

АНОТАЦІЯ

УДК 624.15

Буйлук В. В. Прикладні дослідження поведінки пірамідалиних паль. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – будівництво та цивільна інженерія, освітня програма – промислове та цивільне будівництво. Вінниця: ВНТУ, 2021. 128 с. 13 аркушів технічної частини.

На укр. мові. Бібліогр.: 84 назв; рис.: 25; табл. 21.:

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена актуальному питанню доопрацювання і прикладання розрахунково-теоретичного апарату проектування за числовим методом граничних елементів пірамідальних паль.

В роботі виконано числові дослідження впливу кута зсуву пірамідальних паль на їх несучу спроможність, МГЕ дозволив виявити нові теоретичні підходи до актуального питання геомеханіки – удосконалення максимально адекватної моделі ґрунту для проведення проектних практичних розрахунків по визначенню несучої спроможності пірамідальних паль.

Розроблений метод враховує використання восьми фізико-механічних властивостей основ фундаментів.

Загальні закони механіки ґрунтів з метою їх практичного прикладання сформульовано в роботі у вигляді визначальних законів (у вигляді рівнянь стану).

З позицій механіки дисперсного середовища викладено уявлення про особливості поведінки під навантаженням паль, Теоретичні питання висвітлені в об'ємі, що дозволяє продумано підійти до оцінки роботи дилатансійних ґрунтів в основах фундаментів і проектування їх за межами пружності.

Теоретичні питання висвітлені в об'ємі, що дозволяє проводити оцінку роботи ґрунтів в основах фундаментів і проектування їх за межами пружності. Наведено послідовність розрахунку пірамідальних паль за комп'ютерною технологією на основі МГЕ.

Ключові слова: Несуча спроможність, пірамідальна паля, метод граничних елементів.

SUMMARY

Buyluk V.V. Applied studies of the behavior of pyramidal piles. Bachelor's thesis in specialty 192 - construction and civil engineering. Vinnitsa: VNTU, 2021. 128 p. In Ukrainian language. Bibliographer: 84 titles; fig.: 25; tabl. 21.

The master's qualification work is devoted to the topical issue of completion and application of the computational and theoretical apparatus of design by the numerical method of the boundary elements of pyramidal piles.

Numerical studies of the influence of the shear angle of pyramidal piles on their bearing capacity were performed.

The developed method takes into account the use of eight physical and mechanical properties of the foundations.

The general laws of soil mechanics for the purpose of their practical application are formulated in the work in the form of defining laws (in the form of equations of state).

From the standpoint of the mechanics of the dispersed medium, an idea of the peculiarities of the behavior under the load of piles is set out.

Theoretical issues are covered in the volume, which allows to assess the performance of soils in the foundations and their design outside the elasticity. The sequence of calculation of pyramidal piles by computer technology based on

MGE is given.

The application of numerical MGE to the solutions of practical problems of geomechanics, the process of subsidence of bases and allowable loads on them is substantiated by theoretical calculations, supported and illustrated by numerical data.

The master's thesis provides solutions to the technical and economic sections for the building, feasibility study of the effectiveness of decisions, safety issues and life safety

Key words: Lack of ability, paramount, method of boundary elements.

Відомість аркушів графічної частини

Аркуш	Найменування	Примітки
1	Тема: Прикладні дослідження поведінки пірамідальних паль.	Плакат
2	Мета і задачі дослідження.	Плакат
3	Наукова новизна одержаних результатів:	Плакат
4	Зони ущільнення та дерормацій у пірамідальної та призматичної паль.	Плакат
5	Схема дискретизації бокової поверхні та активної зони пірамідальних паль.	Плакат
6	Аналіз і узагальнення результатів досліджень.	Плакат
7	Результати числового прогнозу за МГЕ.	Плакат
8	Результати числового прогнозу за МГЕ після замочування.	Плакат
9	Висновок.	Плакат
10	План 1-го поверху. План типового поверху. Розріз 1-1.	
11	План покрівлі. Фасад П -А. Фасад А –П. Фасад 15-1.	
12	Генеральний план. Розріз 2-2. Фасад 1-15.	
13	План фундаментів. Геологічний розріз з трьома варіантами фундаментів.	

ЗМІСТ

ВСТУП	5
--------------------	---

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ДИСПЕРСНИХ ГРУНТІВ ТА СТАН ПИТАННЯ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ	10
1.1. Особливості поведінки під навантаженням пірамідальних паль.....	10
1.2. Пластичність деформування дисперсного ґрунту.	12
1.3. Питання розрахунку основ і фундаментних конструкцій, що на них опираються, в світі сучасного стану механіки ґрунтів	14
1.4. Основні положення дилатансійної моделі	20
1.5. Основи числового МГЕ	21
1.6. Елементи теорії потенціалів	26
1.7. Метод зважених нев'язок	29
1.8. Етапи розрахунку за МГЕ	30
1.9. Висновок по розділу	30

РОЗДІЛ 2.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ	31
2.1 Числовий розв'язок просторової контактної задачі геотехніки про вплив кута конусності на роботу пірамідальних паль під навантаженням	31
2.2. Методика розрахунку	36
2.3. Висновок по розділу	40

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
3.1 Дослідження взаємодії ґрунту з пірамідальними палями.....	42
3.2 Етапи визначення НДС пірамідальної палі	45

3.3. Висновок по розділу.....	47
-------------------------------	----

РОЗДІЛ 4.

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	48
-------------------------------	----

4.1 Архітектурно-будівельні рішення.....	48
4.1.1. Район будівництва.....	48
4.1.2. Природно-кліматичні характеристики району будівництва.....	48
4.1.3. Генеральний план.....	48
4.1.4. Об'ємно-планувальні рішення.....	50
4.1.5. Художньо- естетичне рішення.....	50
4.1.6. Архітектурно- конструктивне рішення.....	51
4.1.7. Теплотехнічний розрахунок стіни з ефективним утеплювачем.....	55
4.1.8. Інженерне обладнання.....	59
4.1.9 Електромеханічна частина.....	60
4.1.10 Протипожежні заходи.....	63
4.1.11 Санітарні умови та вимоги.....	64
4.2 Основи і фундаменти.....	65
4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчику... ..	65
4.2.2 Збір навантажень на фундаменти.....	65
4.2.3 Обґрунтування вибору варіантів фундаментів і їх глибини закладання.....	68
4.2.4 Проектування фундаменту у варіанті забивних паль.....	73
4.2.5 Розрахунок фундаменту мілкового закладання за міцністю тіла.....	87
4.2.6 Проектування фундаменту у варіанті пірамідальних паль.....	91
4.2.7. Висновок технічної частини.....	94

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	95
--	----

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	96
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць при улаштуванні штучних основ і фундаментів	97

5.1.2 Електробезпека.....	99
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	101
5.2.1 Мікроклімат.....	102
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	102
5.2.3 Виробниче освітлення.....	103
5.2.4 Виробничий шум	105
5.2.5 Виробничі вібрації.....	106
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	108

РОЗДІЛ 6.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів.....	115
6.2 Порівняльні кошторисні розрахунки вартості та трудомісткості фундаментів.....	116
6.3 Висновок по розділу.....	117

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

Додаток А протокол перевірки МКР.....	129
Додаток Б Локальний кошторис на будівельні роботи	130

ВСТУП

Основа – це напластування ґрунтів, що сприймають тиск від споруди. Фундамент – підземна конструкція, яка передає тиск на ґрунти, що лежать на деякій глибині. Ґрунтам основи властиві в тисячу раз більша деформативність і в сотні раз менша міцність, ніж матеріалам, з яких зводяться наземні конструкції споруд. Тому благополучне існування споруди залежить від величини нерівномірності деформацій ґрунтів основи та характеру розподілення навантаження по подошві фундаменту.

Фундаментобудування займає важливе місце в будівництві нашої країни. В зв'язку з цим особливу актуальність набувають питання подальшого розвитку методів їх проектування. Специфікою дисперсних ґрунтових середовищ є те, що їх деформації в основному визначаються зміною об'єму пор між частинками, в той час, як деформацією безпосередньо частинок можна знехтувати.

Конструктивне призначення фундаменту складається з того, щоб акумулювати всі навантаження від будівлі і передати їх на ґрунти основи. Звідси витікає, що при визначенні габаритних параметрів фундаменту (глибина закладання, висота, розміри подошви) мають враховуватись фізичні і механічні властивості ґрунтів основи. В тілі фундаменту здійснюється розсіювання напружень і питомий тиск на ґрунт буде менший ніж питомий тиск на рівні обрізу фундаменту.

Розвиток техніки привів до гострої необхідності підняття точності інженерних розрахунків і переводу їх на більш складну основу. В інженерній практиці все більше прикладання знаходять диференціальні рівняння в частинних похідних. При цьому на практиці часто є неможливим отримання точних чи аналітичних рішень цих задач і приходиться використовувати наближені числові методи.

В МКР показано прикладання МГЕ до рішення нелінійних задач механіки ґрунтів. Приведено результати числового розв'язку нелінійної задачі поведінки під навантаженням пірамідальної палі.

Розрахунки основ споруд виконуються за двома ніяк не пов'язаними між

собою групами граничних станів: за деформаціями (у всіх випадках), за несучою спроможністю (в особливих випадках). Під час визначення несучої здатності ґрунтів не визначають деформацію, під час визначення осідань напруження обмежується величиною, що не відповідає несучій здатності ґрунту. Сучасні задачі проектування основ потребують аналізу НДС основи у всьому діапазоні «навантаження-осідання».

Для сьогодення математичне прогнозування — одне із головних і найбільш економічних прийомів теоретичних і прикладних досліджень актуальних проблем науки та народного господарства. Прогнозування осідань основ фундаментів являє одну із найбільш складних задач механіки ґрунтів.

На теперішній час відомі біля 20 методів розрахунку осідань фундаментів. Та в проектній практиці в більшості випадків використовують лише декілька (пошарове підсумовування, метод лінійно деформованого шару, шару обмеженої товщі, еквівалентного шару, лінійно деформованого півпростору).

Область застосування тих чи інших методів розрахунку обмежуються різними умовами, що витікають із урахування інженерно-геологічних умов будівельного майданчика, розмірів та форми фундаменту, розрахункових схем, деформативності ґрунтів. На сьогодні, постає задача дослідження НДС споруд за допомогою ЕОМ та сучасних числових методів, що забезпечує економічне та надійне проектне рішення. Тому тема пружно-пластичного розрахунку економічних пірамідальних паль є актуальна та має важливе як прикладне, так і наукове значення.

Актуальність теми

Робота присвячена актуальній темі – впровадженні сучасних методів розрахунку економічного виду паль (пірамідальних), які мають суттєві переваги в порівнянні з широко розповсюдженими фундаментами мілкового закладання та призматичними палями. Здійснений огляд сучасного стану наукових досліджень відмічає, що сучасні методи розрахунку пірамідальних паль недостатньо повно охоплюють їх роботу під вертикальним навантаженням. Є потреба в застосуванні сучасних числових методів, які дають змогу враховувати

геометричні характеристики паль та деформативні показники ґрунту. Так, актуальним є питання впливу кута нахилу бокових граней пірамідальної палі на її опір вертикальному навантаженню, що забезпечує вибір найбільш раціональної форми пірамідальних паль з точки зору зменшення витрат матеріалів і скорочення затрат енергії на заглиблення пірамідальних паль. Є можливість удосконалення використання моделей пружно-пластичного тіла.

В будівництві все має бути передбачене в проектні майстерні і міцність і економічна доцільність. Балансування на “краю пропасті” потребує точного математичного апарату.

Тому тема МКР, яка пов’язана з питаннями геомеханіки та фундаментобудування з актуальна.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Магістерська кваліфікаційна робота виконана згідно кафедральної Науково - дослідної роботи № 60К1/14 «Дослідження НДС системи будівля-фундамент-основа в цілому та окремих її елементів і інноваційних технологій автоматизованого проектування, документування і управління проектних об’єктів у будівництві».

Мета і задачі дослідження

Метою дослідження є доопрацювання розрахунково-теоретичного апарату проектування пірамідальних паль за числовим методом граничних елементів.

Для досягнення поставленої мети в МКР вирішено наступні задачі:

- проаналізовано нормативні документи і наукові роботи в дослідній області;
- проведено обґрунтування теоретичних основ;
- проведено числові дослідження НДС пірамідальних паль та порівняння з експериментальними результатами.

Об’єкт дослідження

Об’єктом дослідження є проблеми проектування, експлуатації, взаємодії основ і пірамідальних паль споруд.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є НДС та взаємодія основи з пірамідальними палями під дією статичних навантажень.

Методи дослідження

До методів дослідження відносяться: аналіз стану питання, нормативних і літературних джерел, науково-технічних досягнень, аналітичні дослідження з залученням методів теорії пружності та теорії пластичної течії. Методи розв'язування задач фундаментобудування з використанням теорії граничної рівноваги, числовий метод МГЕ для моделювання НДС системи «основа-фундамент», порівняльний аналіз результатів числового математичного моделювання з експериментом та аналогічними даними відомих рішень.

Наукова новизна одержаних результатів

- Виявлена фізична суть задачі та показано її особливості на числовому прикладі дослідження впливу кута конусності пірамідальної палі на її НДС.
- Удосконалено метод, що поєднує в рамках однієї математичної моделі можливість проводити розрахунок фундаментів за двома групами граничних станів: деформацій та несучої спроможності.
- Отримано подальший розвиток методики розв'язку пружнопластичної задачі геомеханіки за числовим МГЕ. На моделі можна експериментувати та отримувати оптимальні розв'язки. Моделі властивий чіткий фізичний зміст. Модель дозволяє відтворювати зміну вхідних параметрів в процесі деформування, оскільки, як відомо, рух веде до зміни структури системи. Модель задовільняє вимогам збіжності існування та стійкості розв'язків.

Практичне значення одержаних результатів полягає у:

- можливості використанні для визначення несучої здатності пірамідальних палей в проектних організаціях;
- результати визначення НДС використано в рамках науково-технічного супроводу проектування та будівництва об'єктів у науково-дослідних організаціях;

- використанні у навчальному процесі факультету ФБТЕГП ВНТУ за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок магістранта

– Аналіз нормативних документів, наукових матеріалів, в яких відображено наукові розробки по взаємодії пірамідальних паль з ґрунтовою основою.

– Збір вхідних даних (інженерно-геологічних показників ґрунтової основи, геометричні розміри палі);

– дискретизація бокової поверхні та активної зони системи «основа-пальовий фундамент»;

– аналіз числових результатів досліджень.

Апробація результатів магістерської роботи та публікації

Буйлук В.В., Меть І.М. Прикладні дослідження пірамідальних паль.

Енергоефективність в галузях економіки України-2021: міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 23-25 листоп. 2021р. Вінниця, 2021

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/view/14119>

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ДИСПЕРСНИХ ГРУНТІВ ТА СТАН ПИТАННЯ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ

1.1 Особливості поведінки під навантаженням пірамідальних паль

Будівництво потребує напрацювання інженерно-фізичних передумов для розрахунку взаємодії споруди і основи. Виникла необхідність в практичному визначенні фізичних процесів деформування і руйнування дисперсних ґрунтів від дії зовнішніх навантажень і в створенні методів розрахунку ґрунтових основ.

Фундаментобудування має своєю метою розрахунок і конструювання споруд в ґрунтах. Основною задачею при цьому є будівництво споруд з достатнім ступенем надійності. Порівняльно невелика кількість аварій показує, що інженери будівельники справляються з поставленою задачею. В значній мірі це пояснюється використанням досвіду, накопиченого при будівництві в минулому. Та сучасність ставить нові задачі. Висотне будівництво, реконструкція, потребують знання реальних дилатансійних властивостей дисперсних ґрунтів та особливостей поведінки в них раціональних видів фундаментних конструкцій (пірамідальних паль), і попереднього досвіду недостатньо. [1].

