaxis 3D дозволило одержати такі висновки:

1. Реалізація несучої здатності паль у кущовому пальовому фундаменті зростає при зменшенні довжини паль і збільшенні їх кроку.

2. Реалізація роботи ростверка також покращується при збільшенні відстані між палями.

3. Вид ґрунту практично не впливає на характер перерозподілу зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту.

4. За рахунок кращої реалізації роботи елементів пальового фундаменту для паль малої довжини з великим кроком можна досягти однакової несучої здатності з фундаментом з паль великої довжини при традиційному мінімальному кроці 3d.

5. Не дивлячись на значне зростання об'єму бетону ростверку і кількості арматури при збільшенні кроку паль економія коштів на вартості паль забезпечує економічний ефект від використання кущів з коротких паль з широкими ростверками до 35%.

Впровадження результатів проведених досліджень на прикладі технічного об'єкту бізнес центра підтвердила економічну ефективність запропонованого конструктивного рішення фундаментів. Скорочення витрат складає до 45%.

### Список використаних джерел

1. 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).
2. Christian M. Design of piles – German practice ISSMGE. ETC 3 International Symposium on Design of Piles in Europe. Leuven, Belgium, 28 & 29 April 2016.
3. Raison C., Egan D. Design of piles – United Kingdom practice. ETC 3 International Symposium on Design of Piles in Europe. Leuven, Belgium, 28 & 29 April 2016.
4. Nguyen, D. D. C., Jo S. B., Kim D. S. (2013). Design method of piled-raft foundations under vertical load considering interaction effects. *Computers and Geotechnics*, 47, 16-27.
5. Abdolrezayi A., Khayat N. Comparative Three-Dimensional Finite Element Analysis of Piled Raft Foundations. *Computational Engineering and Physical Modeling* 4-1 (2021) 19-36.
6. Burland J. B., Broms B. B., Demello V. Behavior of Foundation and Structures, in: Proc. 9th. ICSMFE, Tokyo, 1977, pp. 495–546.
7. Hanna T. H. (1963) Model Studies of Foundations Groups in Sand. *Géotechnique*. Volume 13 Issue 4, December 1963, pp. 334-351.
8. Whitaker T. Experiments with model piles in groups. *Geotechnic*, London, England. Vol. 7. № 4, 1977. P.147–167.
9. Katzenbach R., Arslan U., Moorman C., Reul O. Piled raft foundation: interaction between piles and raft. *Darmstadt Geotech.: Darmstadt Univ. Technol.*, 4 (1) (1998), pp. 279-296.
10. Poulos, H. G. and Davis, E. H., (1980) "Pile Foundation Analysis and Design". John Wiley and Sons, New York. 394 p.

11. Randolph M. F. Design method for pile groups and piled rafts. 13<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 5-10 January, New Delhi, India, 1994. Vol. 5. P. 61-82.
12. Sernov, V. A. The increase of bearing capacity of pile foundations taking into account soil-raft interaction. Modern Building Materials, Structures and Techniques: The 10<sup>th</sup> International Conference. Lithuania, 2010. P. 1153–1160.
13. Whitaker T. Experiments with model piles in groups. Geotechnic, London, England. Vol. 7. № 4, 1977. P. 147-167.
14. A. Davids, A postcard from Dubai design and construction of some of the tallest buildings in the world, in: Proc. of the CTBUH 8 the World Congress, 3–5 March, Dubai, 2008.
15. T.T. Abdel-Fattah, A.A. Hemada, Use of creep piles to control settlement of raft foundation on soft clay-case study, in: Eighth Alexandria Conference on Structural and Geotechnical Engineering, 14–16 (April 2014), 2014, pp. 13–14.
16. J.A. Hemsley Design Applications of Raft Foundations Thomas Telford, England, London (2000).
17. Leung, *et al.* Role of linear elasticity in pile group analysis and load test interpretation. J. Geotech. Geo-environ. Eng. ASCE, 136 (12) (2010), pp. 686-694.
18. Elwakil A. Z., Azzam W. R. Experimental and numerical study of piled raft system. Alexandria Engineering Journal. Volume 55, Issue 1, March 2016, Pages 547-560.
19. H.G. Poulos, The Piled Raft Foundation for the Burj Dubai- Design and Performance: A presentaco Programa pos Graducaoem Geotencia-Brasilia-DF, 2010.
20. D. MuirWood, Geotechnical Modeling, Spoon Press, London, 2004, p. 650.
21. Блащук Н. В., Маєвська І. В. Зміна перерозподілу зусиль між елементами пальового фундаменту. «*LI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2022)*», Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15653>.

22. Блащук Н.В., Маєвська І.В., Попович М.М. Перерозподіл зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту. *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*: зб. наук. пр. № 1(24). Вінниця, 2018. С. 36-44.

23. Блащук Н. В., Ткачук А. А., Шевчук Є. О. Перерозподіл зусиль між елементами кушового пальового фундаменту в залежності від кількості паль. *Матеріали конференції «LI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2022)»*, Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2022/paper/view/15454>

24. Кременська Ю. О., Маєвська І. В. Особливості роботи пальових кушів з коротких паль. Тези Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)»», Вінниця, ВНТУ, 2022 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/14240>

25. Кременська Ю. О., Маєвська І. В. Різниця в роботі коротких і довгих паль у складі стовпчастого пальового фундаменту. L науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання: збірн. доповідей, м. Вінниця, 10-12 березня 2021 р. Вінниця, 2021. С. 1912-1921. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/index/pages/view/zbirn2021>

26. Кременська Ю. О., Маєвська І. В. Фізичне моделювання пальових кушів з короткими та довгими палями. Енергоефективність в галузях економіки України-2021: міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листопад 2021 р. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/view/13939>

27. Кримняк Я. М., Маєвська І. В. Робота забивних паль і ростверку у складі стовпчастого пальового фундаменту. Тези Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)»», Вінниця, ВНТУ, 2021 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/11077>

28. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Урахування роботи ростверку у складі стрічкових пальових та підсилених палями фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2013. 168 с.

29. Маєвська І. В., Блащук Н. В., Кремінська Ю. О. Особливості роботи пальових куштів з коротких паль за даними числового моделювання. Основи та фундаменти: науково-технічний збірник. Київ, КНУБА, 2021. Вип.43. С. 30-39.

30. Маєвська І. В., Блащук Н. В., Чобанова К. А. Вплив виду ґрунту на сумісну роботу паль і ростверка в кущовому пальовому фундаменті. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. Науково-технічний збірник ВНТУ. Вінниця: УНІВЕРСМ-Вінниця. 2013. № 2. С. 40-47.

31. Малишев О.М., Цимбал С.О., Маєвська І.В., Блащук Н.В. Сумісна робота паль і ростверку у стовпчастому пальовому фундаменті. *Молодь в науці: тез. регіон. наук.-практ. інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих науковців ВНТУ, м. Вінниця, 2 січ. 2018. Вінниця, 2018. – URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/3694/31033103>.*

32. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Робота паль і ростверку у складі стовпчастих пальових фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2023. 182 с.

33. Van Impe WF, De Clerq Y. A piled raft interaction model. Proc. 5th Intern. Conf. Piling Deep Found., 1994, p. 1.

34. Burland JB. “ Piles as settlement reducers,” Invited Lecture. XIX Convegno Ital Di Geotec 1995;2:21–34.

35. Sheil, B. B., McCabe, B. A. (2016). An analytical approach for the prediction of single pile and pile group behaviour in clay. *Computers and Geotechnics*, vol. 75, pp. 145-158.

36. Poulos H. G. An approximate numerical analysis of pile–raft interaction. *Int J Numer Anal Methods Geomech* 1994;18:73–92.

37. Clancy P., Randolph M. F. An approximate analysis procedure for piled raft foundations. *Int J Numer Anal Methods Geomech* 1993;17:849–69.

38. Hewitt P, Gue SS. Piled Raft Foundation in a weathered sedimentary formation. *Proc Geotropica* 1994:1–11.

39. Mali S, Singh B. Behavior of large piled-raft foundation on clay soil. *Ocean Eng* 2018;149:205–16. doi:10.1016/j.oceaneng.2017.12.029.
40. Корнієнко М. В., Карпенко Д. А. Чисельне моделювання роботи стовпчастих пальових фундаментів з розширенням в лесових ґрунтах. «Будівельні конструкції», Том 1. Київ : НДІБК. 2008. № 71. С. 406-415.
41. Маркова М. А. Аналіз напружено-деформованого стану конструкцій з урахуванням впливів просадочних основ. «Будівельні конструкції», Том 1. Київ : НДІБК. 2008. № 71. С. 421-428.
42. Deb P, Pal S K. Numerical analysis of piled raft foundation under combined vertical and lateral loading. *Ocean Eng* 2019;190:106431. doi:10.1016/j.oceaneng.2019.106431.
43. Sinha A, Hanna A M. 3D numerical model for piled raft foundation. *Int J Geomech* 2017;17: Issue 2. <https://ascelibrary.org/toc/ijgnai/17/2>.
44. Носенко В., Кашоїда О. Визначення напружено-деформованого стану групи паль шляхом числового моделювання їх взаємодії з основою за даними польових досліджень. *Основи та фундаменти: науково-технічний збірник*. Київ, КНУБА, 2021. Вип.43. С.87-100.
45. Butterfield R, Banerjee PK. The elastic analysis of compressible piles and pile groups. *Geotechnique* 1971;21:43–60.
46. Sinha J, Poulos H G. Piled raft systems and free standing pile groups in expansive soils. *Proc. 8th Aust. New Zeal. Conf. Geomech. Consol. Knowl.*, Australian Geomechanics Society; 1999, p. 207.
47. Hain SJ, Lee IK. The analysis of flexible raft-pile systems. *Geotechnique* 1978;28:65–83.
48. Ta LD, Small JC. Analysis of piled raft systems in layered soil. *Int J Numer Anal Methods Geomech* 1996;20:57–72.
49. Franke E, Lutz B, El-Mossallamy Y. Measurements and numerical modelling of high rise building foundations on Frankfurt clay. *Vert. Horiz. Deform. Found. Embankments*, ASCE; 1994, p. 1325–36.

50. Ковальський Р. К. Дослідження роботи ґрунту під низьким ростверком пальового фундаменту. «Світ геотехніки». 2007. № 1. С. 17-21.

51. Бойко І. П., Носенко В. С. Напружено-деформований стан пальових фундаментів багатосекційних будинків. «Будівельні конструкції», Том 2. Київ: НДІБК, 2011. № 75. С. 159-163.

52. Винников Ю. Л., Левченко В. П., Пащенко А. М. Математичне моделювання влаштування та роботи буроін'єкційних паль. «Будівельні конструкції», Том 2. Київ : НДІБК. 2011. № 75. С. 140-149.

53. Beresnev A. S., Bolshakov A. Yu., Gusev G. N., Korkodinov V. V., Pishenov B. N. On the distribution of a given load between the slab and piles in a slab-pile foundation.. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. Volume 4, Issue 2. 2008. P. 33.

54. Саміленко В. В., Шмундяк О. Ю., Маєвська І. В. Практична доцільність переходу від довгих до коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» – 2023, Вінниця, ВНТУ, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19121>

55. 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).

56. 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).

57. ДСТУ Б А.2.4.-6:2009. Правила виконання робочої документації генеральних планів. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 34 с. (Система проектної документації для будівництва).

58. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 179 с.



59. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. [Чинний від 2012-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 61 с. (Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій).
60. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. [Чинний від 2023-01-11]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 123 с.
61. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-01-06]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 43 с. (Будинки і споруди).
62. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 23 с.
63. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2013-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013. 52 с. ДБН В.1.2.7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Чинний від 2008-10-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 29 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).
64. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-01-06]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 35 с.
65. 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).
66. 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.
67. 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).

68. 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).

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

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

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

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

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

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

75. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

76. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

77. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та

інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

78. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ  
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Ефект від використання коротких паль у стовпчастих  
пальових фундаментах

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ  
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 88,0 % Схожість 12,0 %

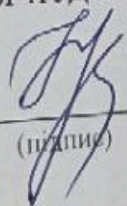
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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.

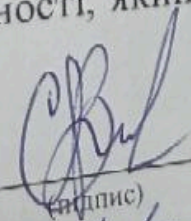
Особа, відповідальна за перевірку

  
(підпис)

Блащук Н.В.  
(прізвище, ініціали)

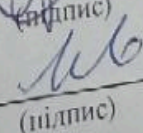
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

  
(підпис)

Саміленко В.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Маєвська І. В.  
(прізвище, ініціали)

Замовник

*(назва організації)*

Підрядник

*(назва організації)***ДОГОВІРНА ЦІНА**на будівництво **Варіант фундаменту з 9 забивних паль С12-30 з ростверком 2,4х2,4 м, що здійснюється в 2023 році**

Вид договірної ціни: тверда.

Визначена згідно з

Складена в поточних цінах станом на 1 листопада 2023 р.

№ Ч.ч	Обґрунтування	Найменування витрат	Вартість, тис. грн.		
			всього	у тому числі:	
				будівельних робіт	інших витрат
1	2	3	4	5	6
1		Прямі витрати, у тому числі	148,44601	148,44601	-
	Розрахунок N1	Заробітна плата	3,98415	3,98415	-
	Розрахунок N2	Вартість матеріальних ресурсів	120,48644	120,48644	-
	Розрахунок N3	Вартість експлуатації будівельних машин і механізмів	23,97542	23,97542	-
2	Розрахунок N4	Загальновиробничі витрати	3,64673	3,64673	-
3	Розрахунок N5	Кошти на зведення (пристосування) та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд в т.ч. зворотні суми	-	-	-
4	Розрахунок N6	Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий період (на обсяги робіт, що плануються до виконання у зимовий період)	-	-	-
5	Розрахунок N7	Кошти на виконання будівельних робіт у літній період	-	-	-
6	Розрахунок N8	Інші супутні витрати	-	-	-
		<b>Разом</b>	152,09274	152,09274	-
7	Розрахунок N9	Прибуток	0,72729	0,72729	-
8	Розрахунок N10	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельної організації	0,38154	-	0,38154
9	Розрахунок N11	Кошти на покриття ризиків	-	-	-
10	Розрахунок N12	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	-	-	-

1	2	3	4	5	6
11	Розрахунок N13	<b>Разом (ч.ч 1-10)</b> Податки, збори, обов'язкові платежі, встановлені чинним законодавством і не враховані складовими вартості будівництва (без ПДВ)	153,20157 -	152,82003 -	0,38154 -
12		<b>Разом договірна ціна крім ПДВ</b> Податок на додану вартість <b>Всього договірна ціна</b>  в т.ч. зворотні суми:	153,20157 30,64031 183,84188	152,82003 - 	0,38154 30,64031

Керівник підприємства  
(організації) замовника

---

Керівник генеральної  
підрядної організації

---

Варіант фундаменту з 9 забивних паль С12-30 з ростверком 2,4х2,4 м  
Варіант 1

**Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-01**  
**на Фундаменти з палями С12-30**  
**Варіант фундаменту з 9 забивних паль С12-30 з ростверком 2,4х2,4 м**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 152,09274 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 0,08731 тис.люд.год.  
Кошторисна заробітна плата 8,00032 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,7 розряд

Складений за поточними цінами станом на "1 листопада" 2023 р.

№ Ч.ч..	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
				на одиницю	всього						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ5-3-5	Заглиблення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною до 12 м у ґрунті групи 1	м3	9,72	<u>2832,07</u> 276,93	<u>2422,09</u> 271,89	27527,72	2691,76	<u>23542,71</u> 2642,77	<u>3,3900</u> 2,6765	<u>32,95</u> 26,02
2	К581721-К709	Палі забивні залізобетонні марки С12-30 ГОСТ 19804.1-79	шт	9	<u>10993,65</u> -	-	98942,85	-	-	-	-
3	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки бетон важкий В 7,5 (М 100), крупність заповнювача 5-10мм	100м3	0,0068	<u>208552,72</u> 10535,44	<u>2427,23</u> 987,58	1418,16	71,64	<u>16,51</u> 6,72	<u>150,7000</u> 10,6641	<u>1,02</u> 0,07
4	КБ6-1-4	Улаштування бетонних фундаментів загального призначення під колони об'ємом понад 5 м3 бетон важкий В 30 (М 400), крупність заповнювача 20-40мм	100м3	0,0529	<u>295587,11</u> 23076,64	<u>7867,61</u> 3196,87	15636,56	1220,75	<u>416,20</u> 169,11	<u>303,6000</u> 34,5265	<u>16,06</u> 1,83
5	С124-24 варіант 1	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, А400-С, діаметр 16-18 мм	т	0,175	<u>28118,39</u> -	-	4920,72	-	-	-	-
Разом прямі витрати по кошторису							148446,01	3984,15	<u>23975,42</u> 2818,60		<u>50,03</u> 27,92
Разом будівельні роботи, грн.							148446,01				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн.					120486,44				
		всього заробітна плата, грн.					6802,75				
		Загальновиробничі витрати, грн.					3646,73				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					9,36				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					1197,57				
		<b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					<b>152092,74</b>				
		-----									
		<b>Всього по кошторису</b>					<b>152092,74</b>				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					87,31				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					8000,32				

Склав

\_\_\_\_\_ [посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив

\_\_\_\_\_ [посада, підпис ( ініціали, прізвище )]



Варіант фундаменту з 9 забивних паль С12-30 з ростверком 2,4х2,4 м

**Відомість ресурсів до локального кошторису № 02-01-01**  
на Фундаменти з палями С12-30

№ Ч.ч.	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:		
						відпускна ціна, грн.	транспортна складова, грн.	заготівельно-складські витрати, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>I. Витрати труда</b>								
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год	50,03	79,63			
2		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,7				
3		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год	27,92	100,97			
4		Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	5,4				
5		Витрати труда працівників, заробітна плата яких передбачена в загальновиробничих витратах	люд.год	9,36	127,95			
Разом кошторисна трудомісткість			люд.год	87,31				
Середній розряд робіт			розряд	3,7				
<b>II. Будівельні машини і механізми</b>								
6	КБМ202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш. год	1,23923	348,24			
7	КБМ203-101	Автовантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш. год	0,00212	544,10			
8	КБМ204-202	Агрегати зварювальні пересувні з дизельним двигуном, з номінальним зварювальним струмом 250-400 А	маш. год	9,5256	310,10			
9	КБМ214-201	Копри гусеничні для паль довжиною до 12 м	маш. год	12,5388	475,72			
10	КБМ214-504	Дизель-молоти, маса ударної частини 2,5 т	маш. год	12,5388	835,57			
11	КБМ215-703	Крани-трубоукладальники для труб діаметром 800-1000 мм, вантажопідйомність 35 т	маш. год	3,1104	1333,20			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		<b><u>Будівельні машини, враховані в складі загальнови­робничих витрат</u></b>						
12	КБМ211-101	Бадді, місткість 2 м3	маш. год	1,38672				
13	КБМ270-108	Котли бітумні пересувні, місткість 400 л	маш. год	2,7216				
14	КБМ270-116	Вібратори поверхневі	маш. год	0,1938				
15	КБМ270-117	Вібратори глибинні	маш. год	0,78821				
		<b><u>III. Будівельні матеріали, вироби і комплекти</u></b>						
16	С111-73	Бітуми нафтові будівельні, марка БН-90/10	т	0,012636	19464,42	18527,89	554,87	381,66
17	С111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4,0x100 мм	т	0,000972	24529,06	23695,50	352,60	480,96
18	С111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	т	0,001164	3425,21	2885,33	472,72	67,16
19	С111-388	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,0001944	42011,99	40663,51	524,72	823,76
20	С111-818-1	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 4,0 мм	т	0,000656	25940,18	25156,17	275,38	508,63
21	С111-1530	Електроди, діаметр 6 мм, марка Э42А	т	0,006804	39216,36	38088,52	358,89	768,95
22	С111-1757	Рядно	м2	1,7	60,19	58,87	0,14	1,18
23	С112-61	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 44 мм і більше, III сорт	м3	0,016399	5474,30	5134,44	232,52	107,34
24	С112-286	Дошки дубові, сорт II	м3	0,02916	23632,15	22936,25	232,52	463,38
25	С121-774	Деталі кріплення рейок, елементи кріплення підвісних стель, трубопроводів, повітроводів, закладні деталі, деталі кріплення стінових панелей, ворот, рам, ґрат тощо масою не більше 50 кг, з перевагою товстості­стової сталі, такі, що складаються з двох та більше деталей, з отворами та без отворів, які з'єднуються на зварюванні	т	0,0005832	67704,57	66827,42	373,15	504,00
26	С123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм	м2	1,28335	441,14	427,15	5,34	8,65
27	+С124-24 варіант 1	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, А400-С, діаметр 16-18 мм	т	0,175	28118,39	27291,67	275,38	551,34
28	С142-10-2	Вода	м3	0,02851	42,10	42,10	-	-
29	+С1424-11616	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В30 [М400], крупність заповнювача більше 20 до 40 мм	м3	5,3958	2465,00	2166,67	250,00	48,33
30	+С1424-11631	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В7,5 [М100], крупність заповнювача 10 мм і менше	м3	0,6936	1768,00	1483,33	250,00	34,67
31	+К581721- К709	Палі забивні залізобетонні марки С12-30 ГОСТ 19804.1-79	шт	9	10993,65	9962,50	815,59	215,56
		<b><u>Енергоносії машин, врахованих в складі загальнови­робничих витрат</u></b>						
32	С1999-9001	Електроенергія	кВт-год	0,276	4,9416	4,9416		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
33	C1999-9005	Мастильні матеріали	кг	0,0098	184,55	184,55		
34	C1999-9009	Дрова	м3	0,3266	119,13	119,13		

Символ '+' визначає, що параметри, які впливають на кошторисну ціну ресурсу, змінені користувачем.  
Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на 1 листопада 2023 р.

Склав \_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив \_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Замовник

*(назва організації)*

Підрядник

*(назва організації)***ДОГОВІРНА ЦІНА**на будівництво **Варіант фундаменту з 9 забивних паль С6-30 з ростверком 3,6х3,6 м**, що здійснюється в 2023 році

Вид договірної ціни: тверда.

Визначена згідно з

Складена в поточних цінах станом на 1 листопада 2023 р.

№ Ч.ч	Обґрунтування	Найменування витрат	Вартість, тис. грн.		
			всього	у тому числі:	
				будівельних робіт	інших витрат
1	2	3	4	5	6
1		Прямі витрати, у тому числі	109,34863	109,34863	-
	Розрахунок N1	Заробітна плата	4,89806	4,89806	-
	Розрахунок N2	Вартість матеріальних ресурсів	87,38049	87,38049	-
	Розрахунок N3	Вартість експлуатації будівельних машин і механізмів	17,07008	17,07008	-
2	Розрахунок N4	Загальновиробничі витрати	4,08385	4,08385	-
3	Розрахунок N5	Кошти на зведення (пристосування) та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд в т.ч. зворотні суми	-	-	-
4	Розрахунок N6	Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий період (на обсяги робіт, що плануються до виконання у зимовий період)	-	-	-
5	Розрахунок N7	Кошти на виконання будівельних робіт у літній період	-	-	-
6	Розрахунок N8	Інші супутні витрати	-	-	-
		<b>Разом</b>	113,43248	113,43248	-
7	Розрахунок N9	Прибуток	0,82517	0,82517	-
8	Розрахунок N10	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельної організації	0,43289	-	0,43289
9	Розрахунок N11	Кошти на покриття ризиків	-	-	-
10	Розрахунок N12	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	-	-	-

1	2	3	4	5	6
11	Розрахунок N13	<b>Разом (ч.ч 1-10)</b> Податки, збори, обов'язкові платежі, встановлені чинним законодавством і не враховані складовими вартості будівництва (без ПДВ)	114,69054 -	114,25765 -	0,43289 -
12		<b>Разом договірна ціна крім ПДВ</b> Податок на додану вартість <b>Всього договірна ціна</b>  в т.ч. зворотні суми:	114,69054 22,93811 137,62865	114,25765 - 	0,43289 22,93811

Керівник підприємства  
(організації) замовника

---

Керівник генеральної  
підрядної організації

---

Варіант фундаменту з 9 забивних паль С6-30 з ростверком 3,6х3,6 м  
Варіант 2

**Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-01**  
**на Фундаменти з палями С6-30**  
**Варіант фундаменту з 9 забивних паль С6-30 з ростверком 3,6х3,6 м**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 113,43248 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 0,09906 тис.люд.год.  
Кошторисна заробітна плата 8,84518 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,5 розряд

Складений за поточними цінами станом на "1 листопада" 2023 р.

№ Ч.ч..	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
				на одиницю	всього						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ5-3-1	Заглиблення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною до 6 м у ґрунті групи 1	м3	4,86	<u>3843,73</u> 406,82	<u>3310,91</u> 450,67	18680,53	1977,15	<u>16091,02</u> 2190,26	<u>4,9800</u> 4,3940	<u>24,2</u> 21,35
2	К581721-К703	Палі забивні залізобетонні марки С6-30 ГОСТ 19804.1-79	шт	9	<u>4555,93</u> -	-	41003,37	-	-	-	-
3	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки бетон важкий В 7,5 (М 100), крупність заповнювача 5-10мм	100м3	0,0144	<u>208552,72</u> 10535,44	<u>2427,23</u> 987,58	3003,16	151,71	<u>34,95</u> 14,22	<u>150,7000</u> 10,6641	<u>2,17</u> 0,15
4	КБ6-1-4	Улаштування бетонних фундаментів загального призначення під колони об'ємом понад 5 м3 бетон важкий В 30 (М 400), крупність заповнювача 20-40мм	100м3	0,12	<u>295587,11</u> 23076,64	<u>7867,61</u> 3196,87	35470,45	2769,20	<u>944,11</u> 383,62	<u>303,6000</u> 34,5265	<u>36,43</u> 4,14
5	С124-24 варіант 1	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, А400-С, діаметр 16-18 мм	т	0,398	<u>28118,39</u> -	-	11191,12	-	-	-	-
Разом прями витрати по кошторису							109348,63	4898,06	<u>17070,08</u> 2588,10		<u>62,8</u> 25,64
Разом будівельні роботи, грн.							109348,63				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		в тому числі: вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					87380,49 7486,16 4083,85 10,62 1359,02 <b>113432,48</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>113432,48</b>				
		<b>Кошторисна трудомісткість, люд.год.</b> <b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>99,06</b> <b>8845,18</b>				

Склав

\_\_\_\_\_ *[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

Перевірив

\_\_\_\_\_ *[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

Варіант фундаменту з 9 забивних паль С6-30 з ростверком 3,6х3,6 м

**Відомість ресурсів до локального кошторису № 02-01-01**  
на Фундаменти з палями С6-30

№ Ч.ч.	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:		
						відпускна ціна, грн.	транспортна складова, грн.	заготівельно-складські витрати, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>I. Витрати труда</b>								
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год	62,8	77,99			
2		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,5				
3		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год	25,64	100,89			
4		Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	5,4				
5		Витрати труда працівників, заробітна плата яких передбачена в загальноновиробничих витратах	люд.год	10,62	127,97			
Разом кошторисна трудомісткість			люд.год	99,06				
Середній розряд робіт			розряд	3,5				
<b>II. Будівельні машини і механізми</b>								
6	КБМ202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш. год	2,80397	348,24			
7	КБМ203-101	Автовантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш. год	0,0048	544,10			
8	КБМ214-201	Копри гусеничні для паль довжиною до 12 м	маш. год	9,234	475,72			
9	КБМ214-503	Дизель-молоти, маса ударної частини 1,8 т	маш. год	9,234	723,04			
10	КБМ215-702	Крани-трубоукладальники для труб діаметром до 700 мм, вантажопідйомність 12,5 т	маш. год	4,131	1215,61			
<b><u>Будівельні машини, враховані в складі загальноновиробничих витрат</u></b>								
11	КБМ211-101	Бадді, місткість 2 м3	маш. год	3,1344				
12	КБМ270-116	Вібратори поверхневі	маш. год	0,4104				



1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	КБМ270-117	Вібратори глибинні	маш. год	1,788				
<b>III. Будівельні матеріали, вироби і комплекти</b>								
14	C111-173	Цвяхи дротяні оцинковані для азбестоцементної покрівлі 4, 5x120 мм	т	0,0000972	45065,13	43828,90	352,60	883,63
15	C111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4,0x100 мм	т	0,001764	24529,06	23695,50	352,60	480,96
16	C111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	т	0,00264	3425,21	2885,33	472,72	67,16
17	C111-388	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,000097	42011,99	40663,51	524,72	823,76
18	C111-818-1	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 4,0 мм	т	0,001488	25940,18	25156,17	275,38	508,63
19	C111-1757	Рядно	м2	3,6	60,19	58,87	0,14	1,18
20	C112-61	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 44 мм і більше, III сорт	м3	0,0372	5474,30	5134,44	232,52	107,34
21	C112-286	Дошки дубові, сорт II	м3	0,0243	23632,15	22936,25	232,52	463,38
22	C121-774	Деталі кріплення рейок, елементи кріплення підвісних стель, трубопроводів, повітроводів, закладні деталі, деталі кріплення стінових панелей, ворот, рам, ґрат тощо масою не більше 50 кг, з перевагою товстостінової сталі, такі, що складаються з двох та більше деталей, з отворами та без отворів, які з'єднуються на зварюванні	т	0,0004374	67704,57	66827,42	373,15	504,00
23	C123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм	м2	2,9112	441,14	427,15	5,34	8,65
24	+С124-24 варіант 1	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, А400-С, діаметр 16-18 мм	т	0,398	28118,39	27291,67	275,38	551,34
25	C142-10-2	Вода	м3	0,06288	42,10	42,10	-	-
26	+С1424-11616	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В30 [М400], крупність заповнювача більше 20 до 40 мм	м3	12,24	2465,00	2166,67	250,00	48,33
27	+С1424-11631	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В7,5 [М100], крупність заповнювача 10 мм і менше	м3	1,4688	1768,00	1483,33	250,00	34,67
28	+К581721- К703	Палі забивні залізобетонні марки С6-30 ГОСТ 19804.1-79	шт	9	4555,93	4085,00	381,60	89,33
Енергоносії машин, врахованих в складі загальнопромислових витрат								
29	C1999-9001	Електроенергія	кВт-год	0,6094	4,9416	4,9416		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	C1999-9005	Мастильні матеріали	кг	0,022	184,55	184,55		

Символ '+' визначає, що параметри, які впливають на кошторисну ціну ресурсу, змінені користувачем.

Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на 1 листопада 2023 р.

Склав

\_\_\_\_\_

[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив

\_\_\_\_\_

[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Замовник

(назва організації)

Підрядник

(назва організації)

**ДОГОВІРНА ЦІНА**на будівництво **Варіант фундаменту з 9 забивних паль С3-30 з ростверком 4,8х4,8 м**, що здійснюється в 2023 році

Вид договірної ціни: тверда.

Визначена згідно з

Складена в поточних цінах станом на 1 листопада 2023 р.

№ Ч.ч	Обґрунтування	Найменування витрат	Вартість, тис. грн.		
			всього	у тому числі:	
				будівельних робіт	інших витрат
1	2	3	4	5	6
1		Прямі витрати, у тому числі	108,51991	108,51991	-
	Розрахунок N1	Заробітна плата	6,12483	6,12483	-
	Розрахунок N2	Вартість матеріальних ресурсів	92,61522	92,61522	-
	Розрахунок N3	Вартість експлуатації будівельних машин і механізмів	9,77986	9,77986	-
2	Розрахунок N4	Загальновиробничі витрати	4,44200	4,44200	-
3	Розрахунок N5	Кошти на зведення (приспосовання) та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд в т.ч. зворотні суми	-	-	-
4	Розрахунок N6	Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий період (на обсяги робіт, що плануються до виконання у зимовий період)	-	-	-
5	Розрахунок N7	Кошти на виконання будівельних робіт у літній період	-	-	-
6	Розрахунок N8	Інші супутні витрати	-	-	-
		<b>Разом</b>	112,96191	112,96191	-
7	Розрахунок N9	Прибуток	0,91555	0,91555	-
8	Розрахунок N10	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельної організації	0,48031	-	0,48031
9	Розрахунок N11	Кошти на покриття ризиків	-	-	-
10	Розрахунок N12	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами	-	-	-

1	2	3	4	5	6
11	Розрахунок N13	<b>Разом (ч.ч 1-10)</b> Податки, збори, обов'язкові платежі, встановлені чинним законодавством і не враховані складовими вартості будівництва (без ПДВ)	114,35777 -	113,87746 -	0,48031 -
12		<b>Разом договірна ціна крім ПДВ</b> Податок на додану вартість <b>Всього договірна ціна</b>  в т.ч. зворотні суми:	114,35777 22,87155 137,22932	113,87746 - 	0,48031 22,87155

Керівник підприємства  
(організації) замовника

---

Керівник генеральної  
підприємної організації

---

Варіант фундаменту з 9 забивних паль С3-30 з ростверком 4,8х4,8 м  
Варіант 3

**Локальний кошторис на будівельні роботи №02-01-01**  
**на Фундаменти з палями С6-30**  
**Варіант фундаменту з 9 забивних паль С3-30 з ростверком 4,8х4,8 м**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 112,96191 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 0,10991 тис.люд.год.  
Кошторисна заробітна плата 9,43246 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,4 розряд

Складений за поточними цінами станом на "1 листопада" 2023 р.

№ Ч.ч..	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год.			
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин			
										заробітної плати	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	КБ5-3-1	Заглиблення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль довжиною до 6 м у ґрунті групи 1	м3	2,43	<u>3843,73</u> 406,82	<u>3310,91</u> 450,67	9340,26	988,57	<u>8045,51</u> 1095,13	<u>4,9800</u> 4,3940	<u>12,1</u> 10,68		
2	К581721-К701 варіант 1	Палі забивні залізобетонні марки С3-30	шт	9	<u>1830,10</u> -	- -	16470,90	-	- -	- -	- -		
3	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки бетон важкий В 7,5 (М 100), крупність заповнювача 5-10мм	100м3	0,0144	<u>208552,72</u> 10535,44	<u>2427,23</u> 987,58	3003,16	151,71	<u>34,95</u> 14,22	<u>150,7000</u> 10,6641	<u>2,17</u> 0,15		
4	КБ6-1-4	Улаштування бетонних фундаментів загального призначення під колони об'ємом понад 5 м3 бетон важкий В 30 (М 400), крупність заповнювача 20-40мм	100м3	0,216	<u>295587,11</u> 23076,64	<u>7867,61</u> 3196,87	63846,82	4984,55	<u>1699,40</u> 690,52	<u>303,6000</u> 34,5265	<u>65,58</u> 7,46		
5	С124-24 варіант 1	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, А400-С, діаметр 16-18 мм	т	0,564	<u>28118,39</u> -	- -	15858,77	-	- -	- -	- -		
		Разом прямі витрати по кошторису					108519,91	6124,83	<u>9779,86</u> 1799,87		<u>79,85</u> 18,29		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та комплектів, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					108519,91 92615,22 7924,70 4442,00 11,77 1507,76 <b>112961,91</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>112961,91</b>				
		<b>Кошторисна трудомісткість, люд.год.</b> <b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>109,91</b> <b>9432,46</b>				

Склав

\_\_\_\_\_ [посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив

\_\_\_\_\_ [посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Варіант фундаменту з 9 забивних паль СЗ-30 з ростверком 4,8х4,8 м

**Відомість ресурсів до локального кошторису № 02-01-01**  
на Фундаменти з палями С6-30

№ Ч.ч.	Шифр ресурсу	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Поточна ціна за одиницю, грн.	у тому числі:		
						відпускна ціна, грн.	транспортна складова, грн.	заготівельно-складські витрати, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>I. Витрати труда</b>								
1	1	Витрати труда робітників-будівельників	люд.год	79,85	76,71			
2		Середній розряд робіт, що виконуються робітниками-будівельниками	розряд	3,4				
3		Витрати труда робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	люд.год	18,29	98,41			
4		Середній розряд ланки робітників, зайнятих керуванням та обслуговуванням машин	розряд	5,2				
5		Витрати труда працівників, заробітна плата яких передбачена в загальновиробничих витратах	люд.год	11,77	128,10			
Разом кошторисна трудомісткість			люд.год	109,91				
Середній розряд робіт			розряд	3,4				
<b>II. Будівельні машини і механізми</b>								
6	КБМ202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш. год	4,96685	348,24			
7	КБМ203-101	Автовантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш. год	0,00864	544,10			
8	КБМ214-201	Копри гусеничні для паль довжиною до 12 м	маш. год	4,617	475,72			
9	КБМ214-503	Дизель-молоти, маса ударної частини 1,8 т	маш. год	4,617	723,04			
10	КБМ215-702	Крани-трубоукладальники для труб діаметром до 700 мм, вантажопідйомність 12,5 т	маш. год	2,0655	1215,61			
<b><u>Будівельні машини, враховані в складі загальновиробничих витрат</u></b>								
11	КБМ211-101	Бадді, місткість 2 м3	маш. год	5,5152				
12	КБМ270-116	Вібратори поверхневі	маш. год	0,4104				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	КБМ270-117	Вібратори глибинні	маш. год	3,2184				
<b>III. Будівельні матеріали, вироби і комплекти</b>								
14	C111-173	Цвяхи дротяні оцинковані для азбестоцементної покрівлі 4, 5x120 мм	т	0,0000486	45065,13	43828,90	352,60	883,63
15	C111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4,0x100 мм	т	0,003175	24529,06	23695,50	352,60	480,96
16	C111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	т	0,004752	3425,21	2885,33	472,72	67,16
17	C111-388	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний, МА-015	т	0,0000486	42011,99	40663,51	524,72	823,76
18	C111-818-1	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 4,0 мм	т	0,0026784	25940,18	25156,17	275,38	508,63
19	C111-1757	Рядно	м2	3,6	60,19	58,87	0,14	1,18
20	C112-61	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6,5 м, ширина 75-150 мм, товщина 44 мм і більше, III сорт	м3	0,06696	5474,30	5134,44	232,52	107,34
21	C112-286	Дошки дубові, сорт II	м3	0,01215	23632,15	22936,25	232,52	463,38
22	C121-774	Деталі кріплення рейок, елементи кріплення підвісних стель, трубопроводів, повітроводів, закладні деталі, деталі кріплення стінових панелей, ворот, рам, ґрат тощо масою не більше 50 кг, з перевагою товстостінової сталі, такі, що складаються з двох та більше деталей, з отворами та без отворів, які з'єднуються на зварюванні	т	0,0002187	67704,57	66827,42	373,15	504,00
23	C123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм	м2	5,24016	441,14	427,15	5,34	8,65
24	+С124-24 варіант 1	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, А400-С, діаметр 16-18 мм	т	0,564	28118,39	27291,67	275,38	551,34
25	C142-10-2	Вода	м3	0,09302	42,10	42,10	-	-
26	+С1424-11616	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В30 [М400], крупність заповнювача більше 20 до 40 мм	м3	22,032	2465,00	2166,67	250,00	48,33
27	+С1424-11631	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В7,5 [М100], крупність заповнювача 10 мм і менше	м3	1,4688	1768,00	1483,33	250,00	34,67
28	+К581721- К701 варіант 1	Палі забивні залізобетонні марки С3-30	шт	9	1830,10	1537,50	256,72	35,88
Енергоносії машин, врахованих в складі загальнопромислових витрат								
29	C1999-9001	Електроенергія	кВт-год	0,9098	4,9416	4,9416		



1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	C1999-9005	Мастильні матеріали	кг	0,0363	184,55	184,55		

Символ '+' визначає, що параметри, які впливають на кошторисну ціну ресурсу, змінені користувачем.  
Поточні ціни матеріальних ресурсів прийняті станом на 1 листопада 2023 р.

Склав \_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Перевірив \_\_\_\_\_  
[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]

Додаток В Відомість аркушів графічної частини

Аркуш	Найменування	Примітки
1	Мета і задачі дослідження «Ефект від використання коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах»	Плакат 1
2	Програма моделювання роботи стовпчастого пальового фундаменту (додатково варіюється спосіб улаштування паль і вид ґрунту)	Плакат 2
3	Розрахункові моделі стовпчастого пальового фундаменту, палі довжиною 3 м та 9 м при кроці 3d, та розташування моделі під дією вертикального навантаження в масиві ґрунту	Плакат 3
4	Мозаїки деформацій системи «паля – ростверк – основа» при різному кроці паль, довжина паль 3 та 9 м	Плакат 4
5	Графіки залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини забивних паль	Плакат 5
6	Графіки залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини бурових паль	Плакат 6
7	Залежність ступеню реалізації несучої здатності палі у складі фундаменту з забивних та бурових паль від довжини і кроку паль	Плакат 7
8	Залежність ступеню реалізації несучої здатності ростверка у складі фундаменту з забивних та бурових паль від довжини і кроку паль	Плакат 8
9	Залежність питомої несучої здатності забивних паль і ростверка від довжини і кроку паль	Плакат 9
10	Залежність питомої несучої здатності бурових паль і ростверка від довжини і кроку паль	Плакат 10
11	Конструктивні рішення фундаменту	Плакат 11
12	Залежність витрат матеріалів від кроку паль у ростверку	Плакат 12
13	Залежність кошторисної вартості від кроку паль у ростверку	Плакат 13
14	Висновки за результатами досліджень	Плакат 14
15	Фасад в осях 20-1. Генеральний план. Відомість опорядження фасадів	
16	План першого поверху на відм. 0,000, план другого поверху на відм. 3,600	
17	План п'ятого поверху на відм. 14,400, план шостого поверху на відм. 18,800, план покрівлі, розрізи 1-1 та 2-2, вузли	
18	Геологічний розріз з варіантами фундаментів, робочі креслення фундаментів, сітки С-1, С-2, розріз 1-1, відомість деталей, специфікації	
19	План фундаментів, робоче креслення фундаменту, специфікації, сітка С-3	

Магістерська кваліфікаційна робота Саміленко В. В. на тему:  
**«Ефект від використання коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах»**

**Мета дослідження.** Дослідження ефективності використання коротких паль у складі стовпчастих пальових фундаментів у порівнянні з довгими.