Із будівельної практики відомо, що на характер поведінки фундаментної конструкції впливають властивості навколишнього ґрунту. Зони пластичних зсувів в основах викликають перерозподіл контактних тисків. Явище перерозподілу напружень в більшості випадків призводить до зменшення зусиль[2]

Пірамідальна паля є важливим конструктивним елемент промислового, цивільного, гідротехнічного будівництва. Працюючи в основі під навантаженням *врознір* пірамідальні палі передають на ущільнений ґрунт

боковою поверхнею незначні нормальні тиски, чим і обумовлюються їв високі величини опору навантаженням при гранично допустимих осіданнях. [3].

Характерною особливістю пірамідальних паль є те, що в процесі заглиблення їх завдяки своїй клиновидній формі вони максимально ущільнюють ґрунт по всі бокові поверхні та утворюють навколо заглибленої палі ущільнений об'єм ґрунту з високим значенням загального модуля деформації E . Розміри поперечного перетину цієї ущільненої зони в 2-2.5 рази перебільшують розміри поперечного перетину палі, а зона деформацій не виходить за межі зони ущільнення [4]. На підстиляючу зону ґрунту вони в різниці від призматичних паль передають відносно невелике питоме навантаження. Характер роботи з ґрунтом призматичної палі кардинально відрізняється від роботи пірамідальної палі. Бокова поверхня призматичної палі не передає на ґрунт нормальних тисків, а працює на тертя. Нормальні тиски передаються на ґрунт підшоною. Зона деформацій навколо стовбура утворюється в результаті тертя при осіданні палі, а під підшоною – від дії нормальних тисків.

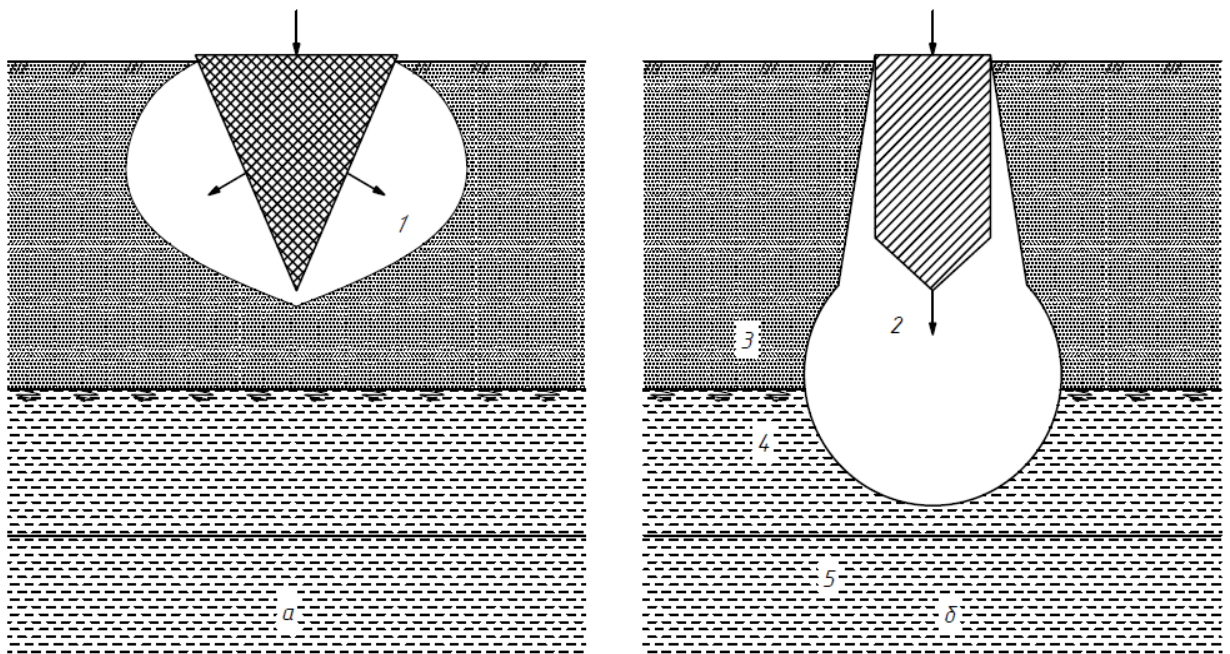


Рисунок 1.1 – Зони ущільнення та дерормацій у пірамідальної та призматичної паль

Невеликі розміри пірамідальних паль дозволяють простими механізмами виконувати будівельні роботи по влаштуванню палювих фундаментів в самі

стислі терміни. Навантаження, що сприймає пірамідальна паля, повністю передається на ущільнену основу бокової поверхні. Тобто, **зона деформацій від навантаження в пірамідальні палі не виходить за границі зони ущільнення.**

Вони забезпечують стійкість та довговічність будівель. Тому напрацювання математичної моделі деформування ґрунту при заглибленні в нього пірамідальних палей, виходячи з уявлень про відносне переміщення зерен в гранульованому матеріалі ґрунту є актуальною задачею. Ця модель є відправним шляхом для розв'язку широкого кола задач, що мають безпосереднє інженерне прикладання.

1.2. Пластичність деформування дисперсного ґрунту

Характерною і найбільш яскравою особливістю ґрунту є переважно пластичне його деформування практично з моменту завантаження. [5]. Розвиток пластичних (залишкових) деформацій, які складають більшу частину повних деформацій, формує нелінійну залежність $\sigma - \varepsilon$, що обумовлює потребу враховувати в геомеханіці цю особливість ґрунту.

Геомеханіка базується [20] на фундаментальних положеннях механіки суцільних середовищ, та ці положення є необхідними, але не достатніми для геомеханіки. Необхідно до рівнянь рівноваги і геометричних рівнянь добавляти фізичні рівняння (**рівняння стану**), які експериментально встановлюють залежність $\sigma - \varepsilon$ чи $\sigma - \varepsilon'$.

Пружні деформації в кристалічних тілах є результат зміни їх кристалічної решітки, та ці зміни **ще не порушують їх загальної структури.** Пружність деформованих тіл зберігається і в пластичній області, та показники пружних властивостей при цьому будуть **понижені, і будуть залежати від ступеня порушення і перебудови структури.**

Окремим напрямком в теорії пластичності (напрацьованої О.А. Ільюшиним, 1948) є теорія пластичної течії, при цьому умова текучості по

В.В. Соколовському може бути виражена

$$f(\sigma_i) = 0 \quad \text{чи} \quad f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = 0 \quad (1.1)$$

де $f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ – функція головних нормальних напружень, визначається дослідним шляхом.

Рівняння (1.1) – умова граничного напруженого стану. Теорія граничного напруженого стану має значне практичне прикладання для оцінки максимальної несучої спроможності ґрунту. [6]. Прихід граничного стану залежить *в першу чергу від опору ґрунту зсуву*.

Граничний напружений стан відповідає такому напруженому стану, який виникає при досягненні зовнішніми силами (чи напруженнями, які він викликає) *деякої граничної величини, коли крихітне додаткове збільшення силового впливу порушує існуючу в точці рівновагу між частинками і їх агрегатами, опір зміні форми падає до мінімального значення, виникає площадка ковзання і середовище в цьому місці переходить в стан пластичної течії, виникають розриви, просадки, витискування...*

Площини ковзання, для яких опір зсуву сягнув граничної величини, утворюють деяку область ковзання, в якій середовище знаходиться в текучому стані.

Аналітичне визначення умов приходу граничного напруженого стану базується на *залежностях* (які встановлюються експериментально) *граничного опору зсуву* від величини діючих напружень. Найпростішою залежністю для прямого плоского зсуву є закон Кулона:

$$\tau_{\text{граничне}} = C + \sigma \cdot \text{tg} \varphi. \quad (1.2)$$

Для просторового напруженого стану напрацьовано октаедричну теорію міцності Мізеса-Шлейхера-Боткіна. Згідно цієї теорії граничне напруження зсуву по октаедричних площинках є функцією середнього нормального тиску

$$\tau_{\text{окт}} = F(\sigma_{\text{окт}}), \quad (1.3)$$

$$\text{де} \quad \tau_{\text{окт}} = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}, \quad (1.4)$$

$$\sigma_{окт} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3). \quad (1.5)$$

1.3. Питання розрахунку основ і фундаментних конструкцій, що на них опираються, в світі сучасного стану механіки ґрунтів

Характерною і найбільш яскравою особливістю ґрунту є переважно пластичне його деформування практично з моменту завантаження. Розвиток пластичних (залишкових) деформацій, які складають більшу частину повних деформацій, обумовлює нелінійну залежність $\sigma - \varepsilon$, що обумовлює потребу враховувати в геомеханіці цю особливість ґрунту. [7].

Питання ущільнення та розущільнення ґрунтів під навантаженням – основна проблема, що виникає при прогнозі осадок споруди і прогнозі допустимого навантаження на ґрунт. Тому значна увага в роботі приділена дилатансійній теорії та методом моделювання залишкових пластичних деформацій ґрунту з метою їх практичного прикладання. Наявність значних експериментальних досліджень привели до появи моделей, які удосконалюють модель пластичного нестискуваного тіла. Ґрунтам властиві унікальні реологічні властивості. Так при реалізації одночасового стиснення і зсуву в залежності від інтенсивності кожного з них ґрунт може ущільнюватися, зберігати щільність незмінною чи розущільнюватись. Об’ємне розширення ґрунту обов’язково супроводжується деформаціями зсуву. Ці незвичайні властивості ґрунту вперше експериментально виявив О.Рейнольдс [2,5].

Відкрите О. Рейнольдсом явище зміни об’єму при зсуві названо дилатансією, та позначно $\Lambda = d\varepsilon_v / d\varepsilon_\gamma$ – відношення приросту об’ємних деформацій до зсувних. Дилатансія може бути додатньою, від’ємною, нулевою. В останньому випадку щільність ґрунту є критичною.

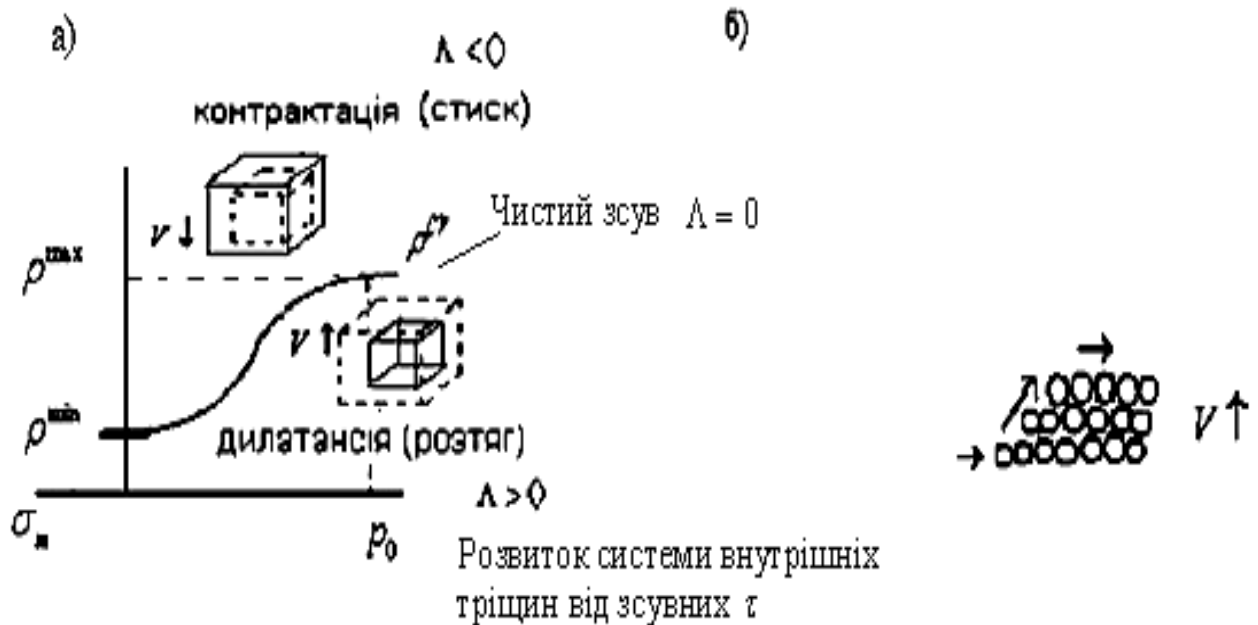


Рисунок 1.2 – Межі зміни щільності ґрунту в залежності від величини гідростатичного тиску σ_m (а) та процес прийняття більш відкритої упаковки ґрунту при зсуві щільних ґрунтів (б)

На теперішній час *дилатансією* називають збільшення об'єму ґрунту при зсуві, тобто *розрихлення* його. Ущільнення ґрунту при зсуві називають від'ємною дилатансією – *контрактацією* [3-5].

Згідно досліджень О.А. Ніколаєвського, І.П. Бойка [9,10], дилатансія – об'ємні деформації, викликані девіаторною частиною тензора деформацій (зсувом). За висловом Рейнера – це явище чисто кінематичне.

$$\Lambda = dV / d\gamma. \quad (1.6)$$

В задачах розрахунку осадок ґрунтових основ на сьогодні є перспективним використання моделі пружньо-пластичного середовища.

Теорія пластичної течії засновується на принципі максимуму швидкості дисипації механічної роботи (принципі максимуму Мізеса), визначає приріст компонент тензора пластичних деформацій пропорційно градієнту деякої функції – пластичного потенціалу та ототожнюють з функцією навантаження (з асоційованого закону пластичної течії).

Зсувний механізм руйнування ґрунту добре підтверджується

експериментом.

Для формування найбільш загальних уявлень про поведінку ґрунту при довільному навантаженні необхідно розглянути окремо закономірності пружного та пластичного деформування, а також виявити ті напружені стани, які дають вони кожен окремо.

При складному напруженому стані границею між пружними та пластичними станами є фіксована в просторі напружень поверхня, яку називають **поверхнею текучості, чи поверхнею навантаження, чи функцією текучості** (1.1) – $f(\sigma_{ij}) = 0$.

Функція текучості в просторі напружень визначає поверхню навантаження, яка **обмежує** область пружної поведінки середовища. **Поверхня навантаження – це границя пружної області.**

В теорії пластичної течії фізична залежність між напруженнями та деформаціями приймається у вигляді диференційних залежностей між приростами деформацій і напруженнями. Такий підхід розширює можливість розрахунку, але одночасно і ускладнює його.

В ґрунтах деформації форми переважно пластичні і залежать не лише від девіатора напруг, але й від гідростатичного тиску. **Залежність формозміни від шарового тензора** – перша особливість ґрунту.

Залежність об'ємної деформації від девіатора напружень – друга особливість ґрунту. Вона обумовлена тим, що в ґрунтах, як дисперсному середовищі оптимальні умови зміни об'єму створюються в момент зсуву.

Це пов'язано з тим, що частинки ґрунту при зсуві змінюють взаємне положення, укладаючись більш рихло, чи більш щільно.

Явище зміни об'єму зернистого середовища при зсуві було відкрито О. Рейнольдсом ще в 1885 р. та назване дилатансією. Зміна об'єму при зсуві може бути додатньою, від'ємною, чи рівною нулю. В останньому випадку щільність ґрунту ρ називається критичною ρ^{kp} .

При дослідженнях НДС суцільного середовища тензор напружень T_σ і

тензор деформацій T_ε прийнято подавати сумою шарового тензора $T^{шар}_\sigma$ і діватора D_σ :

$$T_\sigma = T^{шар}_\sigma + D_\sigma. \quad (1.7)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = \frac{1}{3}I_1^\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3). \quad (1.8)$$

Аналогічно, тензор деформацій:

$$T_\varepsilon = T_\varepsilon^{шар} + D_\varepsilon. \quad (1.9)$$

Шаровий тензор деформацій $T_\varepsilon^{шар}$ відповідає рівномірному вкороченню (подовженню) всіх ребер елементарного кубика і характеризує об'ємну деформацію середовища.