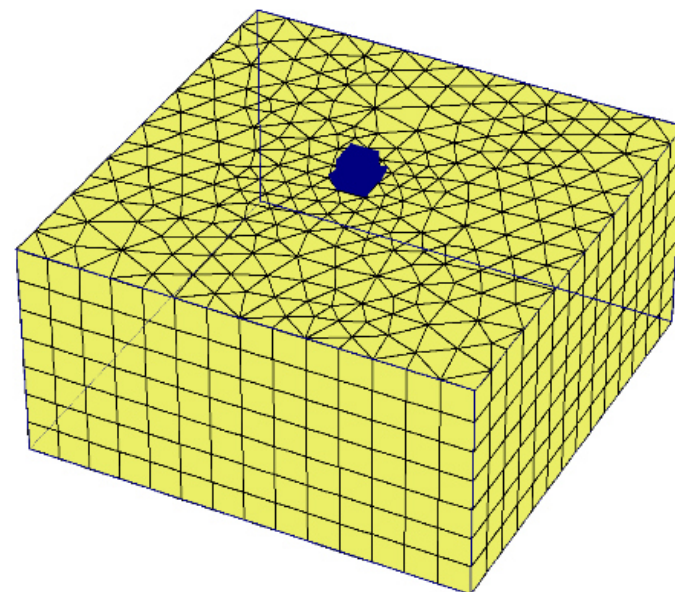
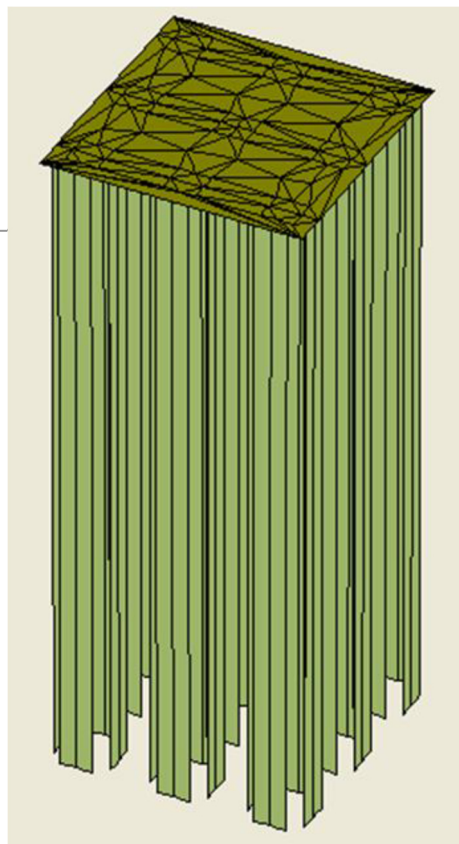
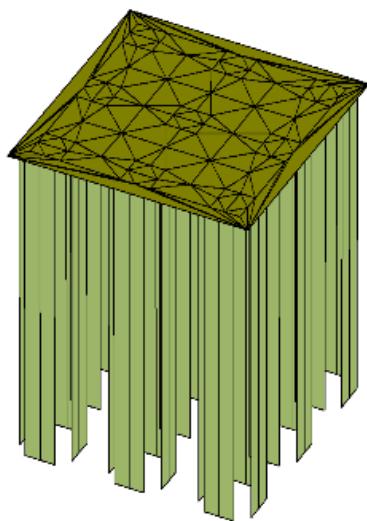
**Задачі дослідження:**

- виконати чисельне моделювання за допомогою програмного комплексу Plaxis 3 напружено-деформованого стану систем «ростверк – палі – основа» для стовпчастих пальових фундаментів;
- виявити вплив довжини паль та відстані між палями на перерозподіл зусиль між елементами стовпчастих пальових фундаментів та ефективність роботи у складі фундамента;
- крім геометричних параметрів паль дослідити вплив таких параметрів: вид паль (влаштовані без виймання та з вийманням ґрунту), фізико-механічні характеристики основи на ефективність роботи елементів пального фундаменту;
- дослідити економічну ефективність переходу в однорідних ґрунтах від куща з довгих паль при стандартному мінімальному кроці до куща з коротких паль при збільшеній відстані між палями;
- розробити рекомендації з удосконалення конструктивного рішення пальових фундаментів за рахунок використання коротких паль.

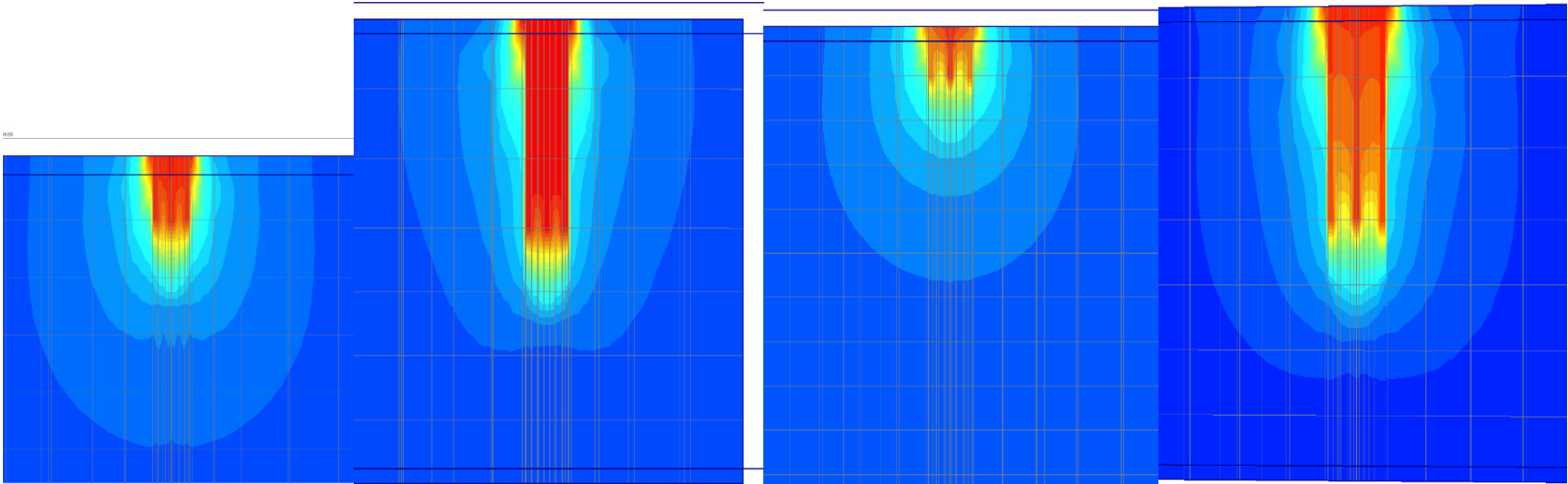
**Програма моделювання роботи стовпчастого пальового фундаменту  
(додатково варіюється спосіб улаштування паль і вид ґрунту)**

Група дослідів	Довжина та поперечний розмір паль	Крок і кількість паль
1	L = 3 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
2		5d, 9 шт.
3		7d, 9 шт.
4	L = 6 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
5		5d, 9 шт.
6		7d, 9 шт.
7	L = 9 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
8		5d, 9 шт.
9		7d, 9 шт.
10	L = 12 м, d = 0,3 м	3d, 9 шт.
11		5d, 9 шт.
12		7d, 9 шт.

**Розрахункові моделі стовпчастого пальового фундаменту, палі довжиною 3 м та 9 м при кроці 3d, та розташування моделі під дією вертикального навантаження в масиві ґрунту**

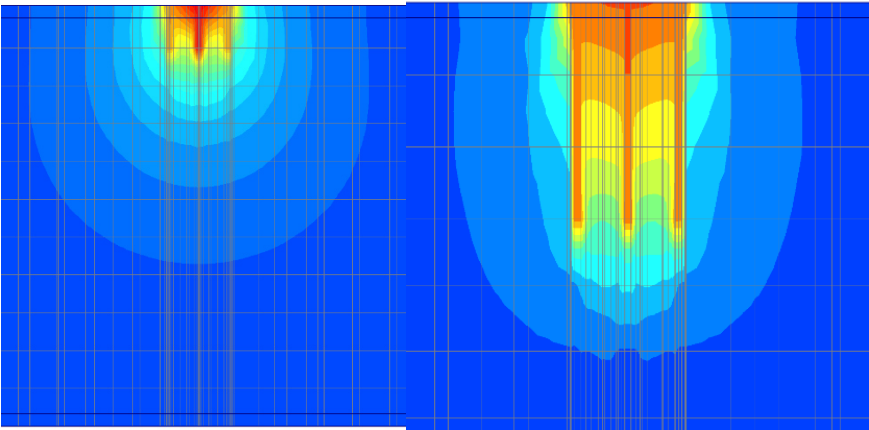


**Мозаїки деформацій системи «паль – ростверк – основа» при різному кроці паль, довжина паль 3 та 9 м**



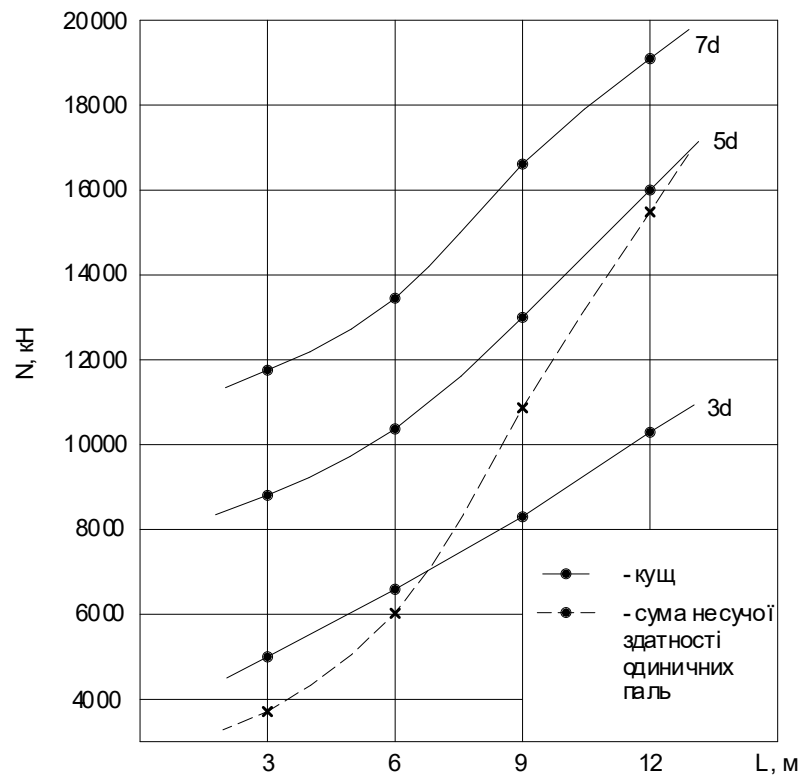
**Крок 3d**

**Крок 5d**

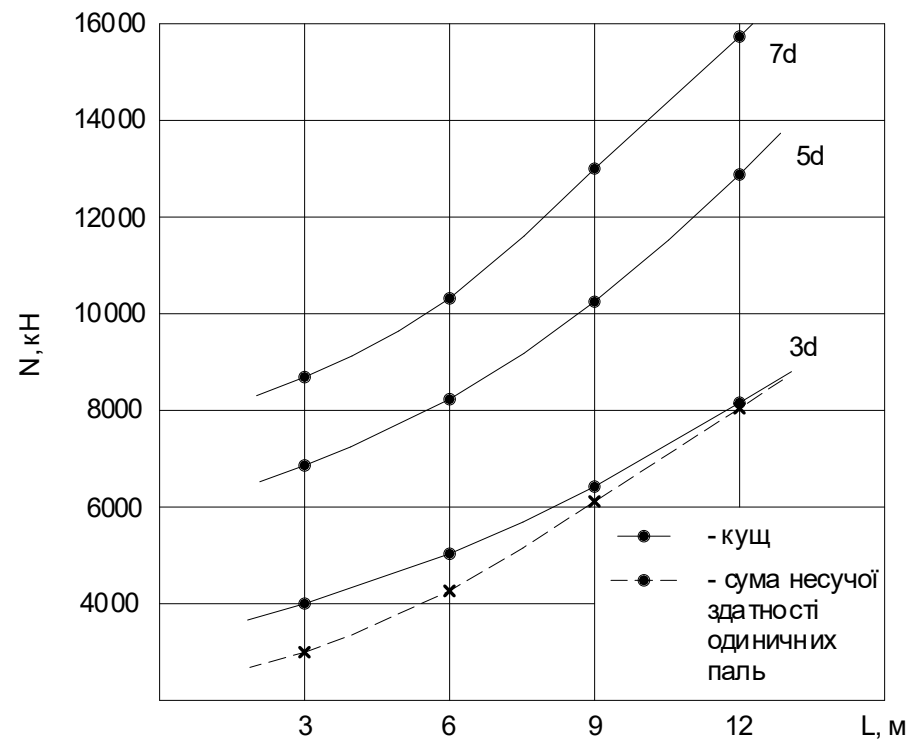


**Крок 7d**

# Графіки залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини забивних паль

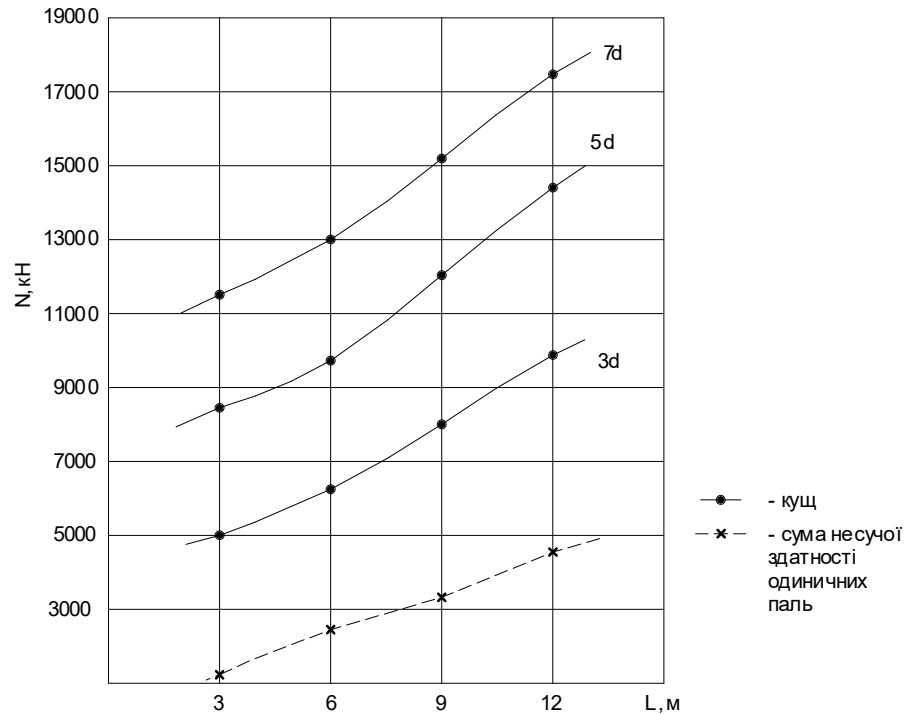


у піщаному ґрунті

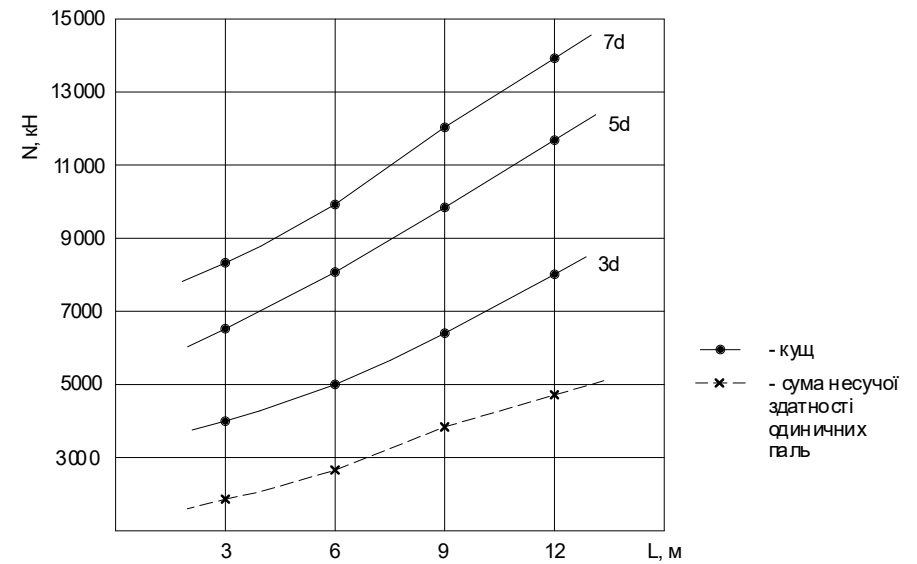


у глинистому ґрунті

# Графіки залежності несучої здатності стовпчастого пальового фундаменту від довжини бурових паль



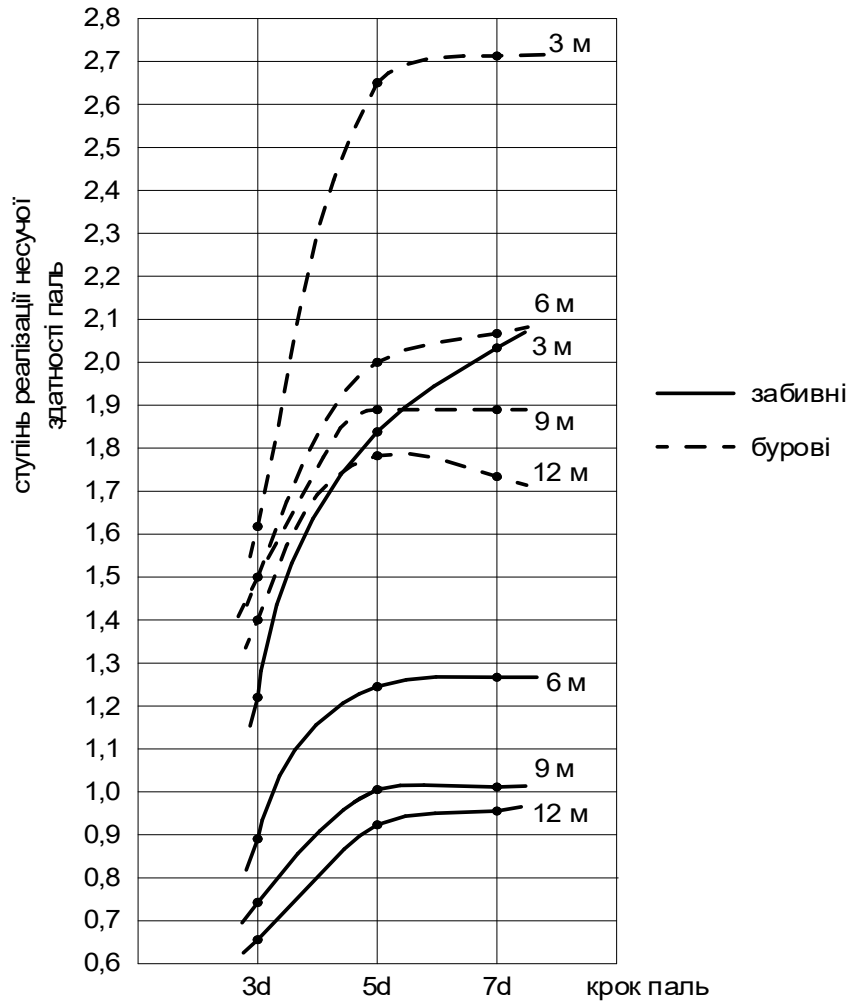
у піщаному ґрунті



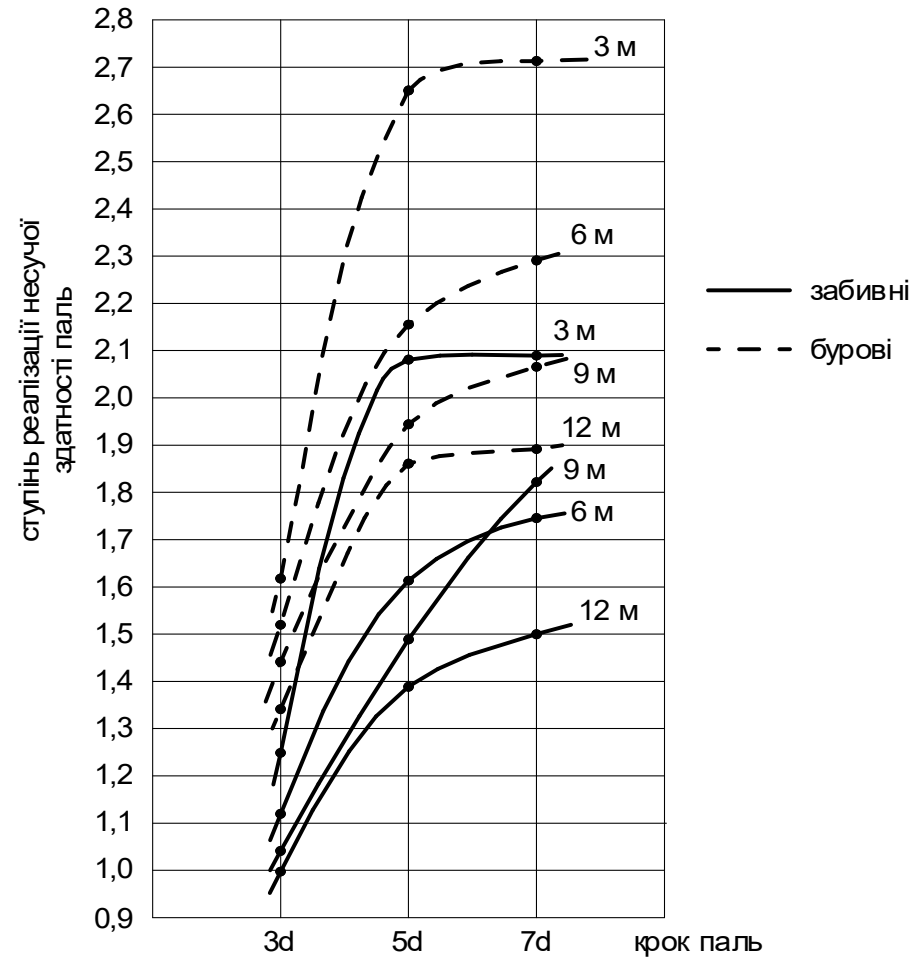
у глинистому ґрунті



# Залежність ступеню реалізації несучої здатності палі у складі фундаменту з забивних та бурових палей від довжини і кроку палей