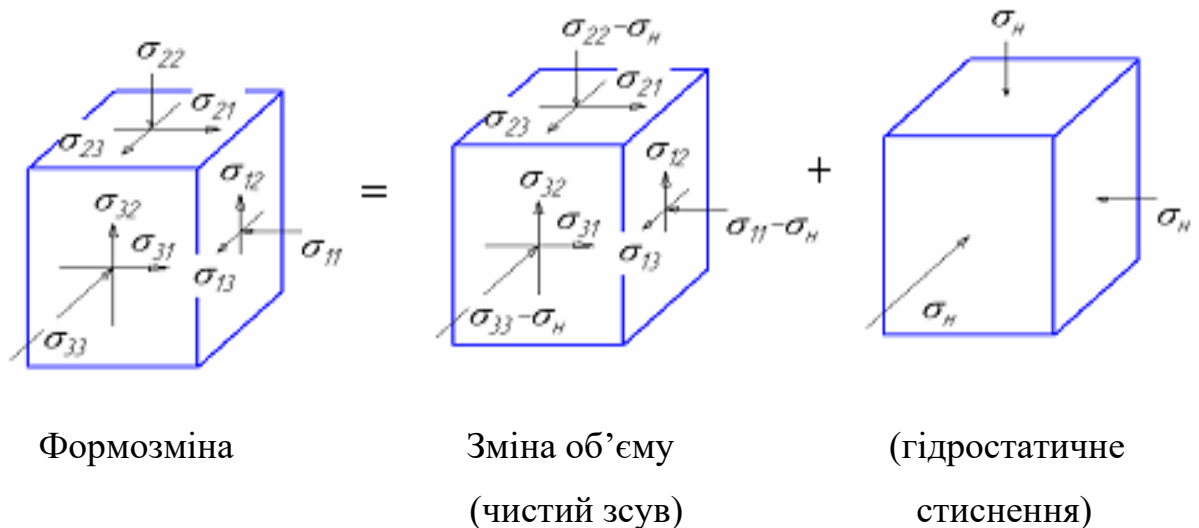


Рисунок 1.3 – Девіаторна та шарова складові тензора напружень

Для оцінки степеня формозміни в точці середовища використовуються інваріанти:

ε_i (інтенсивність деформацій) та

Γ (інтенсивність деформацій зсуву).

Обидві ці величини пропорційні деформаціям зсуву $\gamma_{окт}$ на октаедричній площині, котра однаково нахилена до основних напрямків осей 1,2,3.

$$\gamma_{окт} = \frac{2}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}, \quad (1.10)$$

$$\varepsilon_i = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) \gamma_{окт}, \quad \Gamma = \left(\frac{\sqrt{6}}{2}\right) \gamma_{окт}. \quad (1.11, 1.12)$$

Всі матеріали, в тім числі і ґрунт, руйнуються в результаті розвитку деформацій форми.

Прирости компонент повних деформацій в теорії пластичної течії складаються із приростів компонент пружної $d\varepsilon_{ij}^e$ і пластичної $d\varepsilon_{ij}^p$ деформацій:

$$d\varepsilon_{ij} = d\varepsilon_{ij}^e + d\varepsilon_{ij}^p. \quad (1.13)$$

Рішення змішаної задачі передбачає, що в ґрунті одночасово існують пружні і пластичні зони. Люба деформація, що виникає як відповідна реакція матеріалу на прикладені навантаження і не підкоряється визначальним законам класичної теорії пружності – це непружня деформація. Незворотні зміщення, які з'являються в результаті ковзання чи дислокації на атомному рівні і ведуть до залишкових змін розмірів – це пластичні деформації. Вплив пластичності проявляється в розвитку переміщень, перерозподілі внутрішніх зусиль. Перерозподіл зусиль є наслідком зміни в співвідношеннях жорсткості ділянок середовища та появи пластичних зон. Саме тому за параметр зміцнення в роботі взято щільність ґрунту – ρ . А врахування нелінійності основ є економічним та сучасним питанням.

Пластичні деформації мають місце лише при інтенсивності напружень вище деякого порогу, відомого як межа пружності. В запропоновані математичні моделі в якості такого порогу взято критерій Мізеса-Шлейхера-Боткіна (рис. 1.4):

$$\begin{cases} f = T + \sigma_{окт} \cdot tg\psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_{окт} \leq p_0 \\ f = T + \rho_0 \cdot tg\psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_{окт} > p_0 \end{cases}, \quad (1.14)$$

де f – поверхня текучості, вона дає співвідношення між гідростатичним тиском (першим інваріантом тензора швидкостей напружень) та інтенсивністю напружень T (другим інваріантом девіатора напружень) на октаедричній площині (рівнонахиленій до головних осей) та разом з рівняннями рівноваги забезпечує кількість рівнянь і кількість невідомих для замикання моделі.

ψ – кут внутрішнього тертя; гідростатичний тиск – $\sigma_{окт}$

τ_s – параметр, аналогічний зчепленню на девіаторній площині;

p_0 – параметр ґрунтового середовища.

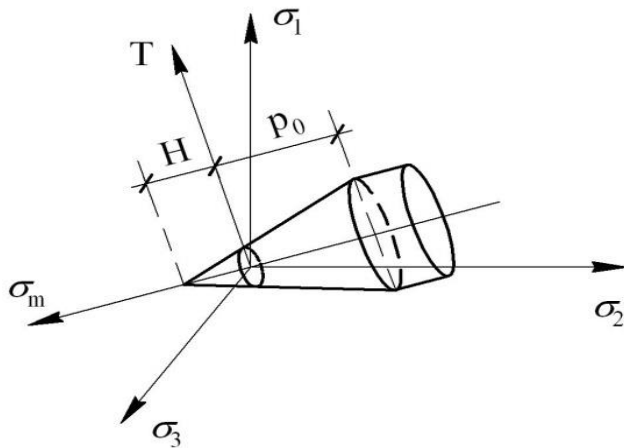


Рисунок 1.4 – Умова текучості Мізеса-Шлейхера-Боткіна

Особливий інтерес для прикладної механіки ґрунтів отримали дилатансійні ефекти пористого середовища ґрунту. Наявність пор в ґрунтах дає можливість отримувати свободу руху. З місць тимчасової дислокації частинки ґрунту можуть переміщуватись в пори. При цьому в ґрунті зменшується поверхнева енергія. [8].

Пружні деформації в моделі визначались згідно класичної теорії пружності за законом Гука, для описання пластичних деформацій використано фізичне рівняння неасоційованого закону пластичної течії, яке передбачає експериментальну побудову поверхні навантаження F :

$$d\varepsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{dF}{d\sigma_{ij}}, \quad F \neq f \quad (1.15)$$

та дилатансійні співвідношення В.М. Ніколаєвського, І.П. Бойка [2, 5]:

$$d\varepsilon_{ij}^p = d\varepsilon_{шарове}^p + d\varepsilon_{девіаторне}^p, \quad (1.16)$$

$$d\varepsilon_{шарове}^p = \lambda(x)d\gamma^p, \quad (1.17)$$

де $d\gamma^p$ – скалярна характеристика формозміни, другий інваріант девіатора деформацій $I_2(D_\varepsilon)$; $\lambda(x)$ – коефіцієнт дилатансії.

$$d\varepsilon_{девіаторне}^p = D_{ij}d\lambda \quad (1.18)$$

де D_{ij} – девіатор напруг; $d\lambda$ – скалярний коефіцієнт простого навантаження.

1.4. Основні положення дилатансійної моделі

Числове моделювання процесу деформування ґрунтової основи фіксує поетапне утворення зон граничного стану по бокових поверхнях фундаментної конструкції та по їх підшві, що свідчить про властивість фундаментів перерозподілять напруження від навантажень в рамках активної зони ґрунту.

Запропонована нелінійна математична дилатансійна модель базується на наступних припущеннях:

1. Розглядається складний напружено-деформований стан ґрунту (стискання із зсувом). Фізичні рівняння стану описуються пружно-пластичною діаграмою Прантля із зміцненням з границею пропорційності за Мізесом-Шлейхером-Боткіним [5,9], яка реєструє максимально досягненні напруження основи.

2. Рівняння рівноваги палі, зануреної в ґрунтове середовище, задовільняє диференціальному рівнянню Лапласа.

3. В якості геометричних рівнянь використано тензор малих деформацій Коші.

4. Фізичний стан роботи ґрунту в лінійній області описується законом Гука.

5. На стадії пластичного деформування вектори тензора напруг та тензора швидкостей деформацій не співвісні. Використано неасоційований закон пластичної течії.

Точні диференціальні рівняння поведінки палів в ґрунті – нелінійні. В запропонованій математичній моделі для спрощення задачі нелінійні рівняння на кожному кроці навантаження лінеаризовано за допомогою використання крокових процедур О. А. Ільюшина.

На підставі проведеного комплексного аналізу визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету й завдання магістерської роботи.

1.5. Основи числового МГЕ

Розмахи будівництва, які повсякчасно збільшуються, зростання тисків, також необхідність переходу до нових розрахункових моделей, приводять до необхідності рішення нових складних і трудоміських задач по розрахунку основ.

Механіка ґрунтів слугує теоретичною основою для розрахунків при виборі типу та розмірів фундаментів цивільних та промислових будівель. Тому рівень розвитку механіки ґрунтів суттєво впливає на економічність та надійність прийнятих рішень

Запропоноване в 30-х роках ХХ століття Н.М. Герсівановим положення про допустимість до розрахунку основ теорії пружності і розвинена

В.В. Соколовським в 70-х роках минулого століття теорія граничного стану ґрунтового середовища, рахували, що дали фундаментальну основу для розрахунків осідань фундаментів. Та практика розрахунків і порівнянь отриманих результатів з натурною поведінкою основ і фундаментів показали, що цих даних недостатньо для раціональних рішень, так, як вони не дають можливості повністю використовувати несучу спроможність основ і створюють надлишкові запаси міцності в конструкціях на пружній основі.

Так в перших нормативних документах був введений граничний стан по деформаціях, а не розрахунок по першому граничному стані (по втраті стійкості). Були введені поняття активної зони, рахуючи, що стискаються шари ґрунту, які знаходяться в межах цієї зони, та схема пружнього шару кінцевої товщини.

Допустимі навантаження на ґрунтові основи і споруди натеper оцінюються по деформаціях, загрозливих з точки зору експлуатації.

Відсутність формул зв'язку між $\sigma - \varepsilon$ за межами пропорційності заставляє обмежуватись використанням несучої спроможності фундаментів при проектуванні лише в межах фази пружнього ущільнення і не дозволяє реалізовувати закладені в нормативні документи принципи розрахунку основ по граничних станах.

Специфіка ґрунтів є в тім, що їм характерна значна неоднорідність будови, суттєва залежність від рівня і характеру зовнішніх впливів.

Необхідно мати на увазі, що ґрунт різниться від інших матеріалів тим, що він – дисперсне середовище, в порах якого знаходяться вода і гази, і який реагує на зовнішні впливи як складна трифазова система. Зміна його пористості пов'язана не лише з сумою головних напружень (ущільнюючим тиском), а із розвитком пластичних деформацій зсуву.

Деформації в ці системі продовжуються значний час, а механічні властивості змінюються в процесі ущільнення. Деформативність ґрунтової основи в сотні, а деколи в тисячу раз перебільшують деформативність будівельних матеріалів, що утворюють конструкції споруд. Все це обумовлює необхідність інженерно-геологічних, гідрогеологічних вишукувань для визначення складення масиву ґрунту і його фізичних і механічних властивостей.

Всі ці фактори можуть бути відображені лише за допомогою нелінійної механіки ґрунтів, яку необхідно розвивати.

Робота присвячена актуальному питанню геомеханіки та фундаментобудування – удосконаленню методики розв'язання граничної задачі нелінійної поведінки під навантаженням фундаментних конструкцій пірамідальних паль з метою можливості прогнозування їх несучої спроможності

та напружено-деформованого стану.

Сучасному стану теорій розрахунку фундаментів та будівельних конструкцій властивий напрям розвитку з використанням числових методів та ЕОМ. Зростаючі можливості сучасних ЕОМ потребують постійної ревізії існуючих числових методів для дослідження нових класів задач, для яких з'явилась надія на вирішення.

Однією з таких задач є нелінійна задача геомеханіки. Створені для неї на сьогодні математичні моделі адекватного описання процесів поведінки ґрунту та стратегії управління цими процесами – це система диференціальних рівнянь в частинних похідних, яка є досить складною для отримання аналітичних рішень. Як відомо, абсолютна точність є зайвою для багатьох систем реального світу. Не є винятком і нелінійна задача геомеханіки, розв'язок якої можна отримати одним із потужних сучасних числових методів – методів граничних елементів (МГЕ) на швидкодіючих ЕОМ.

Досвід досліджень в суміжних до геомеханіки областях – будівельна механіка, теорія пружності, пластичності, механіка ґрунтів, числові методи, які математизовані з “голови до п'ят” являють собою арену, на якій сучасна математика показує на що вона здатна, відкриває нові можливості в науці будівництва, вільні від умовностей і припущень загальноприйнятих укоренілих прийомів, які часто приводять до розбіжностей з даними практики.

В роботі напрацьовано адекватну модель для дослідження роботи пірамідальних паль за сучасним числовим МГЕ. Досліджено ефект перерозподілу зусиль в активній зоні пірамідальної палі із зон менш ущільнених на зони більш ущільнені з більшим значенням модуля деформацій.

Прикладання числового МГЕ до розв'язків практичних задач геомеханіки, процесу осідання основ та допустимих навантажень на них обґрунтовано теоретичними викладками, підкріплено та проілюстровано даними числового розрахунку.

Раціональне проектування палювих фундаментів являє собою вельми трудоміську задачу, розв'язок якої доцільно проводити на ЕОМ.

В прикладних технічних науках прогрес неможливий без переходу до математичного описання процесу.

МГЕ був напрацьований в Саутхемптонському університеті (Англія)

К. Бреббія, Ж. Теллесом, Л. Вроубелом [3] в межах 1978-1982 р.р. на основі методу зважених нев'язок та теорії потенціалів. Крайова задача для пошуку НДС пружної системи (система диференційних рівнянь в частинних похідних 15-го порядку + граничні умови) була зведена [3] до інтегрального рівняння, яке використано в МКР для дослідження НДС пірамідальних паль:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ij,j} + b_j &= 0 \\ \varepsilon_{ij} &= \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \\ \sigma_{ij} &= C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{ij}(\xi) u_{j,i}(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x) u_{j,i}(x) d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(\xi, x) p_j(x) d\Gamma(x),$$

(1.19)

де $\sigma_{ij,j} + b_j = 0$ – статичні рівняння рівноваги;

$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$ – геометричні рівняння;

$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}$ – фізичні рівняння середовища;

u, p – шукані вектори переміщень та напружень на границі фундаментної конструкції;

інтеграл по області Ω (Ω – активна зона навколо фундаментної ґрунтової основи) включає вектор пластичних деформацій ε_p ;

Γ – границя дослідного об'єкта;

u^*, p^* – ядра (1.19), сингулярні фундаментальні рішення, використано рішення

Р. Міндліна, що відповідають одиничним взбуджуючим впливам в півпросторі [1,3].

Оскільки фундаментальне рішення задовольняє граничним умовам на

вільний від напружень поверхні півпростору потрібно дискретизувати лише граничну поверхню стикання фундаментної конструкції та ґрунту.

Запис рівняння (1.19) виконано в позначеннях Ейнштейна, похідні по просторові координаті позначаються комою, тобто:

$$\sigma_{ij,j} = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_1}. \quad (1.20)$$

Зведення крайової задачі до еквівалентного інтегрального рівняння МГЕ дає можливість розмірність вихідної задачі знизити на одиницю, оскільки в інтегральне рівняння входять значення змінних лише на границі заданої області. Тому наступна дискретизація задачі проводиться тільки на границі досліджувальної області.

Це обумовлює більш високу в порівнянні з МСЕ (методом скінченних елементів) точність рішень та суттєве зменшення об'єму вхідних даних при реалізації методу на ЕОМ.

В механіці суцільних середовищ прийнято розглядати поведінку середовища від дії різних впливів як порушення початкового стану рівноваги між взаємодіючими елементами і як перехід її до нового стану рівноваги в результаті зміни сил, що діють між елементами. Таким чином, задачі роз'язуються виходячи з того, що мають задовільнятись умови рівноваги для нескінченно малих елементів середовища. Додатково ставиться умова нерозривності середовища (геометричні рівняння) і визначається закон зв'язку між $\sigma - \varepsilon$ (фізичні рівняння).

В теорії граничної рівноваги залишаються ті ж рівняння рівноваги та геометричні рівняння, а замість фізичних рівнянь записується зв'язок між напруженнями та приростами пластичних деформацій з використанням залежностей пластичної течії, яка моделює пластичні деформації.

При реалізації на ЕОМ алгоритм визначення НДС за МГЕ складається із етапів:

1. Формування вхідних даних.

2. Дискретизація границі області та апроксимація її лінійними елементами. Окремий граничний елемент визначається координатами своєї середньої точки. Інтенсивність шуканих функцій в межах граничного елемента приймалась постійною.

3. Інтегрування фундаментальних рішень Р. Міндіна для отримання матриці впливу МГЕ.

4. Компоновка розрахункової СЛАР та пошук її рішення.

На практиці інтеграл в (1.19) визначались з залученням числових методів інтегрування, що є єдиним джерелом похибок МГЕ. А як відомо, числове інтегрування є більш точний процес, ніж числове диференціювання.

В роботі проведено розв'язок змішаній задачі механіки ґрунтів – моделювання за числовим МГЕ поведінки під навантаженням пірамідальних паль.

1.6. Елементи теорії потенціалів

теорії потенціалу вивів Грін, цей метод був суттєво розвинений Фредгольмом, В.Д. Купрадзе, які доказали існування розв'язку рівняння за допомогою Сучасні числові методи є основним, а часто і єдиним апаратом розв'язання багатьох прикладних задач механіки, їх універсальність дозволяє за допомогою обчислювальних комплексів реалізовувати на ЕОМ системний підхід до аналізу поведінки краєвих задач як наземних, так і підземних конструкцій в різних режимах експлуатації.

Історично МГЕ передували МСЕ та теорія інтегральних рівнянь. Інтегральні рівняння граничної дискретизації.

МГЕ став відомий завдяки роботам Н.І. Мусхелішвілі, С.Г. Міхліна, В.Д. Купрадзе, Купрадзе, Ріццо та інших.

Відомо, що МСЕ неефективний у випадку подовжених областей в наслідок неможливості описання з необхідною точністю поведінки моделі при дискретизації як двовимірними, так і тривимірними елементами.

МГЕ дає можливість для розв'язку задач теорії механіки, дослідження нелінійної поведінки систем.

В МГЕ реалізується запропонована в 1870 році ідея Пуассона – розв'язок задачі пошуку НДС складної конструкції шукати шляхом подання її складовою із елементарних фрагментів.

Якщо частинка з одиничною масою, на яку діє сила з боку деякого специфічного поля F , рухається з тч. ξ до тч. X простору, то робота, яка створюється цим полем при русі частинки рівна :

$$W = \int_{\xi}^X F dr, \quad (1.21)$$

така скалярна функція називається **потенціалом поля F** . Потенціальна енергія обумовлена взаємодією тіл. Прикладом силового поля може бути сила тяжіння Землі.

Основою числової реалізації в МГЕ є перехід від функціональних інтегральних співвідношень до їх алгебраїчних аналогів.

Багато інженерних задач теорії стаціонарних потенціальних потоків, тобто потоків з незмінними в часі характеристиками можна моделювати еліптичними диференціальними рівняннями в частинних похідних, тобто, класичними рівняннями Лапласа чи Пуассона. До цих задач відносяться задачі теорії пружності, пластичності, механіки суцільних та пористих середовищ, механіки рідини, теплопроводності, електростатики, динаміки, дифузії та інші задачі. Їх можна ефективно розв'язувати, використовуючи потенціал МГЕ, який на теперішній час – один із найбільш популярних числових методів розв'язання прикладних задач, особливо для таких, чії розрахункові рівняння – це рівняння Лапласа чи Пуассона.

В кожній з цих задач диференційному рівнянню задовільняє потенціальна функція (**напруження**, електричний чи гідравлічний потенціал . . .), просторовий градієнт якої лінійно пов'язаний з **поток**ом або розходом (швидкістю потенціалу $q = du / dx$, якою можуть бути **деформації**, щільність електричного струму,

швидкість течії рідини, чи потік тепла).

Предметом досліджень в роботі є розподіл напружень та деформацій в полі ґрунту з включенням підземної фундаментної конструкції. Для добре вивчених адіабатичних та ізотермічних процесів питому потенціальну енергію деформацій U можна ототожнити з відомими термодинамічними функціями стану (*потенціалами*).

Перший закон термодинаміки – робота, що витрачається на деформацію тіла, дорівнює внутрішній енергії тіла:

$$W = \int_{\varepsilon_{ij}=0}^{\varepsilon_{ij}} \sigma_{ij} \cdot d\varepsilon_{ij} . \quad (1.22)$$

Якщо процес деформування зворотній, то поведінка матеріалу пружня. Тоді робота внутрішніх сил не залежить від шляху (таке поле називається консервативним полем) і $W=U$ можна тлумачити як пружній потенціал. Знаючи U можна отримати співвідношення $\sigma - \varepsilon$:

$$dU / d\varepsilon_{ij} = \sigma_{ij} . \quad (1.23)$$

Для добре вивчених адіабатичних та ізотермічних процесів питому потенціальну енергію деформацій можна ототожнювати з відомими термодинамічними функціями стану (”потенціалами“).

Використовуючи теорію потенціалу К. Бреббія [3] отримано граничне інтегральне рівняння, що пов'язує значення потенціалу і його нормальних похідних в кожному вузлі на границі Γ :

Потенціал створюється *джерелом*, в теорії пружності – *це сила, що діє на конструкцію*. Джерело має деяку інтенсивність, що генерує поле, яке утворює потенціал U та похідну потенціалу – потік du/dr . В теорії пружності потоком слугують переміщення по трьох взаємно перпендикулярних напрямках, а потенціалом – напруження.

Ідея зведення задач теорії потенціалу до рішення інтегрального рівняння була [3] реалізована в достатньо загальну обчислювальну процедуру МГЕ.

Суть МГЕ – перетворення розрахункової системи диференційних рівнянь в

частинних похідних, що описує поведінку шуканих невідомих функцій (переміщень, напружень) в середині та на границі області в інтегральному рівнянні та пошук його числового розв'язку. Завдяки підбору в основному інтегральному розрахунковому рівнянні МГЕ таких вагових функцій (взято фундаментальні розв'язки Р. Міндліна), які обертають в нуль інтеграл по досліджувальній області, задача зводиться до визначення лише граничних функцій. І оскільки числові розрахунки пов'язані лише з границею, розмірність задачі знижується на одиницю.

1.7. Метод зважених нев'язок

Задачі механіки ґрунтів – одні із важливих задач фундаментобудування до вирішення яких потрібно залучати сучасний математичний апарат теорії пружності, пластичності та сучасні числові методи. В роботі використовується матричне подання тензорів напруг та деформацій, яке зручне та ідеально пристосоване до обчислення на ЕОМ.

Ґрунти, бетон відносяться до матеріалів, що не опираються розтягу. В таких матеріалах в процесі навантаження проходить переросподіл напружень, тому методи їх вирішення аналогічні методу вирішення задач теорії пластичності.

Для отримання вихідного інтегрального рівняння МГЕ Теллесом та

К. Бреббія [3] використано метод зважених нев'язок. Метод зважених нев'язок засновано на точному задоволенню граничних умов і розподілені похибки по області Ω у відповідності з ваговою функцією W . Функцію похибки R диференціального рівняння Лапласа $\Delta^2(U)$ можна розподілити по області, помноживши її на вагову функцію W та проінтегрувавши добуток по досліджувальній області. Усередження похибки R по області Ω можна подати:

$$\int_{\Omega} RwdQ = \int_{\Omega} \nabla^2(u)wd\Omega = 0 \quad . \quad (1.24)$$

1.8. Етапи розрахунку за МГЕ

МГЕ застосовується до розв'язку диференціальних рівнянь : $\alpha(u) = b$ в області Ω . Оператор α являє собою перелік операцій над функцією U в результаті якого отримується функція b . Розглянемо однорідне рівняння виду

$$\alpha(U) = \partial^2(U) / \partial x^2. \quad \alpha(U) = 0 \text{ в області } \Omega.$$

Внутрішнім добутком називають $\int_{\Omega} \alpha(U) \cdot w d\Omega = 0$. Його можна

інтегрувати по частинах до тих пір, поки під інтегралом не залишиться похідних функції U . В результаті отримується інтеграл лише по поверхні Ω .

Отримання рішення задачі за МГЕ ведеться в послідовності:

1.9. Висновок по розділу

Характерною особливістю пірамідальних паль є те, що в процесі заглиблення їх завдяки своїй клиновидній формі вони максимально ущільнюють ґрунт по всі бокові поверхні та утворюють навколо заглибленої палі ущільнений об'єм ґрунту з високим значенням загального модуля деформації E . Розміри поперечного перетину цієї ущільненої зони в 2-2.5 рази перебільшують розміри поперечного перетину палі, а зона деформацій не виходить за межі зони ущільнення

РОЗДІЛ 2.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

2.1. Числовий розв'язок просторової контактної задачі геотехніки про вплив кута конусності на роботу пірамідальних палей під навантаженням

Одним із ефективних методів, що забезпечують надійну експлуатацію споруди, є використання пірамідальних палей, які в порівнянні з призматичними палями мають підвищену несучу спроможність, обумовлену збільшенням ущільненої зони навколо пірамідальної палі у верхній її частині.

В роботі на основі розгляду теоретичних основ реології глинистих ґрунтів та використання числового методу граничних елементів викладено результати числових досліджень поведінки під навантаженням пірамідальних палей.

Інтенсивний розвиток механіки ґрунтів, яка суттєво впливає на економічність прийнятих рішень, та широке застосування ЕОМ значно наблизили фундаментальні математичні проблеми до прикладних, посилило їх взаємовплив.

Використання числового експерименту як ніколи раніше тісно пов'язало фізичний зміст задачі, її математичне формулювання, числові методи розрахунку та ЕОМ. Зростаючі запити будівельної практики ведуть до ускладнення прикладних задач. Числовий експеримент дозволяє виділити раціональне зерно, описати найважливіші види поведінки фундаментної конструкції, провести математичне обґрунтування, записати математичну модель, яка перевіряється за допомогою експериментів.

Завдяки геологічним умовам України в промисловому та цивільному будівництві доцільно застосовування пірамідальних палей, та особливості їх взаємодії з підвалинами та теоретичні методи розрахунку вивчені недостатньо. Відсутність надійних методів оцінки несучої спроможності пірамідальних палей призводить до збільшення коефіцієнтів запасів, прийняття недосконалих

рішень, утруднює їх широкому впровадженню в будівельну практику. Тому тема дослідження НДС раціональних пірамідальних паль є актуальною для сьогодення.

Основним показником експлуатаційної придатності об'єктів є фактична несуча спроможність будівельних конструкцій. Міри по попередженню деформацій і аварій споруд пов'язані з обов'язковим визначенням несучої спроможності будівельних конструкцій на основі використання сучасних науково-технічних досягнень.

З точки зору експлуатаційної надійності споруди ставляться підвищені вимоги до точності розрахунку переміщень під діючими навантаженнями. Для формування реальної математичної моделі ґрунтової основи виникає необхідність розгляду математичного апарату пластичних та гранульованих середовищ, які в найбільшій мірі відповідають реальним властивостям ґрунту.

Згідно вищенаведеної нелінійної дилатансійної моделі проведено числове дослідження несучої спроможності пірамідальних паль з різним кутом конусності. Використаний в роботі числовий МГЕ базується на понятті фундаментального розв'язку краєвої задачі та підходить до розв'язку задач теорії пружності та пластичності, зменшуючи при цьому розмірність задачі на одиницю.

Показники властивостей породи в математичних моделях грають роль числових параметрів та визначають степінь надійності і точності проведених розрахунків. Експериментальні дослідження проводились на дослідній площадці в глинах шаром 11 м. [14] з наступними фізико-механічними властивостями:

$$\begin{aligned} \rho &= 1.88 \text{ т/м}^3, \quad \rho_{\text{dry}} = 1.49 \text{ т/м}^3, \quad e = 0.84, \\ E &= 18 \text{ МПа}, \quad \varphi = 21^\circ, \quad c = 26 \text{ КПа} \quad \varepsilon_{\text{sw}} = 0.08, \quad \nu = 0.42. \end{aligned} \quad (2.1)$$

В роботі проведено перехід до числової реалізації краєвої задачі поведінки пірамідальних паль в ґрунті довжиною 2 м (рис.2.1):

(С5) з розмірами в голові палі радіусом – 0.246 м. , в підшві палі радіусом – 0.1835м, з кутом конусності $\beta = 1.79^\circ$;

(С6) з розмірами в голові палі радіусом – 0.346 м. , в підшві радіусом – 0.096 м, з кутом конусності $\beta = 7.13^\circ$.

Вихідним пунктом наближеного рішення краєвих задач є дискретизація континуума (перехід від нескінченного числа степеней вільності до кінцевого), рис. 2.1. Дискретизація та квантування неперервних процесів – це складові прийняття рішень в багатьох складних системах. В роботі використана кусочно-лінійна апроксимація граничних елементів.

Силові впливи при переміщенні фундаментної конструкції в ґрунтах обумовлюють виникнення пограничного шару (активної зони), який суттєво впливає на характер руху.

Розрахункова схема активної зони основи приймається у вигляді системи трикутних скінчених елементів (СЕ).

Активна зона – це зона деформацій в рамках якої на протязі деякого часу розвивається динамічний процес ущільнення (розущільнення) ґрунту, що відображає суть сумісної роботи фундаменту і основи до приходу її в стан рівноваги.

В алгоритмі числового рішення були реалізовані МГЕ та процедура покрокового навантаження. При розв’язку задачі враховувались симетричний розподіл навантаження та розглядалась половина розрахункової області.

Для цієї активної зони кількість граничних елементів склала 182 трикутних осередки (рис. 2.1).

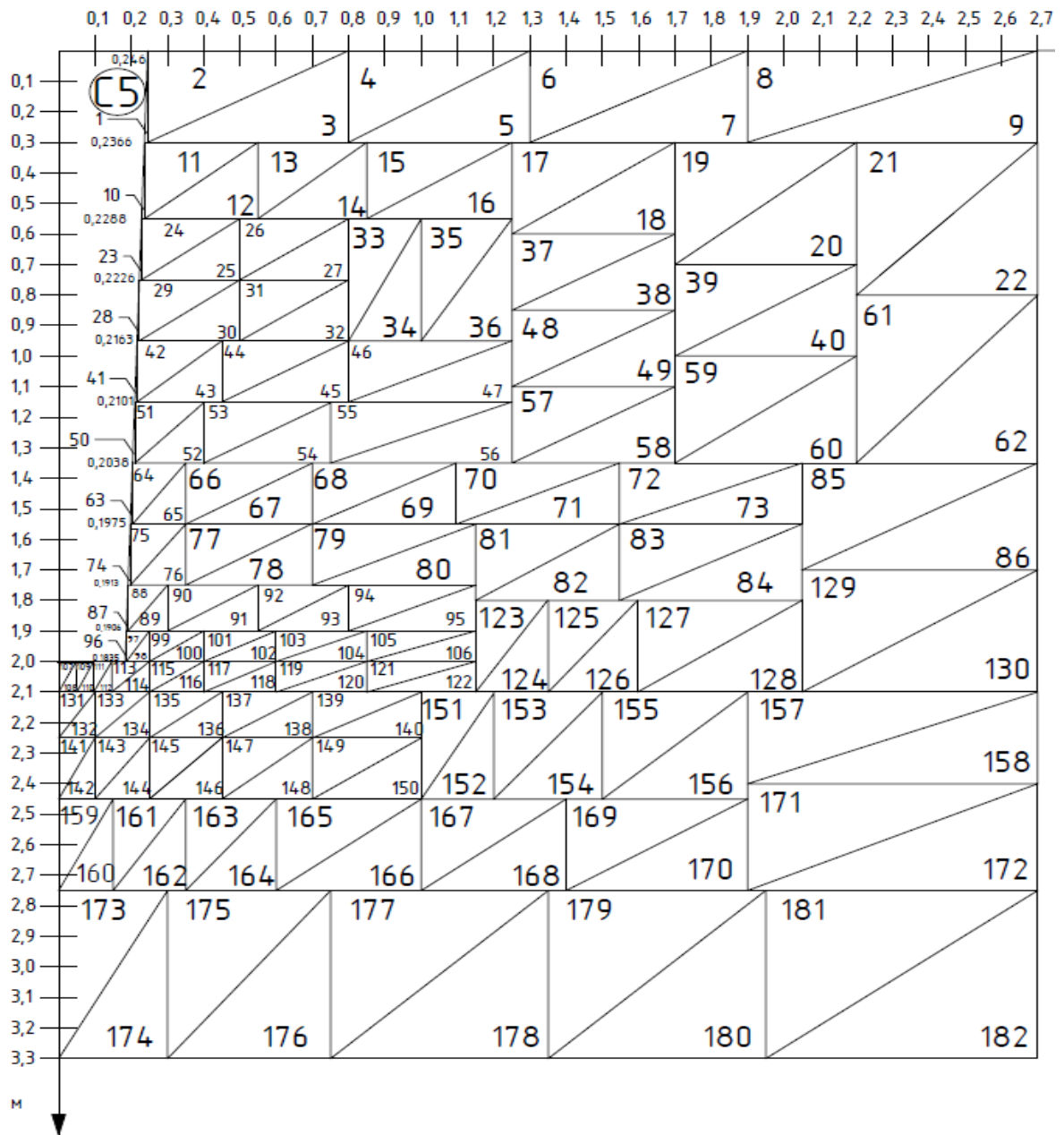
Для зближення розрахункових даних з натурними властивостями ґрунтів використано дилатансійну теорію В.Н. Ніколаєвського, І.П. Бойка [1,3,9,10].