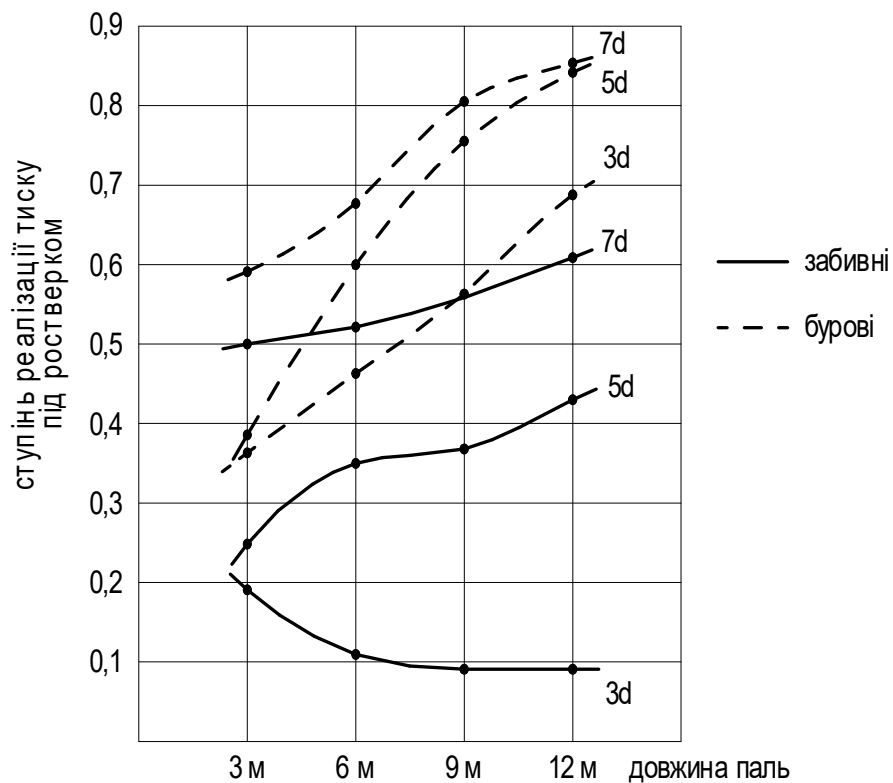


Для піщаного ґрунту

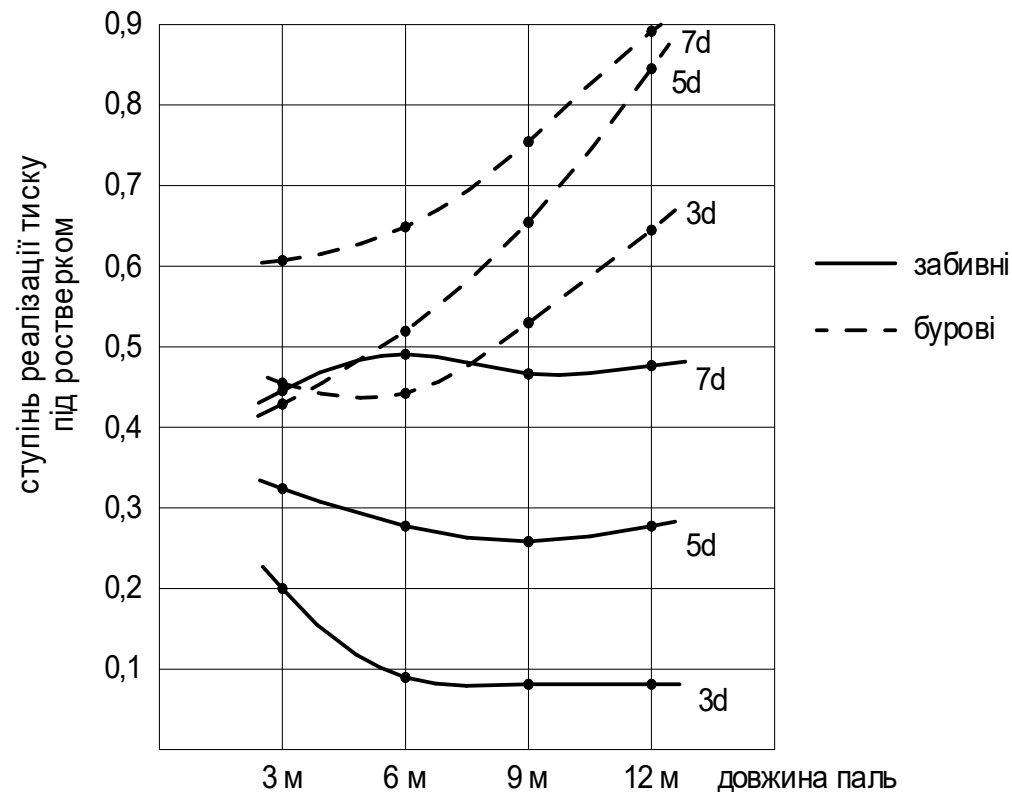


Для глинистого ґрунту

# Залежність ступеню реалізації несучої здатності ростверка у складі фундаменту з забивних та бурових паль від довжини і кроку паль