В теорії пластичності крім рівнянь рівноваги вводяться ще два додаткових. Перше komponується для компонентів тензора напружень T_σ , друге – для компонентів тензора швидкостей пластичних деформацій \dot{T}_ε .

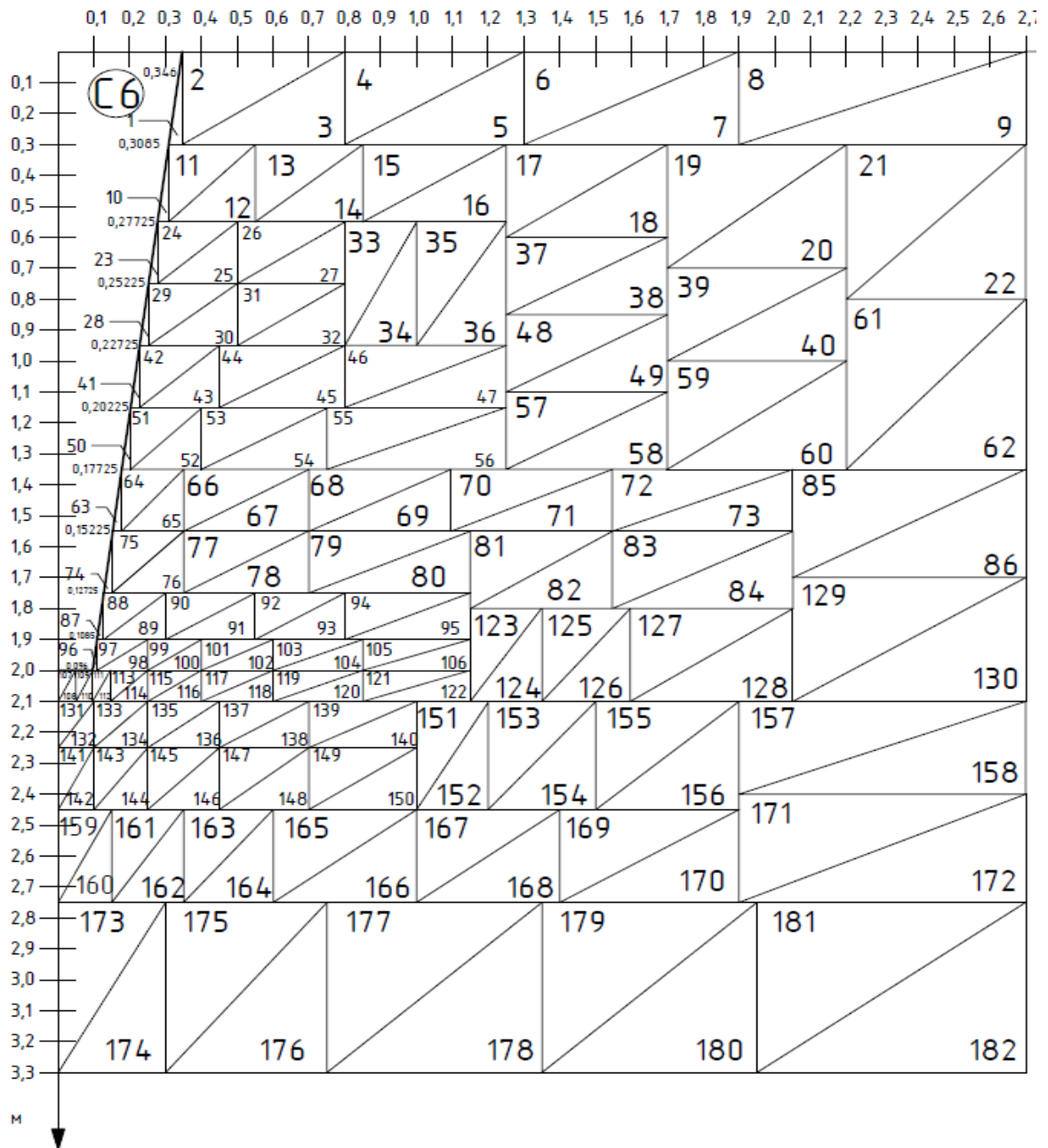
F– пластичний потенціал, тобто функція напружень, частинна похідна від

якої по σ_{ij} пропорційна приросту пластичних деформацій $d\varepsilon_{ij}^p$

При напрацюванні алгоритму визначалась матриця піддатливості МГЕ, яка характеризувала фізико-механічні характеристики ґрунтів на кожному кроці навантаження.



a)



б)

Рисунок 2.1 – Схема дискретизації бокової поверхні та активної зони пірамідальних паль: а – паля С5; б – паля С6

Напрацьований алгоритм числового рішення задачі передбачає процедуру покрокового навантаження моделі ґрунту з використанням МГЕ. Ґрунт подається як пружне середовище в пружні стадії лінійного деформування, яке переходить в граничний (пластичний) стан згідно умови міцності Мізеса-Шлейхера-Боткіна.

Числове моделювання здійснювалось з використанням вхідних параметрів, вісім з них характеризують фізико-механічні характеристики ґрунту.

Згідно методам, які використовуються в нормативних документах, граничний опір палі визначається опором ґрунту руйнуванню під нижнім кінцем та опором зсуву по бокові поверхні стовбура палі.

Навантаження від пірамідальних палей *не передається* на ґрунт, що залягає *нижче її підосви*, а врівноважується в межах об'єму ущільненої зони ґрунту, який розташований навколо бокових граней пірамідальної палі. На рис.1 наведено дискретизацію граничної поверхні палей з ґрунтом та дискретизацію активної зони ґрунтової основи в рамках якої розвиваються деформації ущільнення ґрунтової основи.

Ідея подання конструкції у вигляді дискретних елементів була сформульована ще Пуассоном. Зараз необхідно відмітити якісно новий етап розвитку цієї ідеї в сучасних числових методах, як в МСЕ, так і в МГЕ.

МГЕ використовує лише поверхневу дискретизацію дослідного об'єкту, тому для тривимірних задач фундаментобудування цей метод більш ефективний.

2.2. Методика розрахунку

Визначальне рівняння МГЕ являє інтегральний синтез рівень рівноваги, геометричних та фізичних рівнянь. Поведінка ґрунту під навантаженням описувалась інтегральним рівнянням, отриманим К. Бреббія [3] (1.19):

$$c_{ij}u_j + \int_{\Gamma} q^*_{ij}u_{ij}d\Gamma = \int_{\Gamma} u^*_{ij}q_{ij}d\Gamma + \int_{\Omega} \sigma^* \varepsilon^p_{jk}d\Omega \quad (2.2)$$

де u, q – шукані вектори переміщень та напружень на границі фундаментної конструкції; інтеграл по області Ω (Ω – активна зона навколо фундаментної основи) включає вектор пластичних деформацій ε_p ;

Γ – границя досліджувального об'єкта;

u^*, q^* – сингулярні фундаментальні рішення Р. Міндліна, що відповідають одиничним збуджуючим впливам в півпросторі.

Практика розрахунків показала, що при інтегральній оцінці НДС достатньо хороші результати отримуються, коли фізичні залежності описуються постійними граничними елементами. Функції u, q в цьому випадку призначаються в центральній точці ГЕ і мають постійне значення по довжині ГЕ. Постійні ГЕ дають прийнятну точність розрахунку.

Основою числової реалізації МГЕ є перехід від функціонального інтегрального співвідношення (1.19) до його алгебраїчного аналога - системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Прихід граничного стану (перехід ґрунту в стан пластичної течії) визначався за октаедричною теорією міцності та критерієм текучості Мізера-Шлейхера-Боткіна (1.1, 1.14):

$$\tau_{окт} = f(\sigma_{окт}); \quad f(\sigma_{окт}, \tau_{окт}) = 0 ; \quad (2.3)$$

$$\begin{cases} f = T + \sigma_{окт} \cdot tg\psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_{окт} \leq p_0 \\ f = T + \rho_0 \cdot tg\psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_{окт} > p_0 \end{cases}, \quad (2.4)$$

де f – поверхня текучості, вона дає співвідношення між гідростатичним тиском (першим інваріантом тензора швидкостей напружень) та інтенсивністю напружень T (другим інваріантом девіатора напружень) на октаедричній площині (рівнонахилений до головних осей) та разом з рівняннями рівноваги забезпечує кількість рівнянь і кількість невідомих для замикання моделі[30].

ψ – уг внутрішнього тертя; гідростатичний тиск – $\sigma_{окт}$

τ_s – параметр, аналогічний зчепленню на девіаторній площині;

p_0 – параметр ґрунтового середовища.

Виникнення та розвиток дилатансійних зон в ґрунтовій основі, які є головним джерелом дисипації механічної енергії, описувалось неасоційованим законом пластичної течії [2] (1.15):

$$d\varepsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{dF}{d\sigma_{ij}}, \quad F \neq f, \quad (2.5)$$

та дилатансійні співвідношення В.М. Ніколаєвського, І.П. Бойка [2, 10] (1.16, 1.17):

$$d\varepsilon_{ij}^e = d\varepsilon_{шарове}^p + d\varepsilon_{девіаторне}^p, \quad (2.6)$$

$$d\varepsilon_{шарове}^p = \lambda(x)d\gamma^p \quad (2.7)$$

де $d\varepsilon_{ij}^p$ – вектор приросту пластичних деформацій ґрунтової основи, $d\gamma^p$ – скалярна характеристика формозміни, другий інваріант девіатора деформацій $I_2(D_\varepsilon)$; $\lambda(x)$ – коефіцієнт дилатансії (1.18):

$$d\varepsilon_{девіаторне}^p = D_{ij}d\lambda \quad (2.8)$$

де D_{ij} – девіатор напруг; $d\lambda$ – скалярний коефіцієнт простого навантаження.

В роботі компонується матриця впливу МГЕ, яка з точки зору будівельної механіки є матрицею піддатливості ґрунтової основи, а як відомо, матриця, обернена до матриці піддатливості, дає матрицю жорсткості.

2.3. Висновок по розділу

В алгоритмі числового рішення були реалізовані МГЕ та процедура покрокового навантаження. При розв'язку задачі враховувались симетричний розподіл навантаження та розглядалась половина розрахункової області.

Для цієї активної зони кількість граничних елементів склала 182 трикутних осередки. При напрацюванні алгоритму визначалась матриця піддатливості МГЕ, яка характеризувала фізико-механічні характеристики ґрунтів на кожному кроці навантаження.

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження взаємодії ґрунту з пірамідальними палями

Дослідження взаємодії ґрунту з пірамідальними палями являє собою вивчення характеру зміни НДС в навколопальовому просторі при різних навантаженнях аж до руйнування.

Питання, пов'язані з пірамідальними палями розглядалися багатьма вітчизняними та зарубіжними дослідниками. Дослідженням механізму взаємодії ґрунту з пірамідальними палями займалися: Голубков В.Н., Бойко І.П., Догадайло А.И., Коган А.Р., Тугаєнко Ю.Ф., Моргун А.І., Бовкун Ф.К., Колесніков Л.И., Синявски., Яковлев А.В., Бахолдін Б.В., Ігонькін І.Т. та інші.

На теперішній час в Україні здійснюється широка програма житлового та промислового будівництва. Для успішного виконання поставлених задач необхідне покращення якості та зниження кошторисної вартості будівництва. Особливо це відноситься до фундаментобудування яке займає біля 40% часу спорудження та біля 30% кошторисної вартості. На рис. 3.1 подано дані експериментальних статичних досліджень [14] поведінки під навантаженням пірамідальних паль С5 та С6, та проведено порівняння з ними результатів числових досліджень за МГЕ (рис.3.2, 3.3).

Таблиця 3.1 Данні співставлення результатів числового моделювання за МГЕ з експериментом

	Величина відання	Експеримент [4]	Числові за МГЕ дослідження
5	Заглиблення палі 2.2 см.	228 КН	220 КН
6	Заглиблення палі 2.2 см.	430 КН	410 КН

При осіданні 2,2 см. величина навантаження (несуча спроможність пірамідальної палі С5 за МГЕ) склала 220 кН., для палі С6 – 410 кН. в ґрунтах природньої вологості. Дані числових досліджень добре співпадають з показниками експериментів [14,32] (для палі С5 за експериментом склала 228 кН., для палі С6 – 430 кН.) та чітко фіксують і числові дослідження за МГЕ і експеримент, що збільшення кута конусності пірамідальної палі сприяє підняттю їх несучої спроможності.

Із даних експериментальних досліджень *оптимальним кутом* при вершині пірамідальної палі (кут конусності) *є кут біля 20°*.