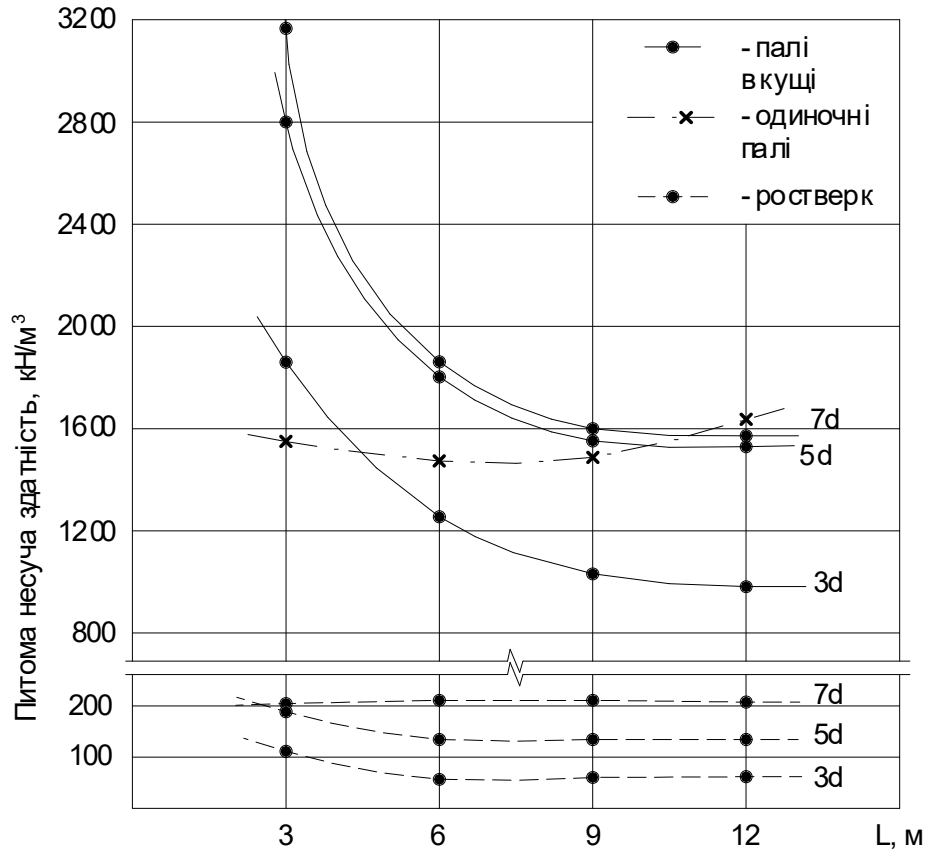


**Для піщаного ґрунту**

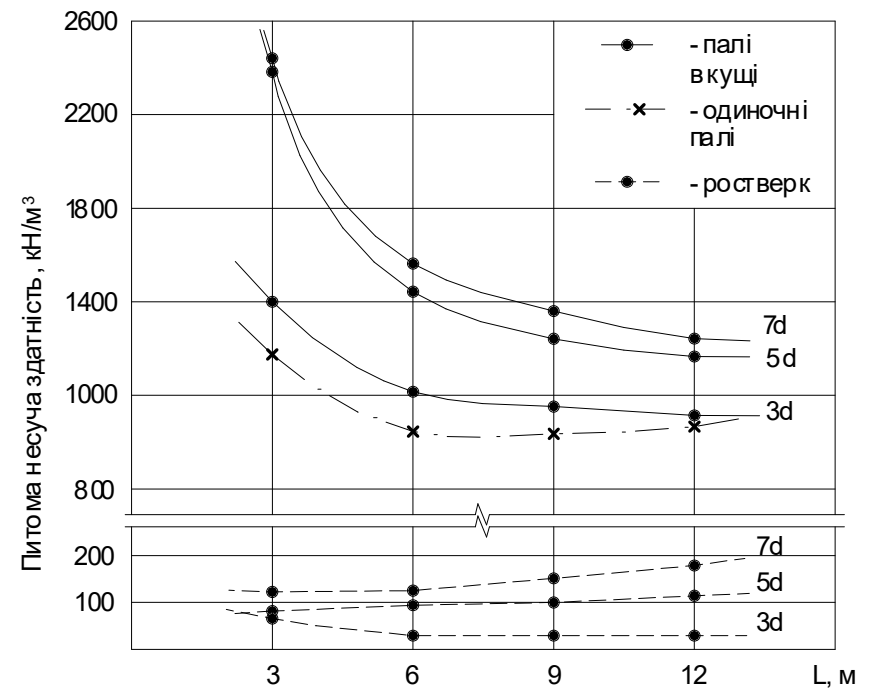


**Для глинистого ґрунту**

# Залежність питомої несучої здатності забивних паль і ростверка від довжини і кроку паль

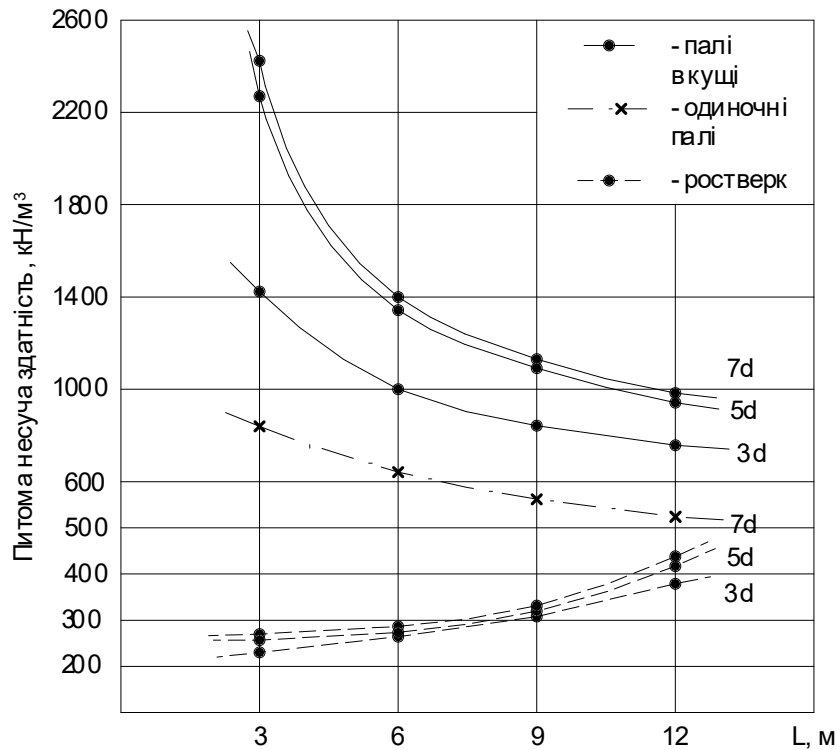


Для піщаного ґрунту

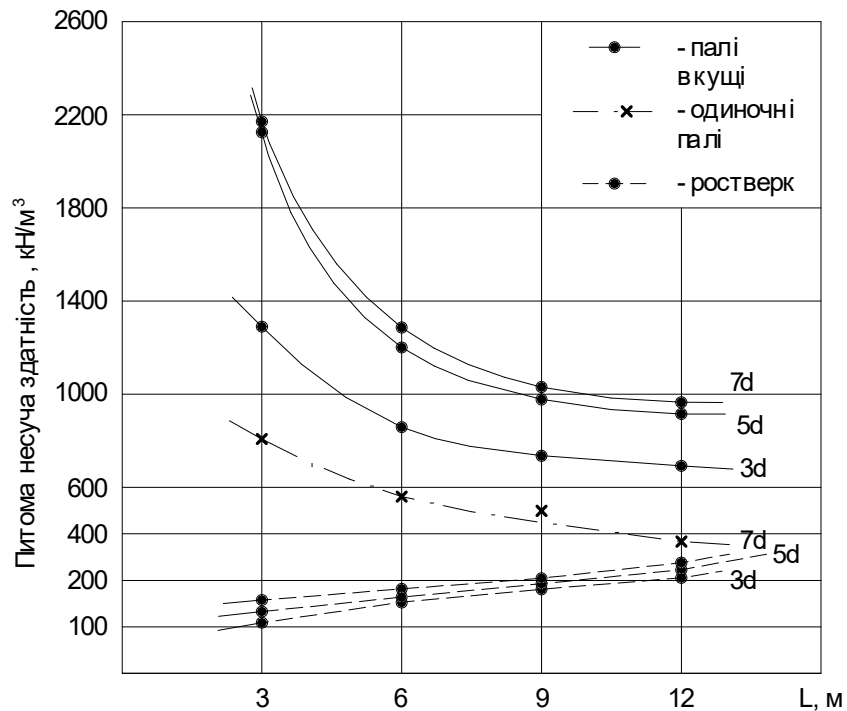


Для глинистого ґрунту

## Залежність питомої несучої здатності бурових палей і ростверка від довжини і кроку палей

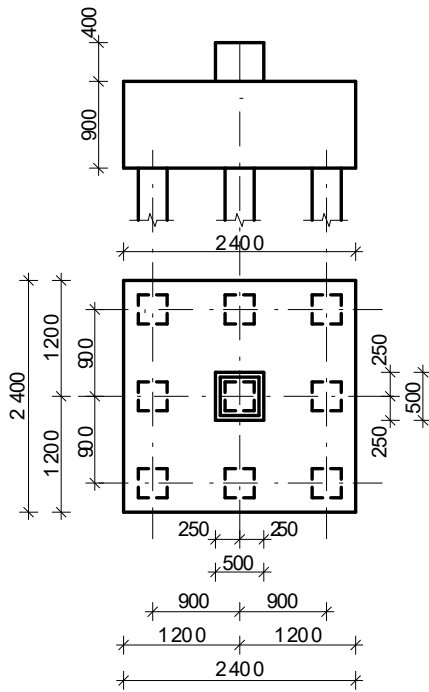


Для піщаного ґрунту

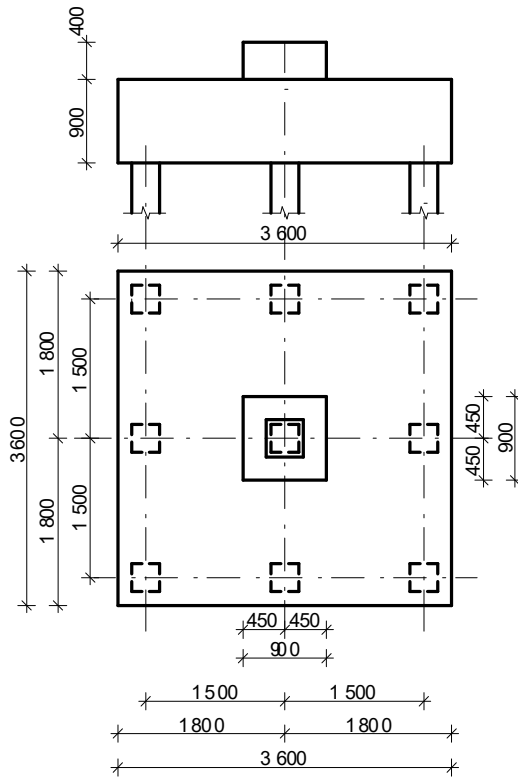


Для глинистого ґрунту

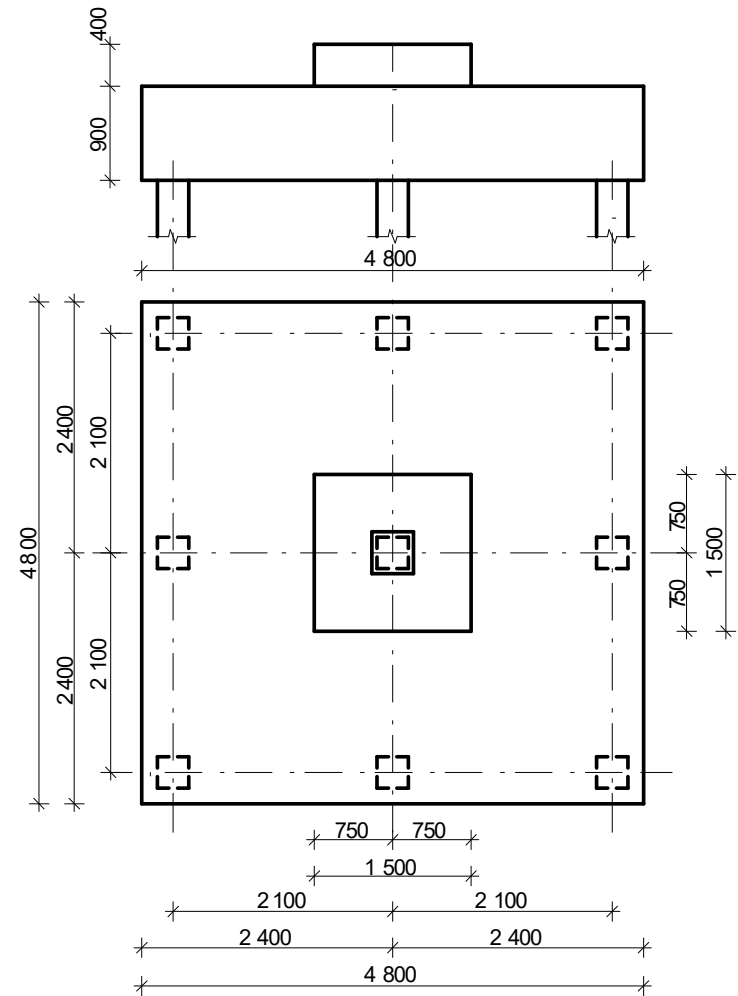
# Конструктивні рішення фундаменту



Довжина палі 12 м



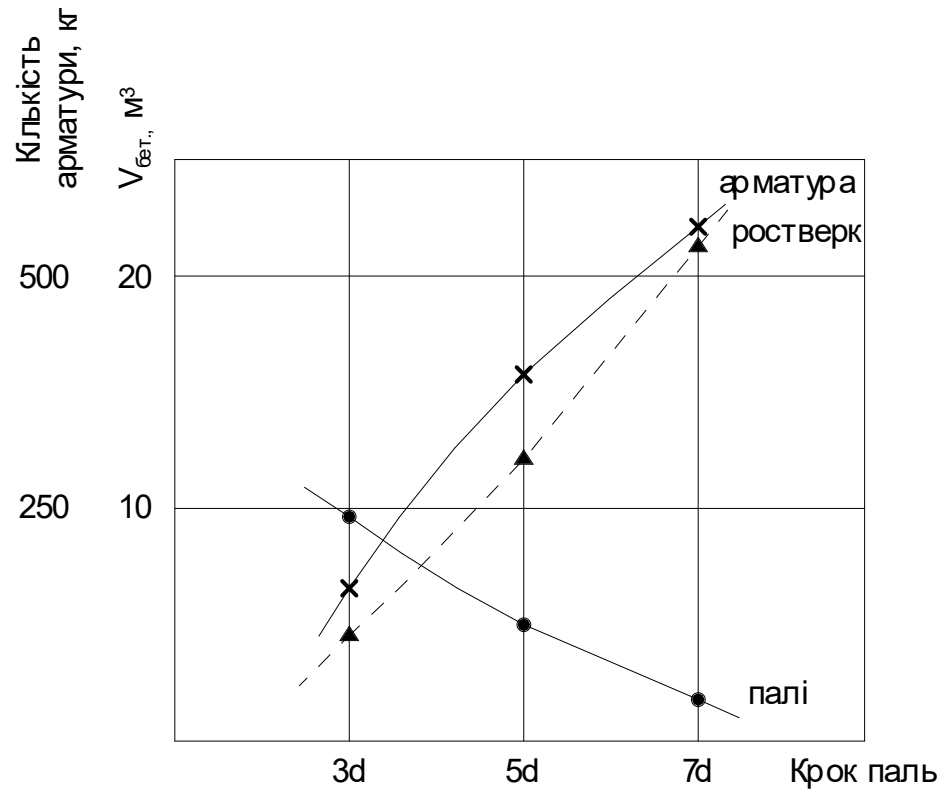
Довжина палі 6 м



Довжина палі 3 м

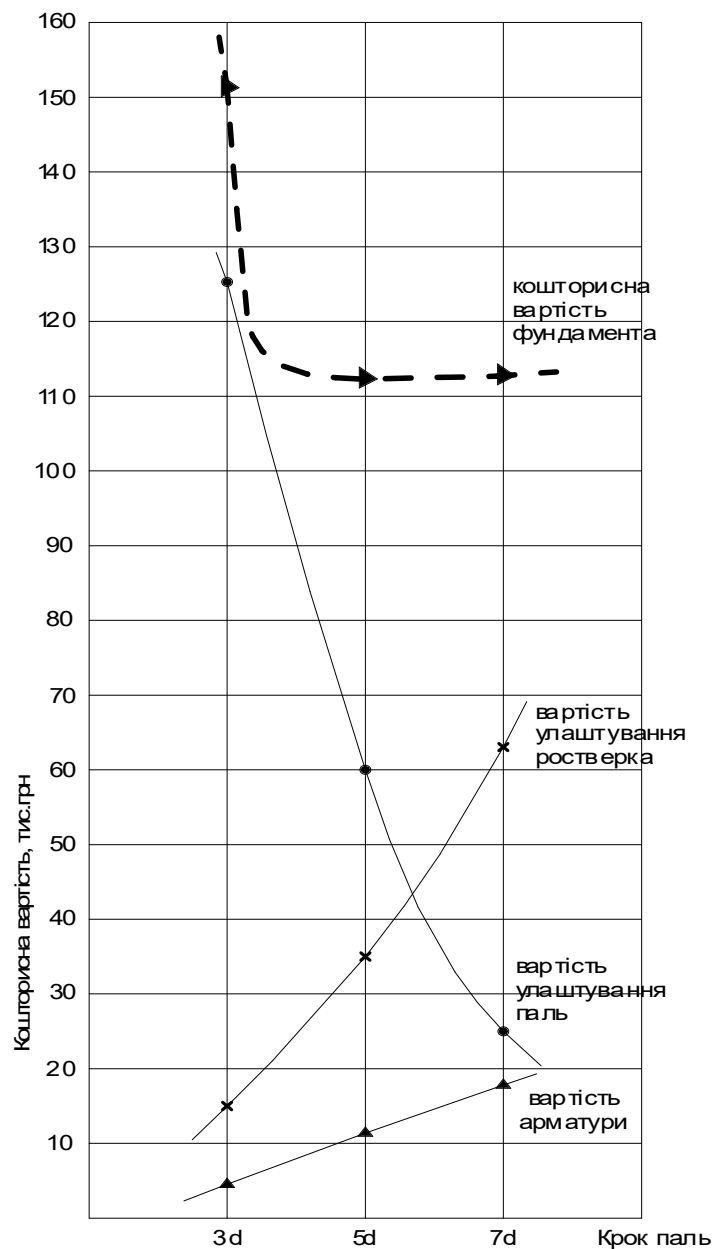
## Залежність витрат матеріалів від кроку палів у ростверку

Витрати матеріалів	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Об'єм бетона палів, м <sup>3</sup>	9,72	4,86	2,43
Об'єм бетона ростверка, м <sup>3</sup>	5,29	12,0	21,64
Вага арматури, кг	175	398	564



## Залежність кошторисної вартості від кроку паль у ростверку

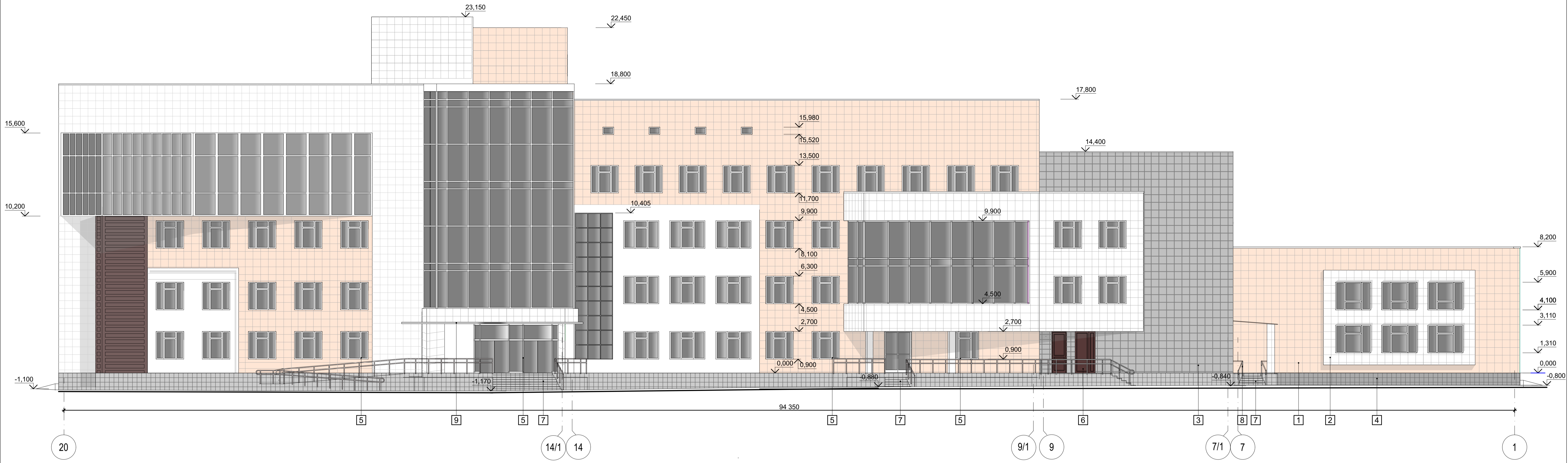
Кошторисна вартість	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Вартість улаштування паль, тис. грн.	126,47	59,69	25,81
Вартість улаштування ростверка, тис. грн.	15,64	35,47	63,85
Вартість арматури, тис. грн.	4,92	11,19	15,86
Загальна кошторисна вартість, тис. грн.	152,09	113,43	112,96
Загальна кошторисна вартість, %	135	100,4	100



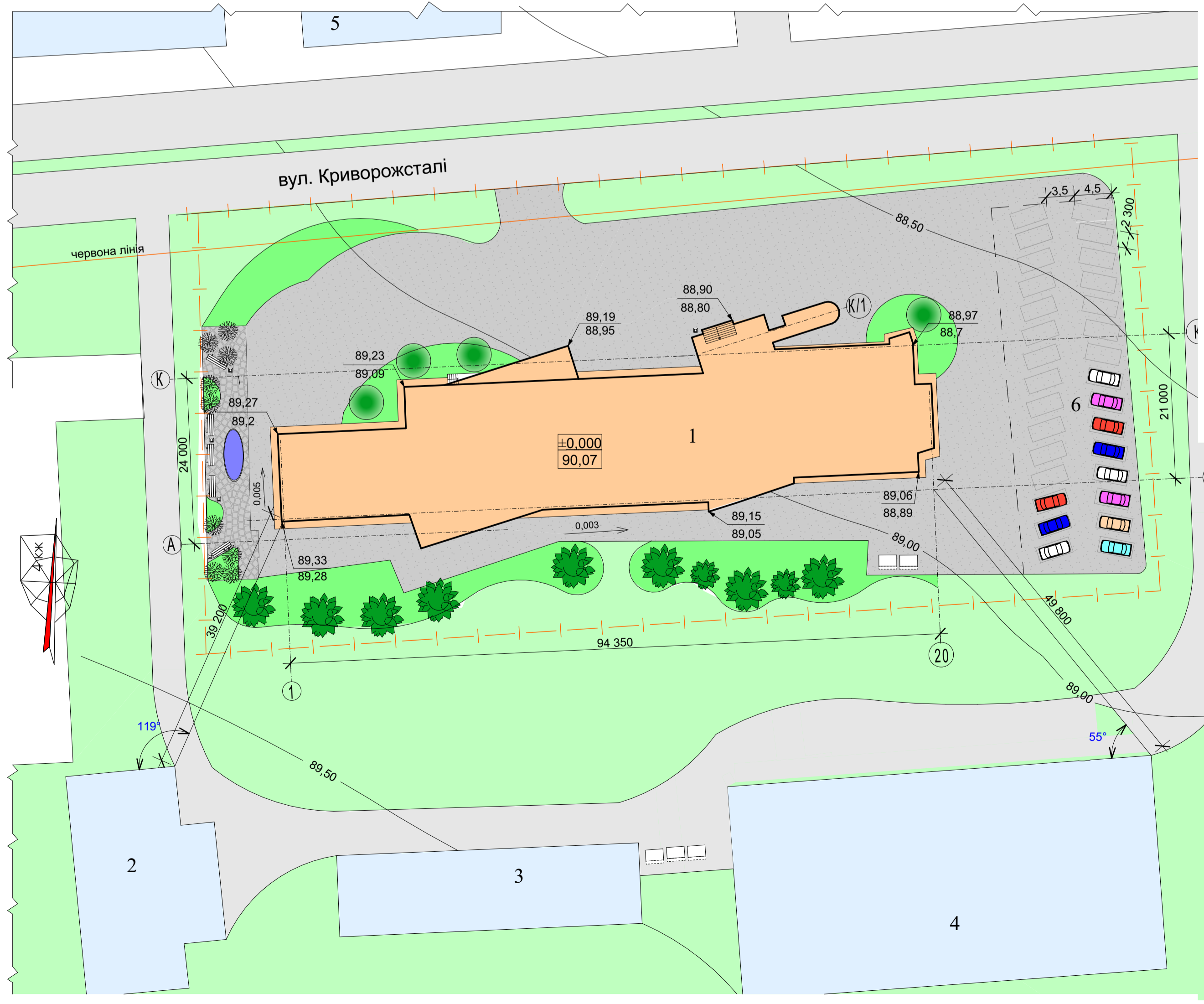
1. Реалізація несучої здатності паль у кущовому пальовому фундаменті зростає при зменшенні довжини паль і збільшенні їх кроку.
2. Реалізація роботи ростверка також покращується при збільшенні відстані між палями.
3. Вид ґрунту практично не впливає на характер перерозподілу зусиль між елементами стовпчастого пальового фундаменту.
4. За рахунок кращої реалізації роботи елементів пальового фундаменту для паль малої довжини з великим кроком можна досягти однакової несучої здатності з фундаментом з паль великої довжини при традиційному мінімальному кроці 3d.
5. Не дивлячись на значне зростання об'єму бетону ростверку і кількості арматури при збільшенні кроку паль економія коштів на вартості паль забезпечує економічний ефект від використання кущів з коротких паль з широкими ростверками до 35%.



Фасад в осях 20-1



Генеральний план



Умовні позначення до генплану

- Парковочні місця
- Плитка
- Газон
- Декоративний фонтан
- Декоративне покриття
- Бризок бархатистий
- Береза повисла
- Робінія звичайна
- Ялівець козачий
- Корзина для сміття
- Контейнер для сміття
- Межа відведення земельної ділянки
- Червона лінія
- Споруди та будівлі, що проєктуються
- Існуючі споруди

Відомість опорядження фасадів

№ поз.	Елементи будівлі	Вид оздоблення	Колір по еталону
1	Стіни	Алюмінієві композитні панелі ECOBOND	ORANGE
2	Стіни	Алюмінієві композитні панелі ECOBOND	IVORY
3	Стіни	Алюмінієві композитні панелі ECOBOND	BRIGHT CHAMPAGNE
4	Цоколь	Облицювання керамічною плиткою	
5	Вікна, вітражі, двері металопластикові	Металопластиковий профіль Rpr=0,62 м2К/Вт 4M1-16-4K	
6	Двері металеві	Броньовані	
7	Ганок	Облицювання керамічною плиткою	
8	Перила	Хромований метал	
9	Козирьок	Скляний	

Експлікація будівель та споруд

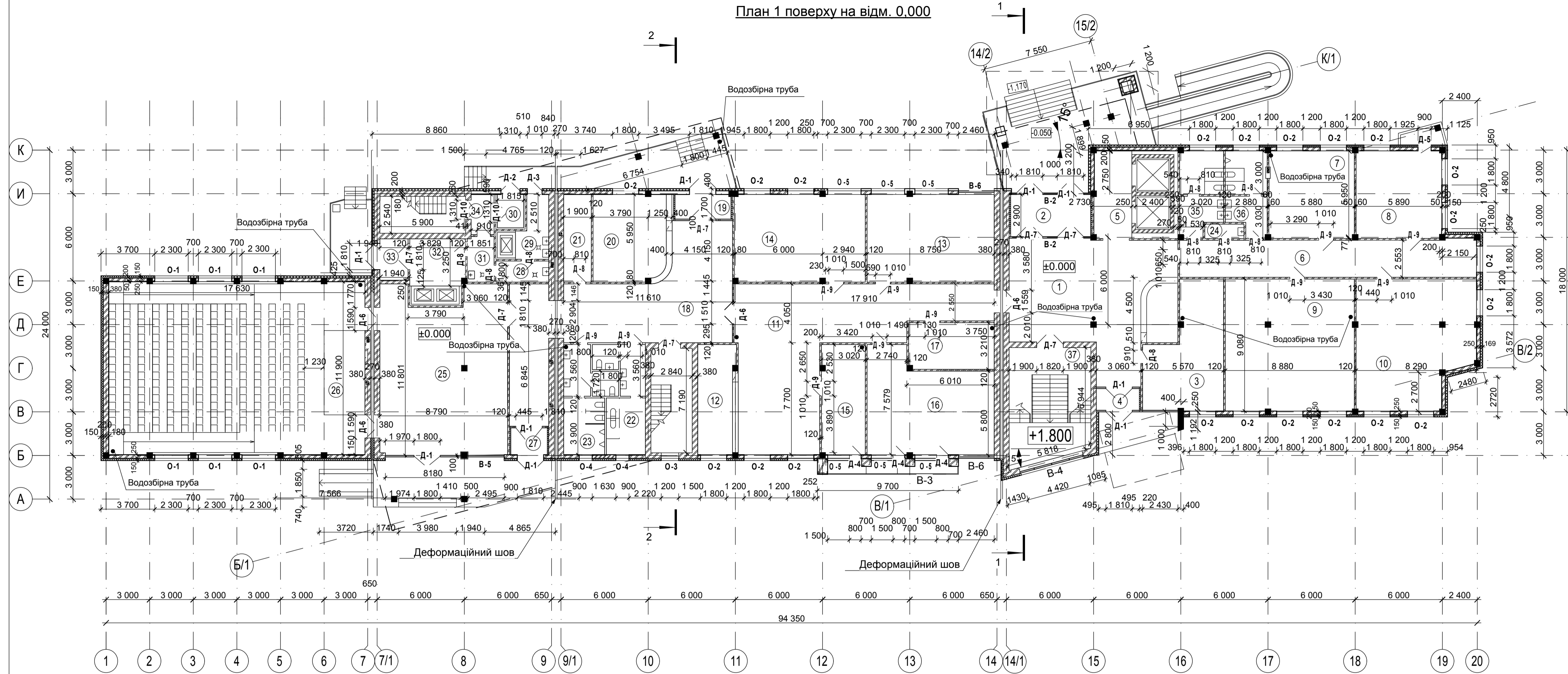
№ п/п	Найменування	Прв
1	Бізнес центр	
2	Розважальний центр	
3	3-х поверховий житловий будинок	
4	5-х поверховий житловий будинок	
5	Кафе-кондитерська	
6	Автостоянка, 30 місць	

08-11.МКР.026 - АР

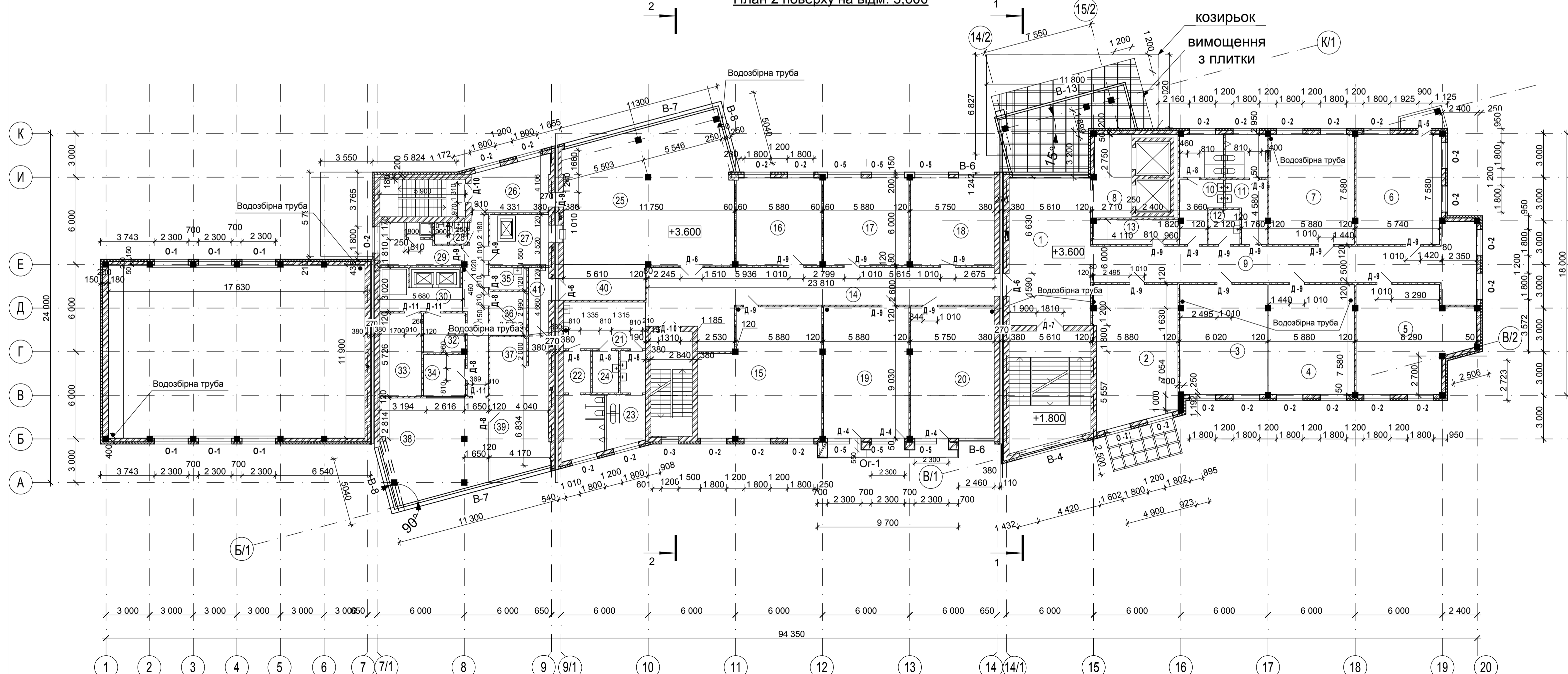
Бізнес центр в м. Кривий Ріг

Зм.	Кільк.	Аркуш	Нідок.	Підпис	Дата	Ефект від використання коротких палів у стовпчастих пильових фундаментах	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Саміленко В.В.								
Перевірив	Смоляк В.В.					Фасад в осях 20-1. Генеральний план. Відомість опорядження фасадів			ВНТУ, гр.2Б-22м
Нормоконтр.	Масвська І.В.								
Опонує									
Затвердив	Швець В.В.								
Керівник	Масвська І.В.								

План 1 поверху на відм. 0.000



План 2 поверху на відм. 3.600

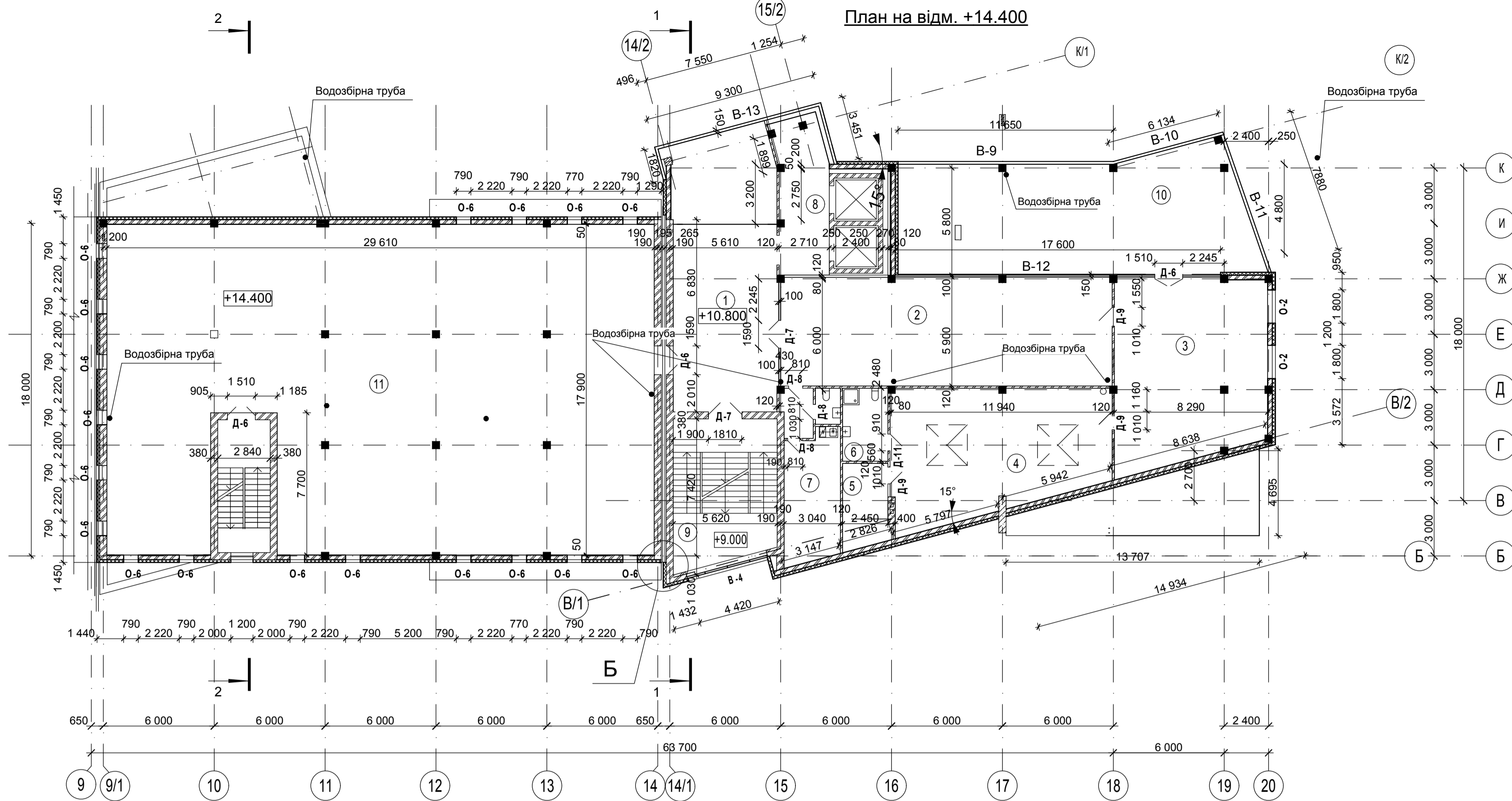


Експлікація приміщень		Площа, м <sup>2</sup>	Категорія приміщення
Номер приміщення	Найменування		
<b>Перший поверх</b>			
1	Вестибюль з рецепцією	91.56	
2	Тамбур	15.97	
3	Кімната охорони	38.78	
4	Тамбур	4.44	
5	Ліфтовий хол	15.50	
6	Коридор	52.39	
7	Робочий кабінет	35.31	
8	Робочий кабінет	35.37	
9	Робочий кабінет	80.33	
10	Робочий кабінет	67.71	
11	Коридор	106.63	
12	Приміщення відділу кадрів	19.63	
13	Навчальний клас	52.59	
14	Навчальний клас	54.09	
15	Керівник відділу кадрів	22.73	
16	Відділ кадрів	55.26	
17	Комора	18.82	
18	Вестибюль	94.78	
19	Тамбур	6.52	
20	Гардероб верхнього одягу	29.66	
21	Електрощитова	11.45	
22	Санвузол жін.	19.72	
23	Санвузол чол.	20.56	
24	Комора прибирального реманенту	2.67	
25	Фойє	97.33	
26	Зал для проведення зборів	209.19	
27	Тамбур	4.64	
28	Комора прибирального реманенту	5.27	
29	Приміщення для відходів	8.25	
30	Тамбур	4.14	
31	Місце для зберігання тари	11.21	
32	Завантажувальна	12.29	
33	Тамбур	5.52	
34	Коридор	4.37	
<b>Другий поверх</b>			
1	Хол	56.93	
2	Робочий кабінет	53.58	
3	Робочий кабінет	45.38	
4	Робочий кабінет	44.41	
5	Робочий кабінет	51.39	
6	Робочий кабінет	44.26	
7	Робочий кабінет	44.41	
8	Ліфтовий хол	15.09	
9	Коридор	74.20	
10	Санвузол (жін.)	19.54	
11	Санвузол (чол.)	18.57	
12	Комора прибирального інвентаря	5.08	
13	Комора	9.97	
14	Коридор	76.66	
15	Хол	68.00	
16	Робочий кабінет	35.33	
17	Робочий кабінет	35.33	
18	Робочий кабінет	34.61	
19	Робочий кабінет	52.94	
20	Робочий кабінет	51.84	
21	Вмивальна	18.07	
22	Санвузол	19.72	
23	Санвузол	13.78	
24	Комора прибирального інвентаря	5.33	
25	Обідня зала	108.44	
26	Коридор	18.10	
27	Мийна столового посуду	14.22	
28	Санвузол	3.22	
29	Гардероб персоналу з душового	11.22	
30	Розвантажувальна	11.91	
31	Коридор	19.06	
32	Комора овочів	7.84	
33	Комора сухих продуктів	16.33	
34	Приміщення зав. виробництвом	8.29	
35	Комора прибирального інвентаря	3.90	
36	Комора виробничого реманенту, білизняна	7.53	
37	Мийна кухонного посуду	5.04	
38	Заготівельний цех	47.44	
39	Доготівельний цех	32.94	
40	Роздавальна	14.38	
41	Коридор	7.49	

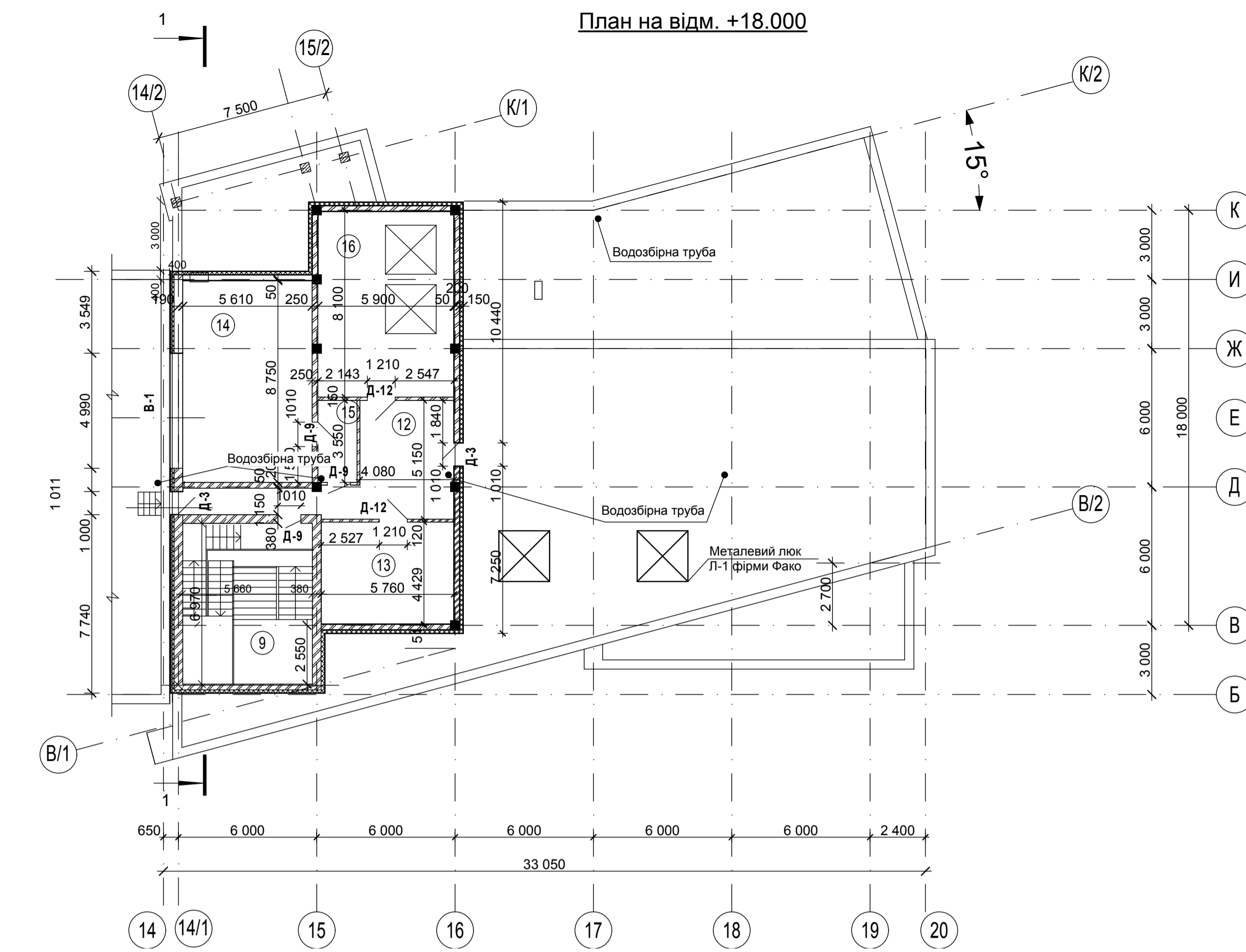
1. Даний арк. див. разом з арк. 1, 3

08-11.МКР.026 - АБ				
Бізнес центр в м. Кривий Ріг				
Зм.	Кільк.	Аркуш	Нодок	Підпис
Розробив	Саміленко В.В.			
Перевірив	Смольяк В.В.			
Нормоконтр.	Масвська І.В.			
Опонець				
Затвердив	Шець В.В.			
Керівник	Масвська І.В.			
Ефект від використання коротких паль у стовпчастих паливних фундаментах		Стадія	Аркуш	Аркушів
План першого поверху на відм. 0.000; план другого поверху на відм. 3.600		п		
ВНТУ, гр.2Б-22м				