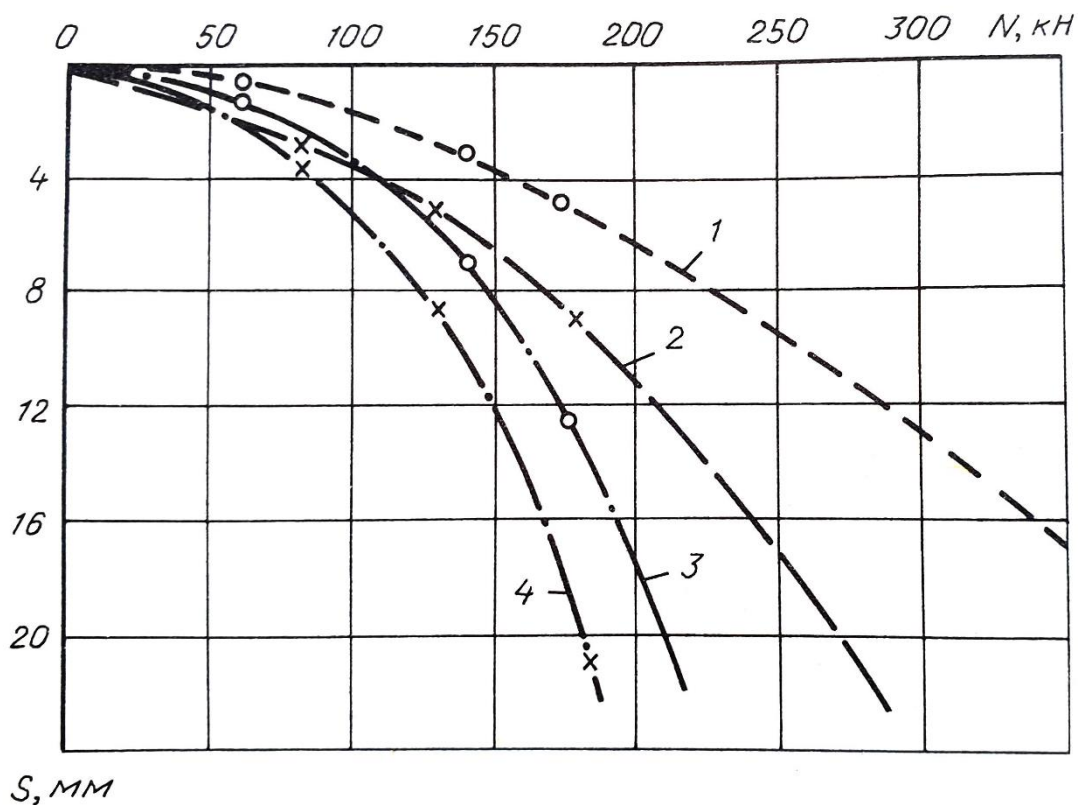
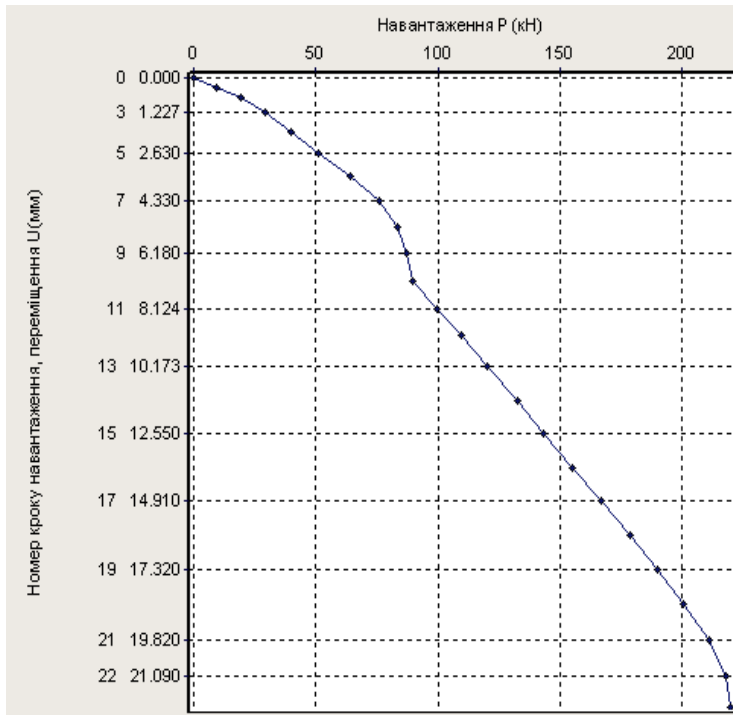
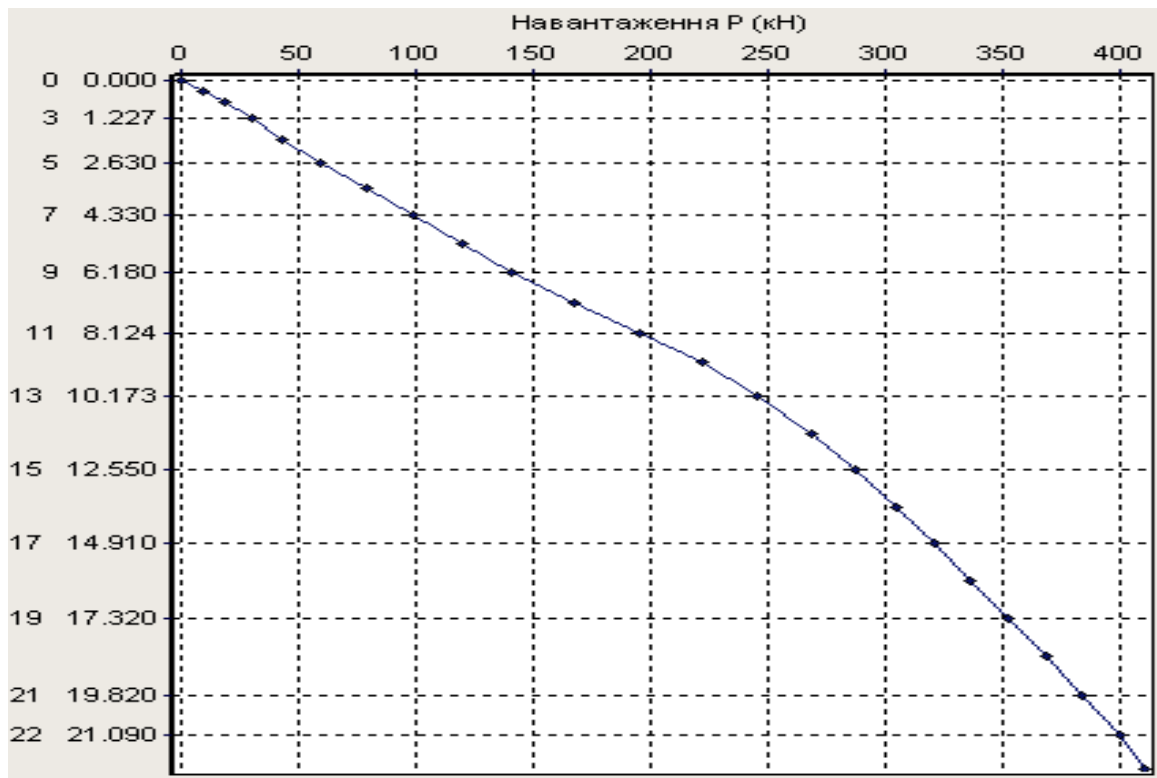


Рисунок 3.1

Рисунок 3.1 – Результати експериментальних досліджень [14] палі С6 (1) та пірамідальної палі С5 (3) в ґрунті природньої вологості; криві 2 та 4 – результати поведінки цих же палей після замочування



а)



б)

Рисунок 3.2 – Результати числового прогнозу за МГЕ роботи під навантаженням пірамідальних паль [14]: а) – С5, б) – С6 в ґрунті природньої вологості

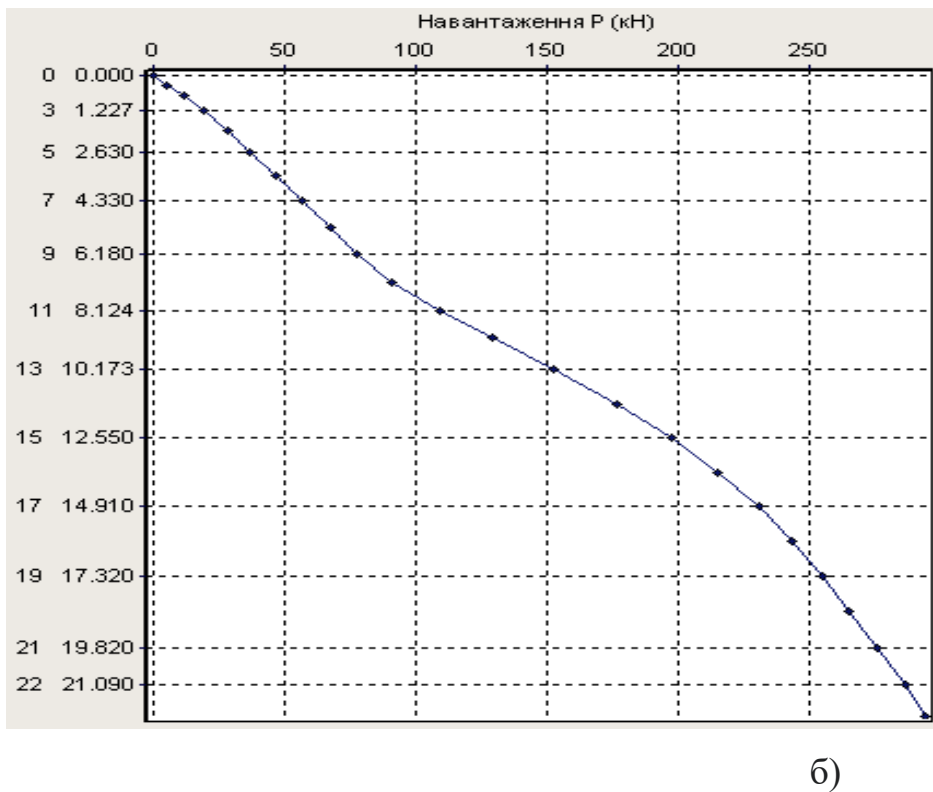
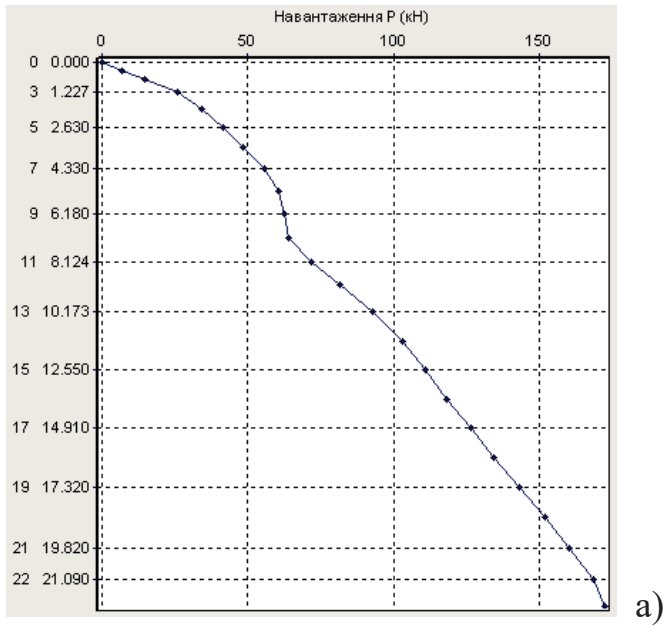


Рисунок 3.3. Результати числового прогнозу за МГЕ роботи під навантаженням пірамідальних паль [14]: а) – С5, б) – С6 після замочування

3.2 Етапи визначення НДС пірамідальної палі

При реалізації на ЕОМ алгоритм визначення НДС пірамідальної палі складався із етапів:

1. Формування вихідних даних.

2. Інтегрування фундаментальних рішень Р. Міндліна для отримання матриці впливу (матриці піддатливості) МГЕ.

3. Компоновка розрахункової СЛАР.

4. Знаходження коренів СЛАР.

5. Визначення несучої спроможності фундаментної конструкції, отримання графіка «навантаження – осідання».

Несуча спроможність пірамідальної палі визначалась з використанням математичного моделювання, яке складається з процесу створення моделі, оперування нею з метою отримання відомостей про реальний об'єкт. Математична модель забезпечує:

- зменшення часу на підготовку аналізу,
- зменшує матеріалоємність досліджень, особливо при проектуванні великомасштабних об'єктів,
- дає можливість проведення експериментів на критичних режимах.

Результати числового моделювання за МГЕ процесу деформування системи «пружно-пластична основа – пірамідальна паля» по запропонованій методиці відповідають загальноприйнятим уявленням та дають хорошу відповідність даним експериментальних досліджень, які отримані безпосередні заміром тиску в ґрунті основі мездозами [14], (рис. 3.1 – 3.3).

Наявний розкид достатньо прийнятний в практичних розрахунках.

Аналіз графіка «осідання – навантаження» (рис. 3.2) показує, що при малих навантаженнях спостерігається практично лінійна залежність. При збільшенні величини навантаження графік отримує нелінійність в результаті значного розвитку зон пластичних деформацій в активній зоні навколопальнової основи.

Запропонована концепсія восьми параметричної математичної моделі дозволяє враховувати в більшій степені всю складність ґрунтових умов будівельного майданчика. Використання з дилатансійної моделі [2,10] дає можливість ще на стадії проектування прогнозувати стан основи споруди в різних інженерно-геологічних умовах, що дозволяє підняти якість проектного

розрахунку, можливість збільшити термін експлуатації будівлі шляхом регулювання її НДС. Вирішення цього питання має як наукове так і прикладне значення.

Врахування нелінійної роботи ґрунту в розрахункові моделі наближує теоретичне рішення до реальної роботи ґрунту і дозволяє отримати більш достовірну модель поведінки основи ґрунту під навантаженням. Розрахунок ґрунту по пружньопластичній моделі приводить до таких концентрацій напружень, які спостерігаються в природі.

Напрацьована за числовим МГЕ нелінійна модель для визначення НДС пірамідальних паль від дії вертикальних навантажень для конкретних ґрунтів і розмірів паль (їх довжини, кута збігу) дає можливість отримання ефективного проектного рішення.

Сучасний етап розвитку механіки ґрунтів характеризується активним переходом до нових розрахункових моделей, що відображають все з більшою повнотою реальні властивості ґрунтів. Відома з моменту перших досліджень характерна особливість ґрунтів накопичувати пластичні (залишкові) деформації при навантаженні викликала інтерес дослідників до моделей теорії пластичності, особливо до моделей найбільш складного її варіанта – теорії пластичної течії.

Головний шлях розвитку механіки ґрунтів – дослідження пружнопластичних дилатансійних моделей та їх удосконалення на основі порівняння з експериментом.

Розроблена методика розрахунку за числовим МГЕ значно покращує економічність фундаментів за рахунок більш повного використання несучої спроможності і деформативних властивостей ґрунтів і різко скорочує трудові затрати проектувальників.

Напрацьована дилатансійна модель дозволяє розглянути граничний стан основи за двома групами (несучі здатності і деформацій) в рамках однієї розрахункової моделі.

Основні положення використаної математичної моделі науково обґрунтовані. Модель дає можливість отримати числові розв'язки задачі,

виконати прогноз поведінки пірамідальної палі, удосконалити та поглибити наукові уявлення про вплив кута конусності на несучу спроможність пірамідальних паль.

Теоретичні дослідження, а також аналіз публікацій дозволили зробити достатньо обгрунтовані висновки і пропозиції. Робота є вкладом в рішення проблеми визначення НДС фундаментних конструкцій пірамідальних паль, підняття їх якості та надійності.

Якість сучасних розрахунків постійно піднімається. Прагнення внести ясність в цю проблему заслуговує на увагу. Сучасні методи визначення теоретичного і прикладного характеру НДС – лише початок, який потрібно розвивати та розширювати.

3.3. Висновок по розділу

Розроблена методика розрахунку за числовим МГЕ значно покращує економічність фундаментів за рахунок більш повного використання несучої спроможності і деформативних властивостей ґрунтів і різко скорочує трудові затрати проектувальників.

Запропонована концепсія восьми параметричної математичної моделі дозволяє враховувати в більшій степені всю складність ґрунтових умов будівельного майданчика.

Напрацьована за числовим МГЕ нелінійна модель для визначення НДС пірамідальних паль від дії вертикальних навантажень для конкретних ґрунтів і розмірів паль (їх довжини, кута збігу) дає можливість отримання ефективного проектного рішення.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1. Район будівництва

Підставою для розроблення проекту будівництва житлової будівлі в місті Бар є завдання на проектування.

Виділена під будівництво житлового будинку ділянка розташована недалеко від центральної частини м. Бар. Майданчик будівництва розташований в Гречанському районі по вул. Свердлова. У плані будинок має наближену до прямокутної форму. Місто Бар являється адміністративним центром Вінницької області. Клімат регіону помірний. Середні температури січня біля -8°C , липня 21°C . Середня кількість опадів біля 500 мм в рік. Середня вологість повітря найбільш холодного місяця біля 89%, а найбільш теплого – 56%. Глибина промерзання ґрунтів — 0,90 м, відповідно до кліматичної карти України.[46]

4.1.2. Природно-кліматичні характеристики району будівництва

- Розрахункова температура найбільш холодної п'ятиденки - мінус 34°C ;
- Тривалість опалювального періоду - 218 добу;
- Середня температура опалювального періоду - мінус $7,3^{\circ}\text{C}$;
- Район по вітрового тиску - III;
- Район по сніговому покриву - III;
- Зона вологості - 3 (суха).