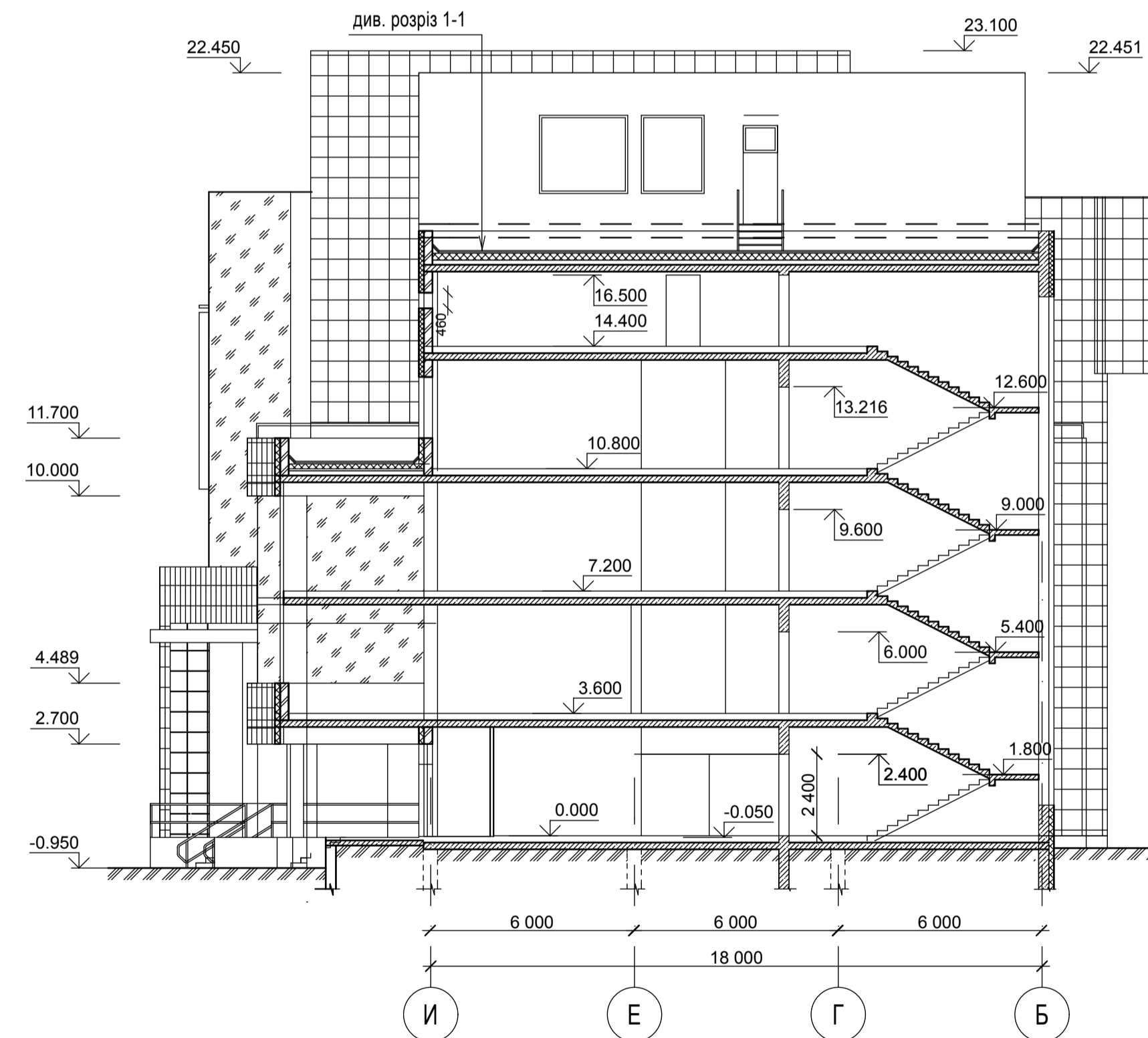
План на відм. +14.400



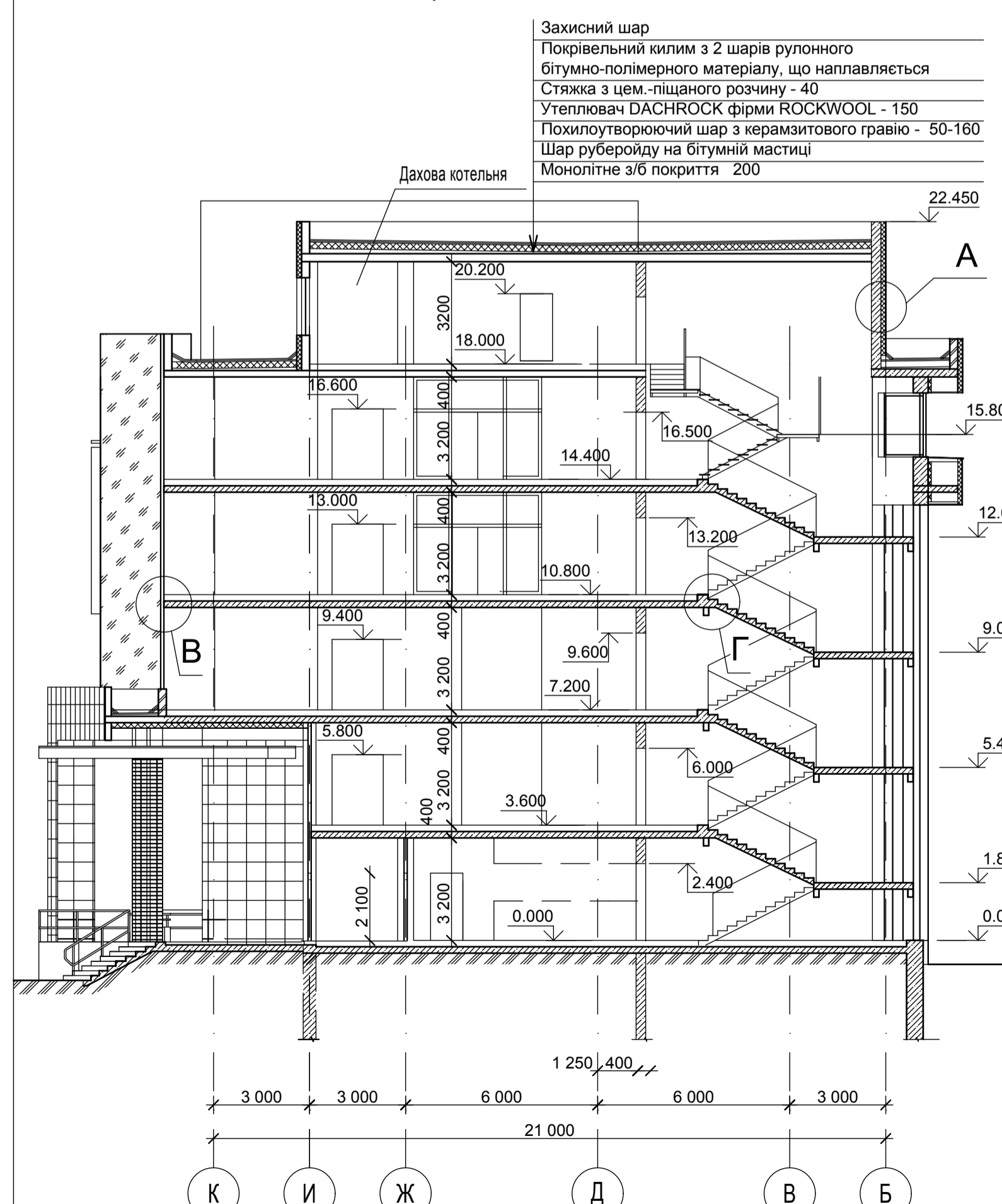
План на відм. +18.000



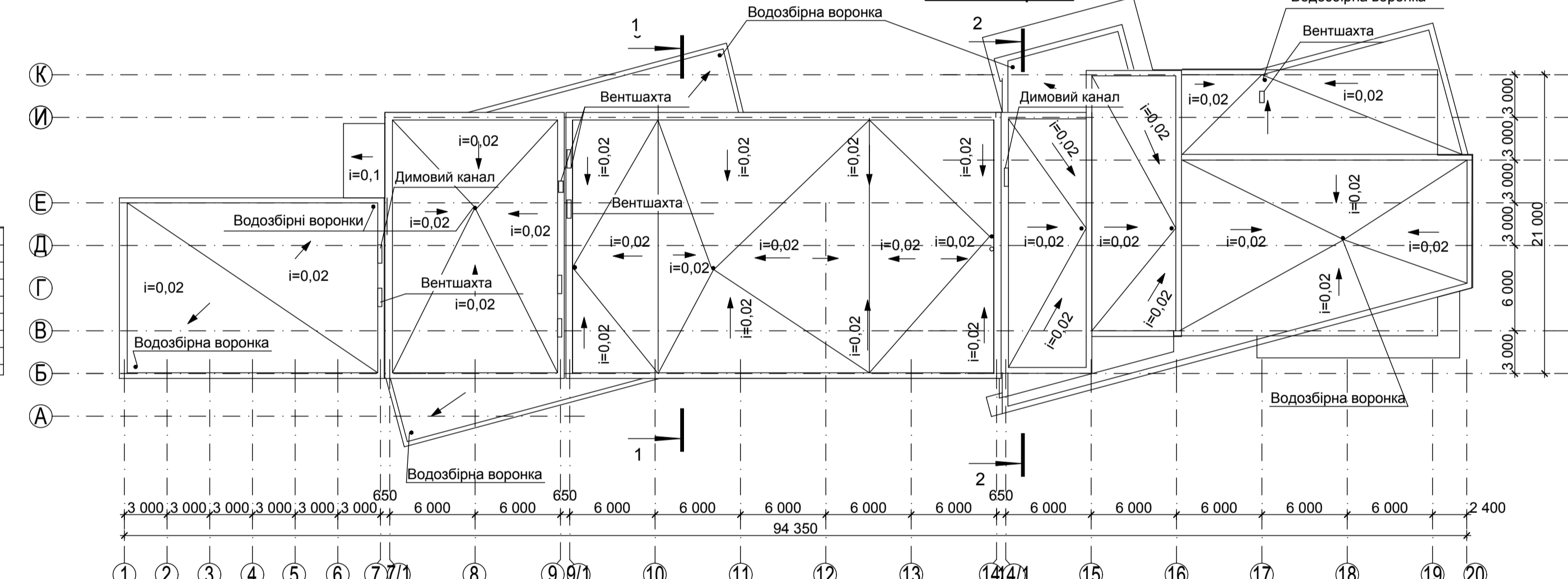
Розріз 2-2



Розріз 1-1



План покрівлі



Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м²	Категорія приміщення
<b>План на відм. +14.400</b>			
1	Хол	85.72	
2	Приміщення	105.39	
3	Кабінет генерального директора	81.01	
4	Кімната відпочинку	78.32	
5	Гардероб	11.30	
6	Санвузол	9.67	
7	Допоміжне приміщення	27.99	
8	Ліфтовий хол	22.86	
9	Сходові клітки		
10	Покрівля, що експлуатується	128.17	
11	Технічний поверх	500.80	
<b>План на відм. +18.000</b>			
12	Коридор	30.26	
13	Технічне приміщення	25.45	
14	Дахова котельня	49.09	
15	Тамбур	6.02	
16	Технічне приміщення ліфтів	47.34	

08-11.МКР.026 - АБ

Бізнес центр в м. Кривий Ріг

Зм.	Кільк.	Аркуш	Модок.	Підпис	Дата
Розробив	Саміленко В.В.				
Перевірив	Смоляк В.В.				
Нормокомтр	Масвська І.В.				
Опонент					
Затвердив	Шваць В.В.				
Керівник	Масвська І.В.				

Ефект від використання коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах

План п'ятого поверху на відм. 14.400; план шостого поверху на відм. 18.800; план покрівлі; розрізи 1-2 та 2-2; вузли

Стадія

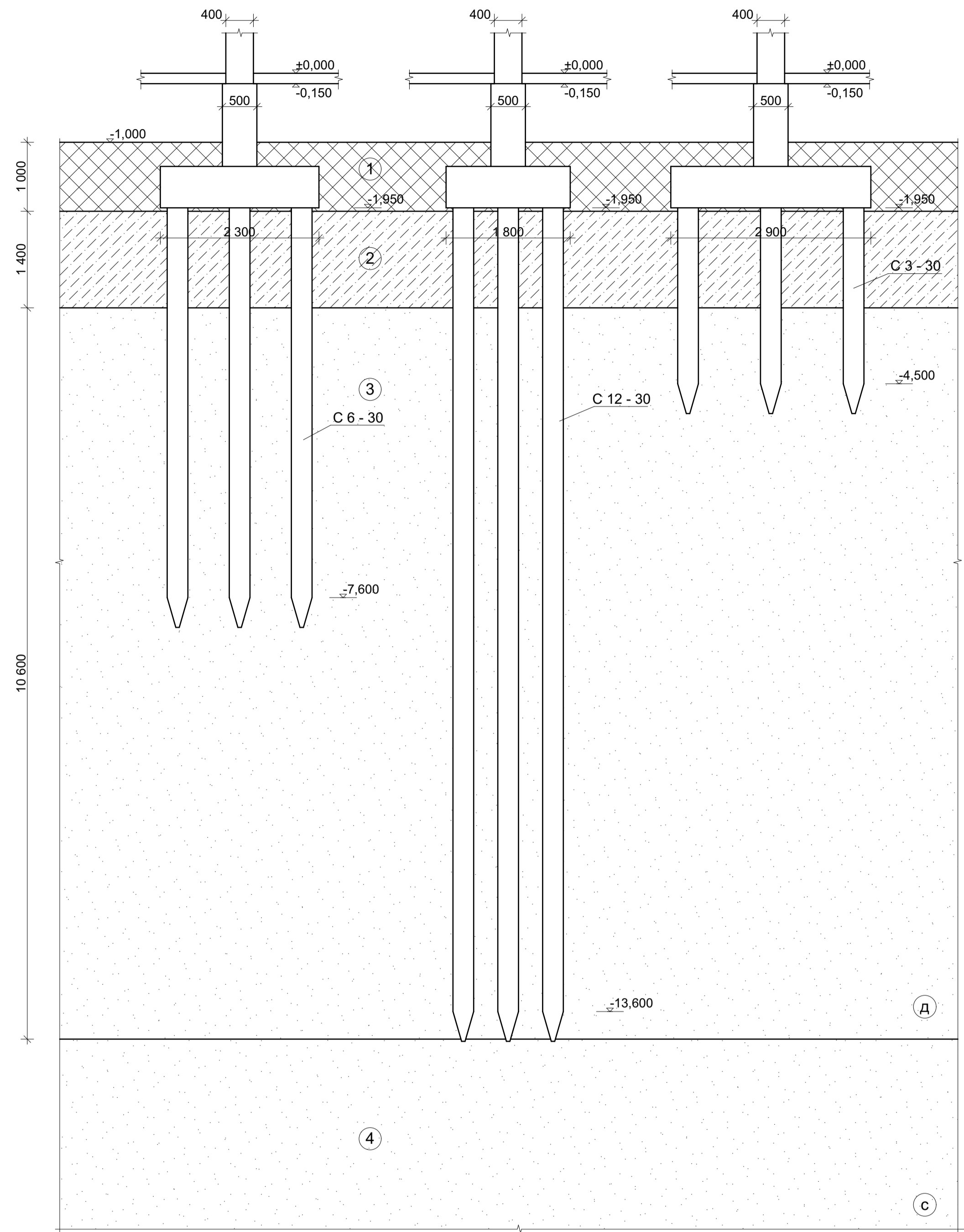
Аркуш

Аркуші

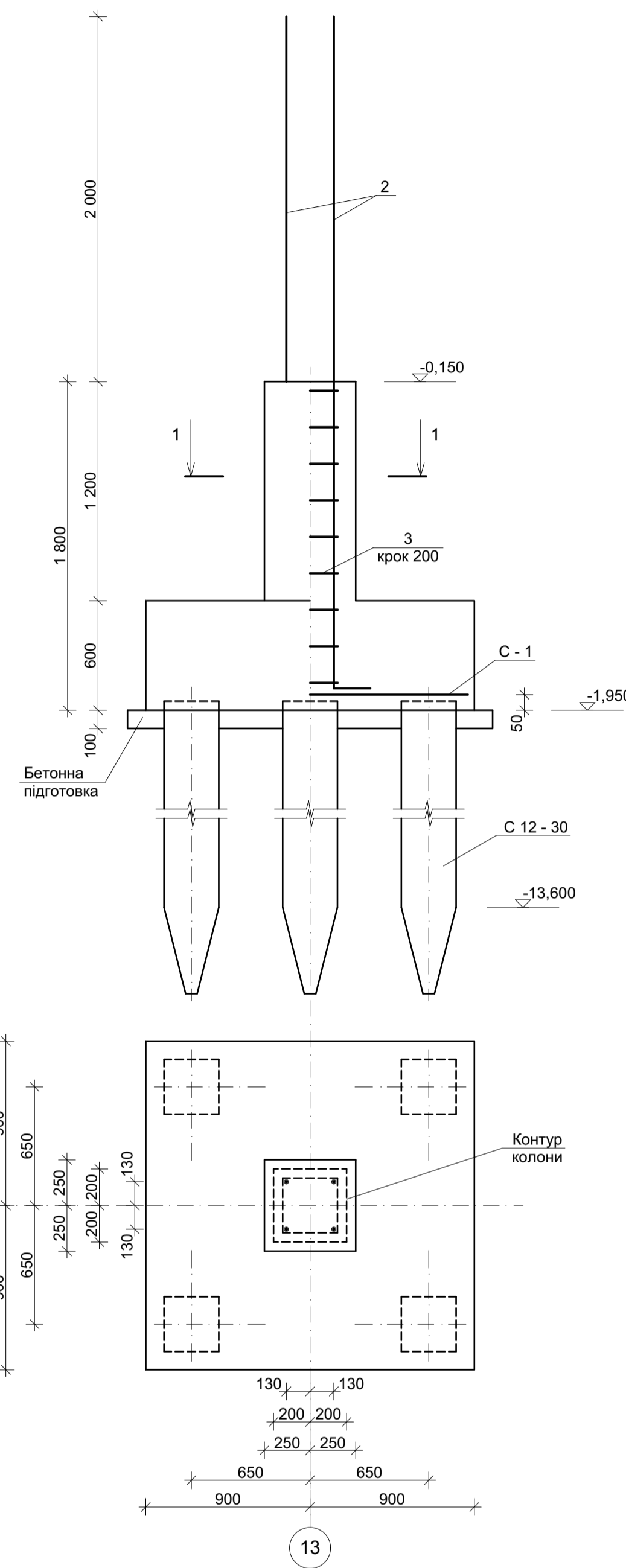
п

ВНТУ, гр.25-22м

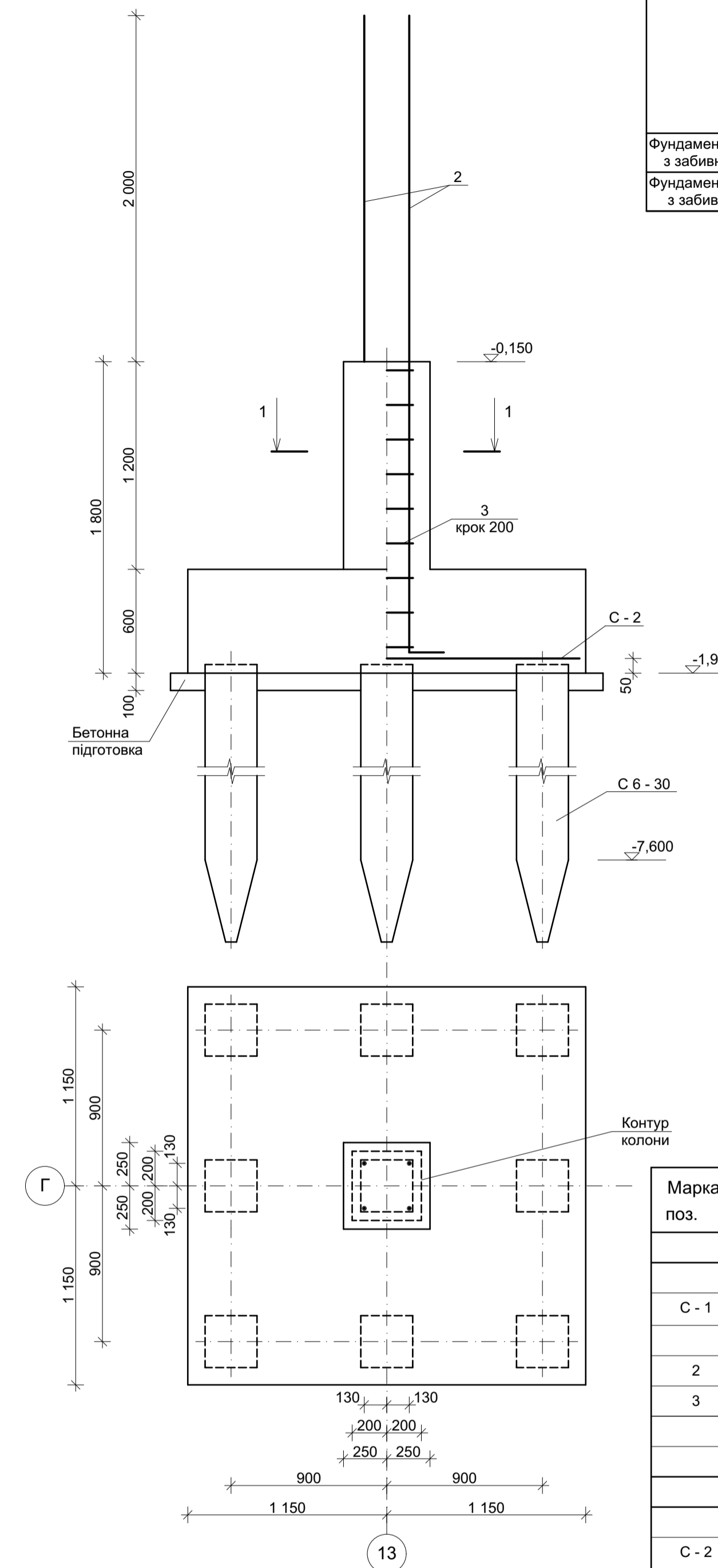
Геологічний розріз з варіантами фундаментів



Фундамент ФМ - 1 в варіанті 1 з забивних паль С 12 - 30



Фундамент ФМ - 1 в варіанті 2 з забивних паль С 6 - 30



Відомість витрати сталі, кг

Марка елемента	Вироби арматурні				Всього
	Арматура класу А 400 С		Арматура класу А 240 С		
	Ø16	Ø36	Ø8	Всього	
Фундамент ФМ - 1 в варіанті 1 з забивних паль С 12 - 30	55,6	125,6	5,49	5,49	186,69
Фундамент ФМ - 1 в варіанті 2 з забивних паль С 6 - 30	85,68	125,6	5,49	5,49	216,77

Відомість деталей

Поз.	Ескіз
2	
3	

Специфікація

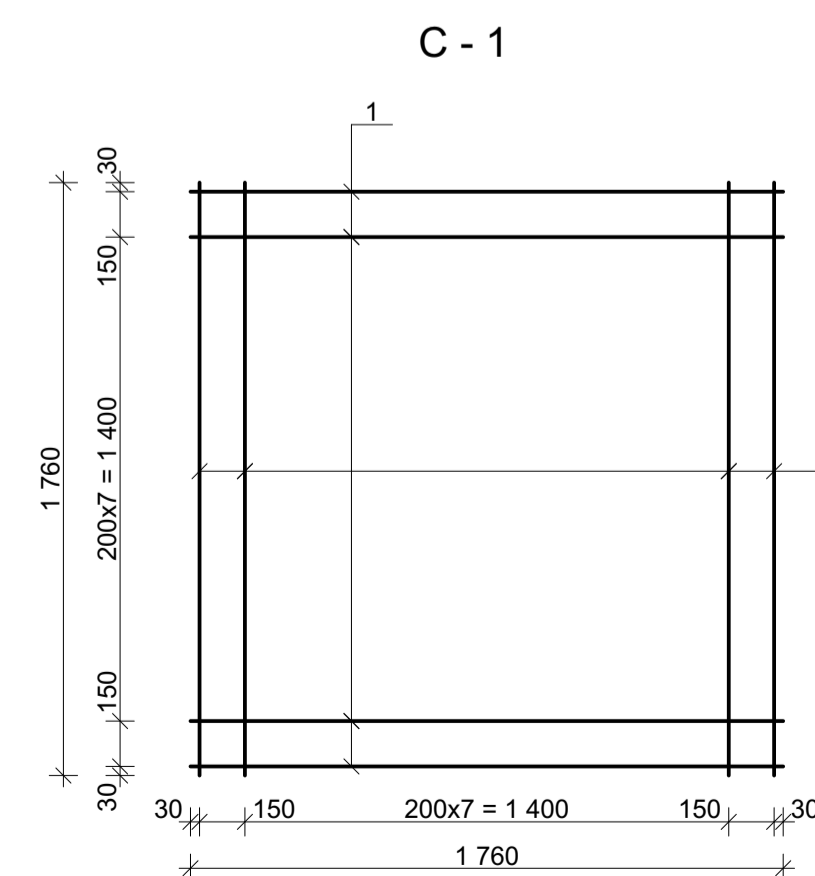
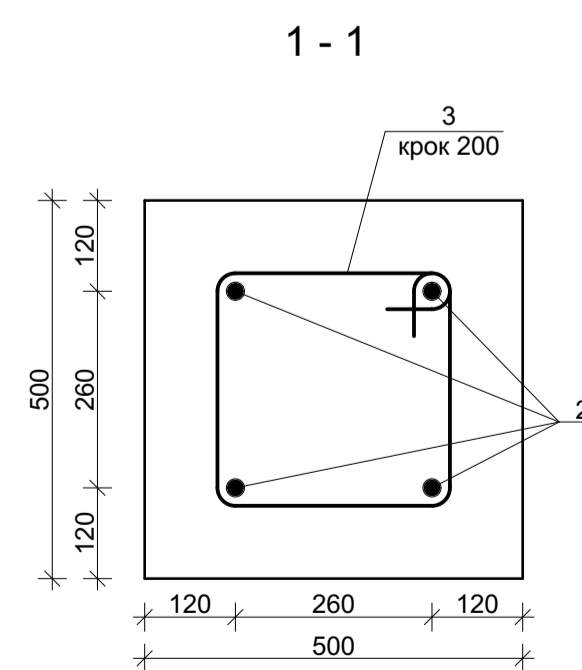
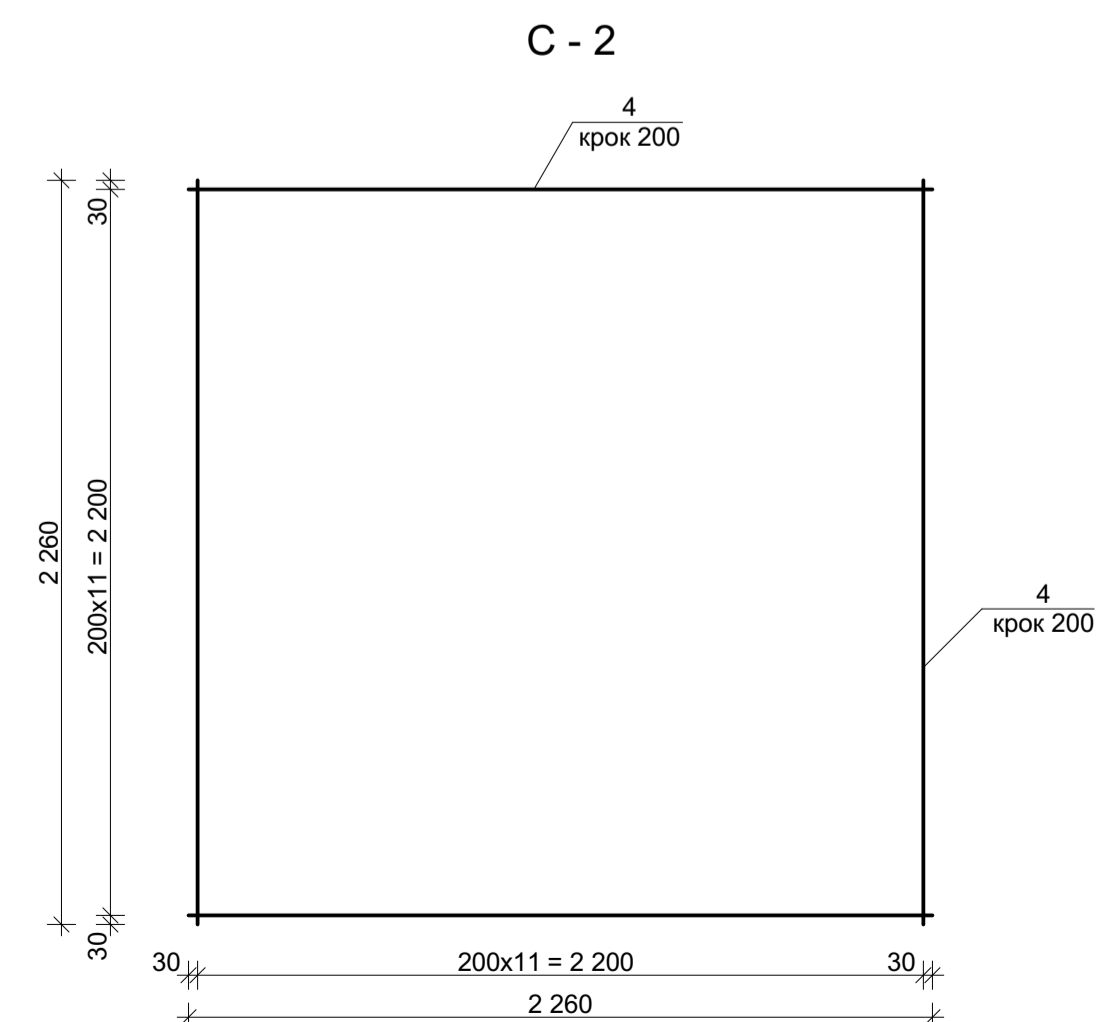
Марка поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од. кг	Примітки
Фундамент ФМ - 1 в варіанті 1 з забивних паль С 12 - 30					
Складальні одиниці					
С - 1		Сітка С - 1	1		55,6
Деталі					
2	ДСТУ 3760:2006	Ø36 А400С L = 3 930	4	31,4	125,6
3	ДСТУ 3760:2006	Ø8 А240С L = 1 540	9	0,61	5,49
Матеріали					
		Бетон С16/20			2,25 м3
Фундамент ФМ - 1 в варіанті 2 з забивних паль С 6 - 30					
Складальні одиниці					
С - 2		Сітка С - 2	1		85,68
Деталі					
2	ДСТУ 3760:2006	Ø36 А400С L = 3 930	4	31,4	125,6
3	ДСТУ 3760:2006	Ø8 А240С L = 1 540	9	0,61	5,49
Матеріали					
		Бетон С16/20			3,474 м3