Умови експлуатації огорожувальних конструкцій - А, так як суха зона вологості і нормальний режим експлуатації;

4.1.3. Генеральний план

Генеральний план ділянки складений на підставі архітектурно-

планувального завдання , вимог ДБН.

Розміщення об'єкта на майданчику і рішення генерального плану виконані з дотриманням протипожежних і санітарних вимог. Виділений під будівництво житлового будинку ділянка розташована в північній частині м. Бар по вул. Свердлова . Категорія земель - «землі поселень ». Рельєф місцевості спокійний.

На генеральному плані розміщені:

- 1 . Проектуєма 10 -ти поверхова будівля ;
- 2 . Майданчики для відпочинку та спорту.

Основні показники генерального плану :

- Загальна площа ділянки - 10784,0 кв.м
- Площа забудови - 980,2 кв.м
- Площа покриттів - 6011 кв.м
- Площа озеленення - 3586 кв.м.

Так як будинок складається з 2 та 3-ьох кімнатних квартир поліпшеного планування і квартири мають досить велику площу, то доцільно виконати проектування прибудинкових обширних майданчиків для спорту і відпочинку підростаючих поколінь (квартири в першу чергу планується продавати молодим сім'ям).

Ділянка з усіх боків обмежена існуючою забудовою. Транспортна зав'язка - підходи до об'єкта забезпечуються з вул. Свердлова існуючими і проєктованими підходами і підїздами з асфальтобетонним покриттям. Вертикальне планування ділянки виконана з урахуванням рельєфу місцевості і забезпечення водовідведення від будівлі. Проектом передбачається посадка дерев і чагарників у зонах, вільних від забудови, покриттів. У місцях прокладання інженерних комунікацій запроектовано влаштування квітників та газонів з посівом багаторічних трав. Вказівки по посадці зелених насаджень, асортимент рослин, їх композиція сприяє створенню мікроклімату, захищає проєктований об'єкт від шуму і пилу і є частиною архітектурного ансамблю проєктованого об'єкта.[47]

4.1.4.Об'ємно-планувальні рішення

На першому поверсі розташовані офісні приміщення , загальною площею 645 м² , приміщення товариства власників житла , площею 19,1 м² , приміщення консьєржки , площею 19,1 м².

З другого по десятий поверхи розташовані:

- 3 -х кімнатна квартира , площа загальна 133,4 м²;
- 3 -х кімнатна квартира , площа загальна 133,4 м²;
- 3 -х кімнатна квартира , площа загальна 122,4 м²;
- 3 -х кімнатна квартира , площа загальна 122,4 м²;
- 2 -х кімнатна квартира , площа загальна 99,0 м²;
- 2 -х кімнатна квартира , площа загальна 88,9 м²

4.1.5. Художньо- естетичне рішення

У наші часи з'являються різні сучасні нові будівельні матеріали , за допомогою яких зводяться будівлі . Велика увага приділяється монолітному будівництву , але існує таке поняття , як класика і до цього поняття в будівельній справі можна віднести цегляну кладку, тобто кам'яні роботи . Переважне використання кам'яної кладки в будівництві житлових та інших будівель у порівнянні з іншими видами матеріалів ставить їх у ряд найбільш широко застосовуваних у всіх районах країни, практично на всіх будівництвах, особливо на будівництві житлових будинків. Правда для виконання цих робіт потрібна велика кількість робочих мулярів, підготовку яких доцільно здійснювати в організованому порядку, через систему професійно-технічних училищ , за єдиними програмами , які відповідають вимогам забезпечення будівництв кваліфікованими кадрами .

При проектуванні будівлі приділити увагу колірному оформленню фасадів, примінити високоякісні будівельні матеріали і конструкції. Планувальну структуру забудови формувати з урахуванням природно- кліма-

тичні і ландшафтних особливостей , компактного розміщення і взаємозв'язки функціональних зон.

4.1.6.Архітектурно- конструктивне рішення

Просторова жорсткість будівлі забезпечується спільною роботою несучих монолітних стін , колон і дисків перекриттів. Стіни ліфтів - залізобетонні товщиною 0,2 м. 0,16 м.

Колони - монолітні залізобетонні , перерізом 400x400мм .

Перекриття - монолітне залізобетонне товщиною 0,2 м.

Ліфтові шахти - монолітні залізобетонні .

Сходові марші - монолітні залізобетонні .

Матеріал стін - важкий бетон класу С20/25, вертикальна і горизонтальна арматура класу А400С.

Матеріал плит перекриття - важкий бетон класу С20/25, арматура верхніх і нижніх сіток класу А400С.

Зовнішні стіни - самонесучі з піноблоків марки D600, обшитих утеплювачем, зовні штукатуряться по утеплювачу і фарбуються. Блок - = 400мм ($\rho = 600$ кг/м³) по ГОСТ 21520 -89. Принято утеплювач - «Роквул» = 100мм. Стінові блоки спираються на монолітне перекриття в межах одного поверху.

Вентблоки - збірні залізобетонні індивідуального виготовлення , висотою 2800мм , виконані в опалубці конструкцій серії « 90 ».

Міжквартирні перегородки - керамзитобетонні дрібноштучні блоки - 150мм , міжкімнатні - гіпсолітові - 80мм , керамзитобетонні - 120мм.

Вище 5 - го поверху перегородки зі штукатуркою по сітці з двох сторін.

Покрівля - плоска , водостік - внутрішній .

Оздоблення фасаду - декоративна штукатурка з подальшим забарвленням . Оздоблення фасаду в рівні технічного поверху - профнастил НС 35 .

Усередині приміщень капітальні стіни облицювати ГКЛ по серії 1.073 . 9-2.0 марка облицювання С611 із застосуванням клею " Перлфікс " . У

приміщеннях з підвищеною вологістю застосувати листи ГКЛВ , в коридорах, сходових клітках і холі застосувати листи ГКЛЮ .

Віконні блоки - металопластикові з двокамерним склопакетом.

Дверні блоки - металеві.

Конструкції фундаментів і несучих конструкцій розроблені стосовно до умов геологічних вишукувань .

Виробництво бетонних робіт при негативних температурах.

Фундаменти будівлі плитні монолітні залізобетонні під всю будівлю зі стоянкою , товщиною 800мм. Під фундамент необхідно виконати підготовку з бетону класу С5/7,5 товщиною 100мм .

За відносну відм. 0,000 прийнято рівень підлоги сходової площадки першого поверху.

Екскавацію ґрунту при розробці траншей виробляти до оцінки не доходячих на 15 - 20см. до проектних . Доопрацювання ґрунту до проектних відміток виконати вручну.

Після розробки ґрунту , до влаштування фундаментів , запросити геолога для огляду ґрунтів основи .

Зворотну засипку пазух фундаментів і підготовку під підлоги виробляти місцевим ґрунтом , без будівельного сміття , з пошаровим ущільненням , висотою шару 0,3 метра , коефіцієнт ущільнення - 0,95.

Внутрішнє оздоблення: стіни кабінетів, приймалень і приміщень персоналу обклеюються шпалерами під фарбування. Це дозволяє при необхідності внести зміни в колірну палітру кімнат. Покриття стін керамічною плиткою для обробки санітарно-гігієнічних приміщень. В коморах і складах стіни фарбуються водоемульсійною фарбою. Коридори та холи мають покриття стіни з фактурної штукатурки. Стелі в службових, побутових, адміністративних приміщеннях, коридорах виконуються підвісними з мінеральних матеріалів. В мокрих приміщеннях застосовуються металеві панелі. Зовнішнє оздоблення: цоколя - гранітом, зовнішні стіни - декоративна штукатурки.

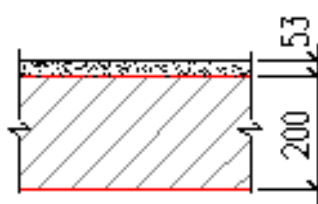
Таблиця 4.1-Відомість опорядження приміщень

Найменування приміщення	Вид опорядження елементів інтер'єрів			
	Стеля	Площа, м ²	Стіни, перегородки цегляні	Площа, м ²
Цокольна частина				
Прим.прибирального інвентарю, пункти управління мережами	Затирка, пофарбування емалевою фарбою	415	Штукатурка , пофарбування емалевою фарбою	1037,5
Коридори	Затирка, пофарбування емалевою фарбою	95	Штукатурка , пофарбування емалевою фарбою	237,5
1-й поверх				
Коридор загального користування , ліфтовий хол	Затирка, пофарбування водоемульсійною фарбою	63	Високоякісна штукатурка, пофарбування водоемульсійною фарбою	127
2-10 поверх				
Коридор, вітальня, спальня, хол	Затирка - безпіщанка	3400	Гіпсокартон на клею , шпаклівка	7290
Кухня- їдальня, Санвузол	Затирка- безпіщанка	1050	Вологостійкий гіпсокартон на клею за технологією	2900

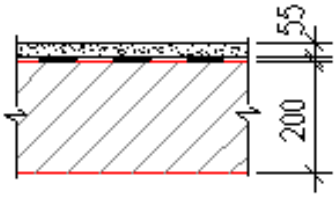
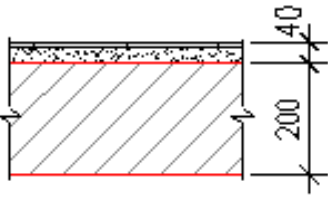
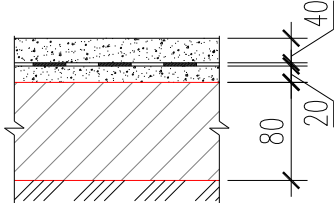
Продовження табл. 4.1

Коридор загального користування , ліфтовий хол	Затирка- без піщанка, пофарбування водоемульсійною фарбою	320	Високоякісна штукатурка, пофарбування водоемульсійною фарбою	640
Технічний поверх				
Машинне приміщення ліфтів, венткамера, коридор, дахова котельня	Затирка- без піщанка, пофарбування водоемульсійною фарбою	370,5	Штукатурка , пофарбування емалевою фарбою	926,25
1-10 поверх, технічний поверх				
Лоджія	Затирка- без піщанка, пофарбування водоемул. фарбою	480	Штукатурка по сітці	480

Таблиця 4.2 -ксплікація підлог

Назва або номер приміщень	Тип	Схема підлоги	Елементи підлоги і їх товщина	Площа підло-ги м ²
1	2	3	4	5
Хол, коридор, лоджії, приміщен. конс'єржа, комора, вбудовані приміщен. громадс.	1		Мікрозернистий шліфований бетон 40 мм; Цементно – піщана стяжка 40 мм; Базальтові прошиті мати 65 мм 3/6 пустона плита 220мм.	622,8

Продовження табл. 4.2

Санвузли	2		Покриття – керамічна плитка ГОСТ 6787 – 2001 -13; Прошарок і заповнення швів сумішшю CERESIT CM – 10мм; Цементно піщана стяжка 40мм М75; Гідроізоляція – 2 шари руберойду на бітумній мастиці; 3/6 пустотна плита 220мм.	251,6
Житлові кімнати	3		Покриття – штучний паркет з твердих порід деревини 15 мм; Звукоізоляція Необрізна дошка 20 мм Брус 40х40 з кроком 600мм; 3/6 пустотна плита 220 мм.	2389,9
Підвальні приміщення	4		Вирівнююча бетонна стяжка 30 м Бетон С8/10 100 мм Поліестер Шар піску 20 мм Шар щебеню 30 мм	

4.1.7. Теплотехнічний розрахунок стіни з ефективним утеплювачем

Вихідні дані:

Район будівництва — місто Бар.

Згідно карти-схеми температурних зон м. Бар відноситься до 1-ї температурної зони. Нормоване зниження опору теплопередачі для даної температурної зони [44].

Попередньо позначаємо конструкцію стіни, в залежності від конструктивних особливостей, навантаження на стіну, призначення стіни, матеріалу шарів [45].

Таблиця 4.3 - Складові конструкції зовнішньої стіни

№	Найменування, щільність	λ , Вт/(м ² °С)	t, мм
1	2	3	4
1	Газо-і пінобетон, газо-і пеносиліката, 600 кг/м ³	0.22	400
2	Розчин складний (Пісок, вапно, цемент), 1700 кг/м ³	0.7	20
3	Плити мінераловатні ROCKWOOL ФАСАД БАТТС 145 кг/м ³	0.045	100

Термічний опір одношарової конструкції обчислюємо за формулою:

$$R = \delta / \lambda; \quad (4.1)$$

де R – термічний опір однорідної конструкції, м; δ - товщина шару однорідної конструкції; λ – коефіцієнт теплопровідності Вт/м²°С

Загальний фактичний опір теплопередачі конструкції знаходимо за формулою:

$$R_{\phi} = 1/\alpha_{в} + \sum R_i + 1/\alpha_{з}, \quad (4.2)$$

де $\alpha_{в}$ – коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожуючої

конструкції, $\alpha_{в}=8,7$;

$\alpha_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої конструкції, $\alpha_{з}=23$;

Використовуючи формулу (1.2) і прийнявши товщину утеплювача 100мм маємо:

$$R_{\phi} = 1/8,7 + 0,029 + 1,82 + 2,22 + 1/23 = 0,115 + 0,043 = 4,2 \text{ (м}^2\text{°С/ Вт)};$$

$$R_{\phi} = 4,2 \text{ м}^2\text{°С/ Вт} > R_{н} = 3,3 \text{ м}^2\text{°С/ Вт}.$$

Приймаються товщину утеплювача 100мм.

Таблиця 4.4 - Специфікація заповнення проємів вікон и дверей.

Поз.	Позначення, ескіз	Назва	Кількість на поверх					Примітка	
			план на отм. -2,300	план на отм. 0,000	Типовые этажи (2-9)	план на отм. 27,130	Всего		
Дверні блоки									
1	Індивідуального изготовления	ДГ 1750x1010	2	-	-	-	2	Двері металеві	
2		ДГ 1750x1010 (левая)	1	-	-	-	1		
	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-7п			6		3		
		ДГ 21-7лп			6		3		
	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-7п							
		ДГ 21-7лп							
		ДО 21-8			6		0		
		ДО 21-8л			6		0		
		ДО 21-9							
0		ДО 21-9л							
1		ДГ 21-9			2		6		
2		ДГ 21-9л			2		6		
3	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-10п			2		6		
4		ДГ 21-10лп			2		6		
5	ГОСТ 6629-88	ДГ 21-10			6		8		Двері самозакри ваємі
6		ДГ 21-10л			6		8		
7	ГОСТ Т 6629-88	ДО 21-13			5		1		

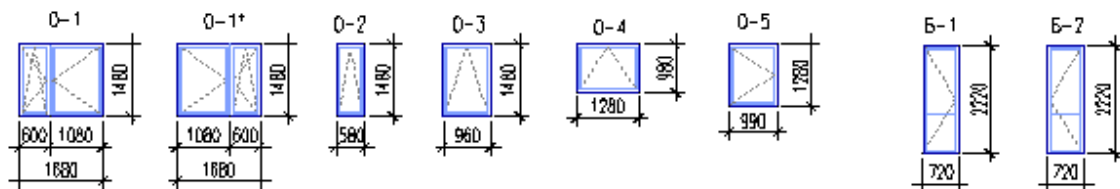
Продовження таблиці 4.4

8	ГОСТ 24698- 81	ДНО 21-13						Двері металеві
8*		ДНО 21-13п						Двері металеві з кодовим замком
9		ДГ 21-10						Двері металеві з утеплювачем
9*	ГОСТ 24698-81	ДГ 21-10						Двері протипожарні, ЕІ 45
0		ДГ 21-10						Двері протипожарні, ЕІ 30
0*		ДГ 21-10						Двері протипожарні, ЕІ 45
1	Індивідуал ьного виготовлен ня	ДГ 1590x750						Двері протипожарні, ЕІ 30
2		ДГ 1730x1010						
3		ДГ 1600x910						
4		ДГ 1750x910						
4		ДГ 1750x910л						
5		ДГ 1750x910(левая						
4*		ДГ 1750x1010						Протипожарні, 1-го типу ЕІ 60
6		ДГ 1600x1010						
Віконні блоки								

Продовження таблиці 4.4

-1	ГОСТ 23166-99	О П ОСП 1480x1680 ПО П			6		4
-1*		О П ОСП 1480x1680 ПО Л			3		1
-5		О П ОСП 1280x990 П			0		0
Балконні двері, вітражі							
-1	ГОСТ 23166-99	Б П ОСП 2220x720 П			6		0
-2		Б П ОСП 2220x720 Л			2		6
-1		О П ОСП Л					
-2		О П ОСП П					
-3		О П ОСП Л					

Відомість віконних і балконних дверних блоків, вітражів.