Специфікація на арматурну сітку

Марка виробу	Поз. дет.	Найменування	Кіл.	Маса од. кг.	Маса виробу, кг.
С - 1	1	Ø16 А 400 С l = 1 760	20	2,78	55,6
С - 2	4	Ø16 А 400 С l = 2 260	24	3,57	85,68

Умовні позначення

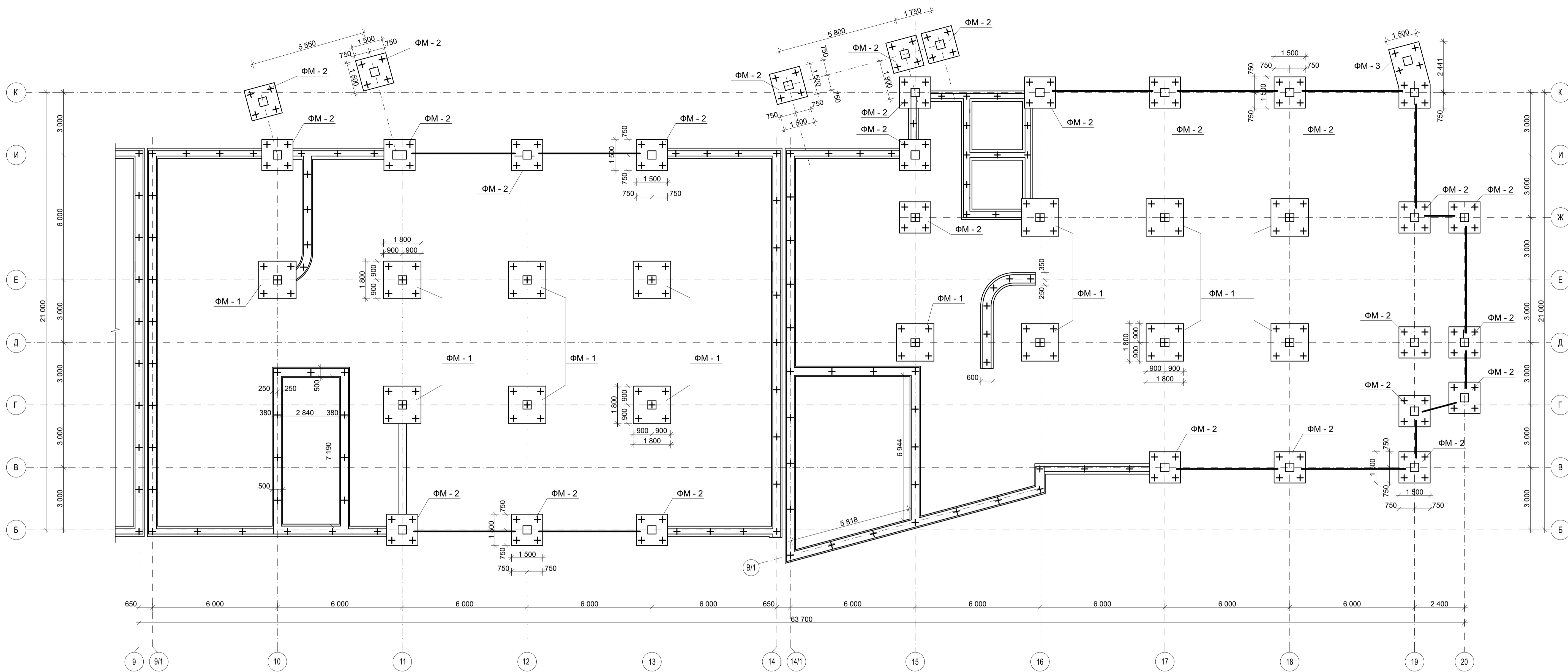
- Насипний ґрунт
- Супісок твердий
- Пісок дрібний, мало вологий, середньої щільності
- Пісок середньої крупності, середньої щільності, маловологий



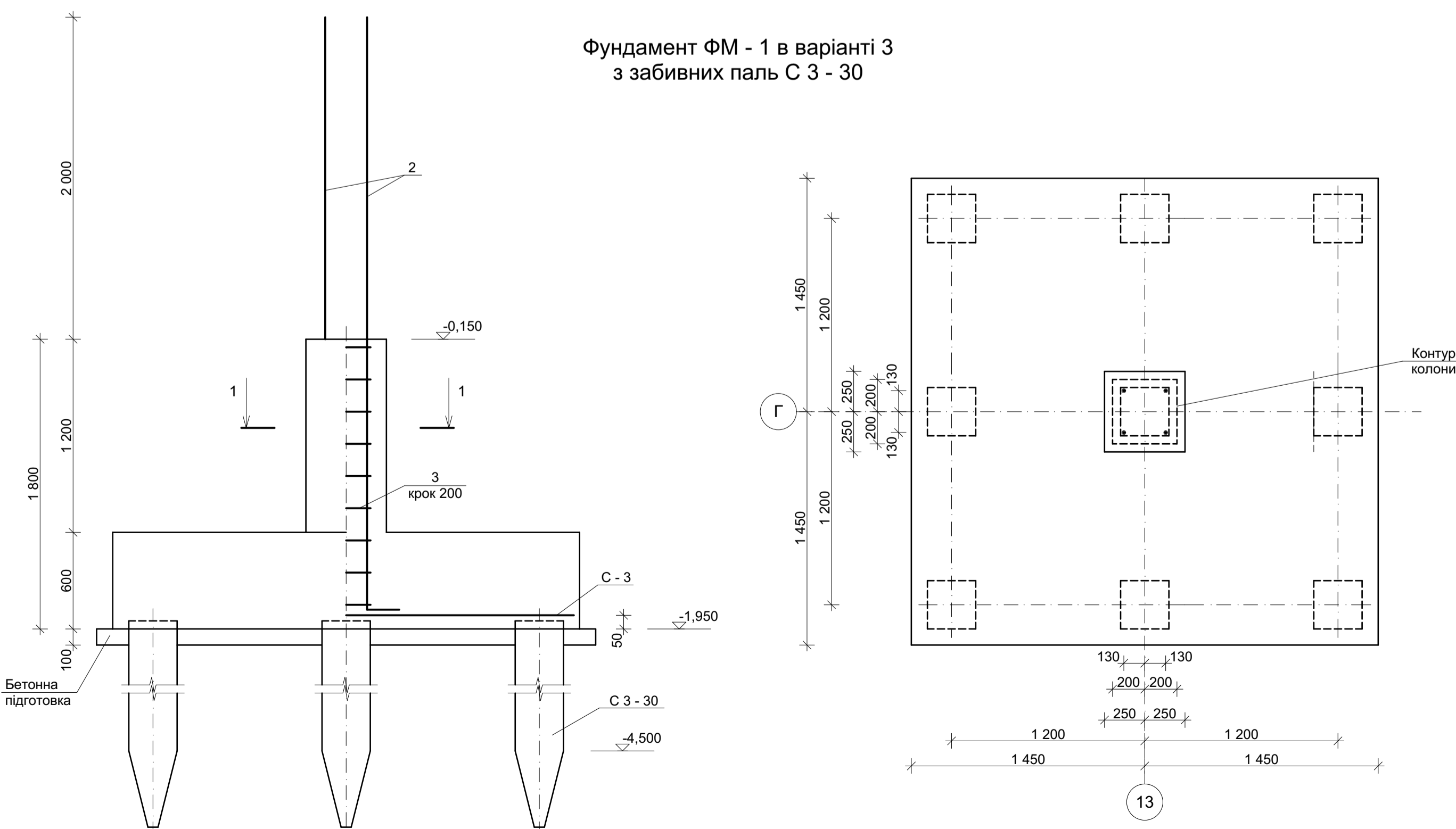
Лист № док. Підпис, дата. Зам. іл. №. Іл. № оп.

08-11.МКР.026 - КБ					
Бізнес центр в м. Кривий Ріг					
Зм.	Кільк.	Лист № док.	Підпис	Дата	
Розробив	Саміленко В.В.				
Перевірив	Мавська І.В.				
Керівник	Мавська І.В.				
Норм. контроль	Мавська І.В.				
Опонент					
Затвердив	Швець В.В.				
Ефект від використання коротких паль у стовпчастих фундаментів				Стадія	Аркуш
Геологічний розріз з варіантами фундаментів, робочі креслення фундаментів, лист С - 1, С - 2, розріз 1 - 1, відомість деталей, специфікації				П	Аркушів
					ВНТУ, гр. 2Б - 22м

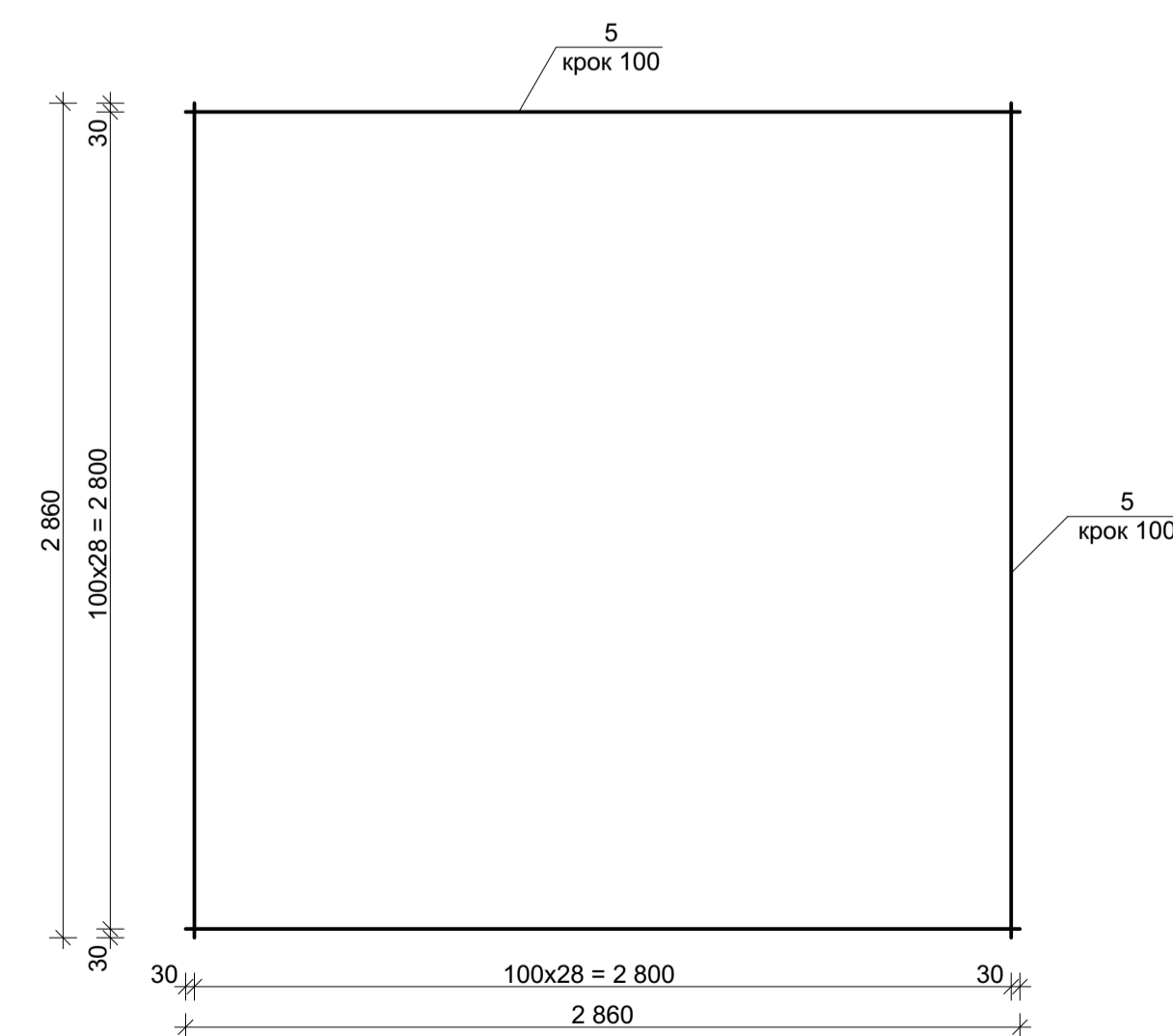
План фундаментів в осях 9 - 20



Фундамент ФМ - 1 в варіанті 3 з забивних паль С 3 - 30



С - 3



Відомість витрати сталі, кг

Марка елемента	Вироби арматурні					Всього
	Арматура класу А 400 С		Арматура класу А 240 С			
	Ø14	Ø36	Ø8	Всього		
Фундамент ФМ - 1 в варіанті 3 з забивних паль С 3 - 30	210,54	125,6	336,14	5,49	5,49	341,63

Специфікація

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од, кг	Примітки
Фундамент ФМ - 1 в варіанті 3 з забивних паль С 3 - 30					
Складальні одиниці					
С - 3		Сітка С - 3	1		210,54
Деталі					
2	ДСТУ 3760:2006	Ø36 А400С L = 3 930	4	31,4	125,6
3	ДСТУ 3760:2006	Ø8 А240С L = 1 540	9	0,61	5,49
Матеріали					
		Бетон С16/20			5,346 м3

Специфікація на арматурну сітку

Марка виробу	Поз. дет.	Найменування	Кіл.	Маса од. кг.	Маса виробу, кг.
С - 3	1	Ø14 А 400 С l = 2 860	58	3,63	210,54

08-11.МКР.026 - КБ

Бізнес центр в м. Кривий Ріг

Зм.	Кільк.	Лист № док.	Підпис	Дата	Ефект від використання коротких паль у стовпчастих паливових фундаментах	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Саміренко В.В.							
Перевірив	Мавська І.В.							
Керівник	Мавська І.В.							
Норм. контроль	Мавська І.В.							
ОпONENT								
Затвердив	Швець В.В.							

## ВІДГУК

### керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента (ки) Саміленко Вадима Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Ефект від використання коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах

Питання підвищення ефективності конструктивного рішення фундаментів завжди залишається актуальним. У даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджена реалізація роботи ростверку і паль у складі стовпчастого пальового фундаменту в залежності від довжини паль, відстані між палями, виду паль і виду ґрунтів. Акцент зроблений на виявленні особливостей роботи кушів з коротких паль. Встановлено, що ступінь реалізації несучої здатності паль і ростверку у складі пальового фундаменту з коротких паль перевищує ступінь реалізації відповідних елементів у фундаментах з довгих паль. Врахування реальної роботи паль і ростверку у складі пальового фундаменту за результатами досліджень дозволяє при переході до фундаментів з коротких паль з широкими ростверками економити матеріальні та трудові ресурси під час проведення будівельних робіт.

Робота відповідає виданому завданню і вимогам до магістерських кваліфікаційних робіт.

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

Магістерська робота містить розділи, присвячені аналізу стану питання та математичному моделюванню за допомогою програмного комплексу Plaxis 3D Foundation. При математичному моделюванні перевірявся вплив довжини і кроку паль на розподіл зусиль між елементами пальового фундаменту. Розглядалась також робота пальових фундаментів з двох різних видів паль у двох видах ґрунтів. Студент показав ерудицію та знання фахової літератури.

Магістерська робота містить технічний розділ, де розроблена конструкторська документація на будівлю бізнес центра у м. Кривий Ріг з проробкою типового конструктивного рішення фундаментів та двох рішень фундаментів, заснованих на результатах досліджень. В розділі економіки визначено, що використання результатів досліджень дозволяє оптимізувати проєктне рішення пальового фундаменту з одержанням економічного ефекту.

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

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

По роботі слід відзначити такі недоліки:

1. Не допрацьоване визначення економічної ефективності при переході від довгих до коротких бурових палів.
2. При математичному моделюванні бажано б було розглянути більшу кількість типів ґрунтів.

Підготовка студента Саміленко В. В. 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)

(підпис)

І. В. Маєвська

(ініціали, прізвище)

## ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу

студента(ки) Саміленка Вадима Вікторовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Ефект від використання коротких паль у стовпчастих пальових фундаментах

Тема магістерської кваліфікаційної роботи є актуальною оскільки досліджує підвищення ефективності конструктивних рішень при реалізації фундаментів.

Метою роботи є дослідження ефективності використання коротких паль у складі стовпчастих пальових фундаментів у порівнянні з довгими. Робота присвячена зменшенню економічних витрат на облаштування фундаментів будівель без втрати їх несучої здатності.

В першому розділі роботи проведено аналіз сучасного стану питання з дослідження роботи стовпчастих пальових фундаментів з паль різної довжини. Другий розділ присвячено плануванню і проведенню чисельного моделювання роботи систем стовпчастих ростверк – палі – ґрунт. В третьому розділі проведено аналіз ефективності використання коротких паль у складі стовпчастих пальових фундаментів. В четвертому розділі запропоновано основні архітектурно-будівельні рішення для будівлі бізнес центру в м. Кривий Ріг Дніпропетровської області. П'ятий розділ присвячено обґрунтуванню питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. В шостому розділі проведено економічний аналіз та порівняно кошториси трьох варіантів реалізації фундаменту.

Висновки у роботі є повними та обґрунтованими.

Магістерська кваліфікаційна робота оформлена якісно.

Магістром було дотримано графік виконання роботи.

Усі проектні рішення достатньо обґрунтовані, креслення оформлені згідно норм та стандартів.

Робота може бути реалізована в практиці промислового та цивільного будівництва.

В МКР можна відзначити наступні недоліки:

- 1) відсутність прикладів реалізації фундаменту з використанням коротких паль в Україні;
- 2) незначна кількість промодельованих ґрунтів під час дослідження.

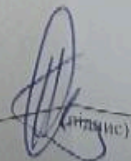
Магістерська кваліфікаційна робота виконана на достатньому рівні та при відповідному захисті заслуговує на оцінку «А» (відмінно).

Студент Саміленко Вадим Вікторович заслуговує присвоєння кваліфікації магістр зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво».

Опонент

Доц. каф. ІСБ, к.т.н.

(посада, науковий ступінь, членство звання)



Н. М. Слободян

(ініціали, прізвище)