4.1.8. Інженерне обладнання

Водопостачання.

Джерелом водопостачання являється раніше запроектована замовником кільцева водопровідна перемичка $\varnothing 315$ мм (між водоводом $\varnothing 300$ мм по вул. Шевченко і водоводом $\varnothing 150$ мм по вул. Бородія) з метою гарантованого забезпечення проектуємих житлових будинків та існуючої забудови в районі вул. Бородія. Тиск в точці підключення – 25,0 м.

Каналізація.

Стічні води від житлового будинку підключаються в каналізаційну мережу $\varnothing 300$ мм по проїзду Адмірала Тутковського. До початку будівництва житлового будинку поз.1, необхідно виконати обнос існуючої каналізації $\varnothing 150$ мм, яка підпадає під проектуєму забудову. Зовнішні каналізаційні мережі монтуються із двошарових поліпропіленових труб ПП-Б тип В із структурованою стінкою $\varnothing 160-300$ мм.

Опалення та вентиляція.

Джерело теплопостачання – проектуєма дахова котельня.

Система опалення прийнята двотрубна, тупикова, з верхнім розведенням, двох зональна.

Опалювальні прилади – біметалеві радіатори ВАТ „Пресс”.

Теплоносій – вода з параметрами 90-70°C.

Для автоматичного регулювання передбачені регулюючі клапани RTD-N з термостатичними елементами.

Витрати тепла на опалення 1437000 Вт (1236000 ккал/год).

Витрати тепла на 1 м² загальної площі (без урахування інфільтрації):
59,1 Вт

(50,8 ккал/год.).

Трубопроводи системи опалення – металеві.

Для житлових приміщень система вентиляції – припливно-витяжна з природним спонуканням повітря. Приплив – неорганізований, здійснюється за рахунок відкривання фрагуг і встановлення в вікнах провітрувачів.

Витяжка – організована природна, через витяжні канали ванн, санвузлів і кухонь.

4.1.9 Електромеханічна частина

Силове електрообладнання

Електропостачання проектуємих вбудованих приміщень виконується кабельними лініями 0,4 кВ від ТП-475.

Точки приєднання згідно ТУ:
в електрощитовій житлового будинку для житлового будинку;
в РУ–0,4 кВ ТП–475 для вбудованих приміщень.

Живлення споживачів електроенергії житлового будинку передбачається взаємо-резервуємими лініями змінного струму напругою 380/220В з глухим заземленням нейтралі з системою заземлення TN–C–S.

Облік електроенергії проектуемого будинку передбачений поквартирний і загальний на ВРУ, для загальнобудинкового навантаження, сходових клітин, ліфтів передбачений окремий облік.

Для вбудованих приміщень, також, передбачається окремий облік електроенергії.

Ввідно-розподільні пристрої встановлюються в електрощитових, розташованих в підпідлоговому просторі житлового будинку кожної секції.

На кожному поверсі сходової клітини (коридорі) у нішах встановлюються поверхові щити серії ЩЭ30 з пристроєм захисного відключення (ПЗВ) на кожен квартиру.

Електричне освітлення сходових клітин, коридорів прийнято світильниками з люмінесцентними лампами, інших приміщень лампами розжарювання відповідно до вимог.

Електроосвітлення

Проектом передбачено влаштування наступних видів освітлення житлового будинку:

- а) робоче освітлення – у всіх приміщеннях будинку;
- б) аварійне – в приміщенні консьержа, теплопункту, електрощитовій, машинному приміщенні ліфта, венткамерах;
- г) евакуаційне – в ліфтових холах, поверхових коридорах, на сходових клітинах, вбудованих приміщеннях;
- д) місцеве (ремонтне) – в електрощитовій, машинному відділенні ліфта.

Світильники аварійного та евакуаційного освітлення приєднуються до мережі незалежної від мереж робочого освітлення приміщень, починаючи від

ВРУ та виділяються від світильників робочого освітлення спеціально нанесеними позначками (“А”, “Е”).

Внутрішня проводка мереж електроосвітлення квартир виконується трипроводними лініями, кабелем не розповсюджуючим горіння, з низьким димогазовиділенням типу ВВГ-LS у шарі штукатурки приховано.

Стояки до поверхових щитів, освітлення сходових клітин, коридорів, живлення ліфтів та машинного приміщення ліфта, венткамер виконується кабелем ВВГ-LS в сталевих трубах, які прокладаються приховано в каналах та штрабах, які передбачені архітектурно-будівельною частиною проекту.

Проводку до світильників евакуаційного освітлення і показників “Вихід”, сигналізації оповіщення про пожежу передбачається обрати кабелями з межею вогнестійкості не менше 15 хвилин.

Мережі евакуаційного освітлення, живлення показників “Вихід” та сигналізації

оповіщення про пожежу виконуються вогнестійким силовим кабелем типу N2XH EF180/E30.

Усі розподільчі та групові мережі виконуються кабелем не розповсюджуючим горіння, з низьким димогазовиділенням марки ВВГ-LS, який прокладається:

- а) по підпідлоговому просторі - відкрито у сталевих трубах;
- б) в стояках - в штрабах у сталевих трубах.

Керування освітленням входів у будинок, сходових клітин з природним освітленням автоматизовано через програмне реле часу.

Для автоматичного управління робочим освітленням сходових клітин передбачається встановлення автоматичних вимикачів з регульованою затримкою часу.

В передпокоях квартир передбачено встановлення електричних дзвоників.

Проектом передбачено, також, управління системами підпору повітря та димового видалення.

Мережа вогнестійкості проходок електричних кабелів через стіни житлового будинку з нормованою межею вогнестійкості має бути не меншою ніж нормована межа вогнестійкості житлового будинку за ознакою EI.

Заземлення, занулення

Передбачені наступні захисні заходи:

- а) заземлення металевих конструкцій ввідно-розподільних пристроїв, щитів, світильників, металевих труб та протяжних коробок;
- б) встановлення пристроїв захисного відключення (ПЗВ) на струм витоку 30 мА на групових лініях живлення квартир, а також на лініях мережі штепсельних розеток загальнобудинкового призначення;
- в) захисне відключення електроприймачів.

На вводі у будинок виконується основна система зрівнювання потенціалів, для чого усі інженерні комунікації, мережі блискавкозахисту, приєднуються до РЕ шини у електрощитовій будинку.

Для ванних кімнат виконується додаткова система зрівнювання потенціалів, шляхом приєднання корпусу ванної, до захисного РЕ-провідника в найближчій розгалужувальній коробці електромережі.

Металеві труби водопроводу, гарячої води та опалення відносяться до основної системи зрівнювання потенціалів і приєднуються до головної заземлювальної шини.

Проектом передбачається герметизація вводів інженерних мереж, яка не дозволяє проникненню вологи та газу через труби з траншеї в приміщення будинку.

Обслуговуючий персонал повинний бути забезпечений комплектом захисних засобів відповідно до вимог по охороні праці при експлуатації електроустановок споживачів.

4.1.10 Протипожежні заходи

Ступінь вогнестійкості будинку прийнятий I для даного класу відповідальності.

В проєкті передбачені наступні заходи по пожежній та вибухопожежній безпеці:

для захисту від проникнення газу в приміщення введення інженерних комунікацій підлягають герметизації;

у притвори дверей шахт ліфтів, дверей у сходову клітку, вхідних дверей у квартири встановлені ущільнювальні прокладки. Місця перетинання комунікацій з конструкціями підлягають ущільненню;

з вбудованих приміщень 1-го поверху передбачено вихід безпосередньо назовні (відкривання дверей по ходу евакуації);

при розміщенні дахової котельні на газовому паливі розроблені додаткові заходи пожежної безпеки;

для евакуації в кожному блоці запроектовано незадимлювану сходову клітку типу Н1, з виходом на зовні;

в якості другого евакуаційного виходу в кожній квартирі запроектовано вихід на лоджію із суцільним простінком не менше як 1,2 м від торця лоджії до віконного прорізу; дані лоджії не підлягають остікленню;

двері ліфтових холів укомплектувати ущільнюючими прокладками, в якості засклення дверей прийняти армоване скло з межею вогнестійкості Е1–30;

вхідні двері в квартири прийняті протипожежними з межею вогнестійкості Е1–30;

вихід на горище з коридору 14 поверху, вихід з горища на покрівлю передбачено через протипожежні двері Е160;

генеральним планом передбачено влаштування під'їздів і кругового проїзду з твердим покриттям для пожежних машин, для можливості доступу пожежних з драбин в кожную квартиру і на покрівлю.

4.1.11 Санітарні умови та вимоги

В приміщеннях влаштовані прилади опалення - радіатори, що забезпечують температуру внутрішнього повітря +20 С згідно вимог. В

приміщеннях санвузлів подається холодна та гаряча вода. Відведення побутових стоків здійснюється самопливом в зовнішню каналізаційну систему. Всі приміщення у відповідності з діючими нормами та правилами забезпечують сприятливі санітарно-гігієнічні та безпечні умови.

4.2 Основи і фундаменти

4.2.1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчику

Рельєф ділянки рівнинний. Інженерно-геологічна будова майданчику показана на розрізі рисунку 3.1.

Ґрунтові води залягають на глибині 2 м. Коливання рівня ґрунтових вод не значні, в межах 30 см. Ґрунтові води не агресивні до бетону конструкцій.

У таблиці 3.1. представлено фізико-механічні характеристики ґрунтів.

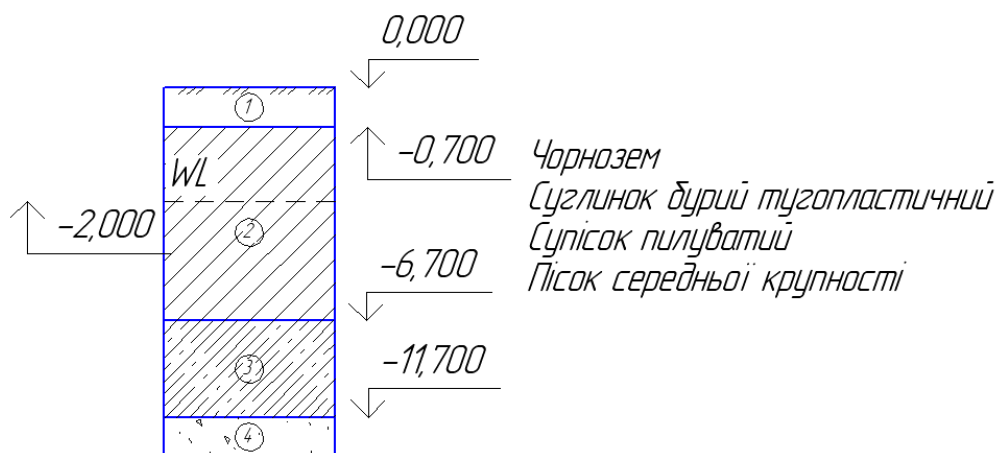


Рисунок 4.1. Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика

4.2.2 Збір навантажень на фундаменти

Збір навантажень виконуємо для фундаментів середньої несучої колони, що знаходиться на перетині осей 9-Г. Результати розрахунків представлені у таблиці 3.2. Навантаження збирались на рівні обрізу фундаментів.

Вантажна площа:

$$A_{\text{вант}} = 5,4 \cdot 6,5 = 35,1 (\text{м}^2)$$

Таблиця 4.1

Фізико-механічні характеристики ґрунтів

№ ПЕ	Найменування ґрунтів	Потужність шару, м	Питома вага	Вологість			Питома вага частинок	Питома вага виваженого ґрунту	Коефіцієнт пористості	Ступінь вологості	Число пластичності	Показник текучості	Питома зчеплення	Кут внутрішнього тертя	Модуль деформації
			γ , кН/м ³	w	w _L	w _p	γ_s , кН/м ³	γ_{sb} , кН/м ³	e	S _r	I _p	I _L	c, кПа	ϕ , град.	E, МПа
1	Чорнозем	0,7	16	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Суглинок бурий тугопластичний	6	19	0,2	0,25	0,15	27	9,9	0,71	0,76	0,1	0,5	25	21	15
3	Супісок пилуватий	5	16	0,19	0,21	0,14	26,7	8,43	0,98	0,52	0,07	0,71	5	19	9
4	Пісок середньої крупності	необ.	19,9	0,18	-	-	26,5	10,5	0,57	0,84	-	-	2	37	38

Таблиця 4.2.

Характеристичні і розрахункові значення навантажень на фундамент

Вид навантаження	Характеристичне навантаження, кН	γ_{fm}	Експлуатаційне навантаження кН	γ_{fm}	Граничне навантаження, кН
1	2	3	4	5	6
Постійна: g, Власна вага перекриття $A_{вант} \cdot \sum \gamma_i \delta_i = 35,1 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot 9,8 \cdot 10$	2646	1	2646	1.1	2910,6
Власна вага покриття: а) плита покр- 35,1·0,2·2500·9,8	176,4	1	176,4	1.1	194,04
б) мін. вата – 35,1·0,15·400·9,8	21,2		21,2	1.3	27,56
в) цем. піщ розч. – 35,1·0,05·1500·9,8	26,46	1	26,46	1,3	34,4
Власна вага колони – 31,9·0,4 ² ·2500·9,8	125		125	1,1	137,7
Власна вага перегоронок 0,5·36·10	180		180	1,2	216
Тимчасові: Снігове $A_{вант} \cdot S_0 = 1,4 \cdot 35,1$	50,4	0,49	24,7	1,14	57,5
Корисне: $A_{вант} \cdot N = 2 \cdot 35,1 \cdot 11$	792	1	792	1,3	1029,6
Всього:	4013,76	1	4013,76		4631,4
Коефіцієнт надійності за призначенням будівлі	0,975	1	0,975		1.1
Навантаження на фундамент	3939,1	1	3913,4		5094,5 4

4.2.3 Обґрунтування вибору варіантів фундаментів і їх глибини закладання

Визначення глибини закладання фундаментів.

Варіантне проектування фундаментів виконуємо для колони по осях 9-Г, як найбільш навантаженої.

Фундамент мілкового закладання на природній основі виконують або з умови неперевищення тиском під подошвою розрахункового опору основи із забезпеченням неперевищення сумарною осадкою допустимого значення.

Під колону улаштовуємо стовпчаті фундаменти.

Можливе також вирішення фундаментів в варіанті з застосуванням паль різних видів.

Варіант 1. Фундамент мілкового закладання на природній основі.

Глибину закладання фундаменту призначаємо виходячи з геологічних, конструктивних, природно-кліматичних умов та навантаження.

Виходячи з геологічних умов, представлених на рисунку 4.1 і у таблиці 3.2, основою для фундаментів на природній основі є 2 шар суглинок бурій, тому мінімальне занурення у несучий ґрунт має бути мінімум 300мм.

Рівень підземних вод знаходиться на відмітці -2,0м.

Навантаження на фундамент $N_e = 3913,4$ кН. Підвал у розрахункових осях відсутній.

Конструктивне рішення фундаменту показане на рис. 3.2.

Підземна частина стіни зводиться з монолітного залізобетону.

Виходячи з кліматичних умов, глибина закладання фундаменту повинна бути більшою за значення глибини сезонного промерзання ґрунтів у даній місцевості. Згідно СНиП 2.01.01-82 «Будівельна кліматологія і геофізика» значення глибини сезонного промерзання для території Барської області складає 0,9 м.

З конструктивних міркувань та умов, що задовольняють кліматологічні, геологічні вимоги приймаємо глибину закладання фундаменту мілкового закладання -1,95м.

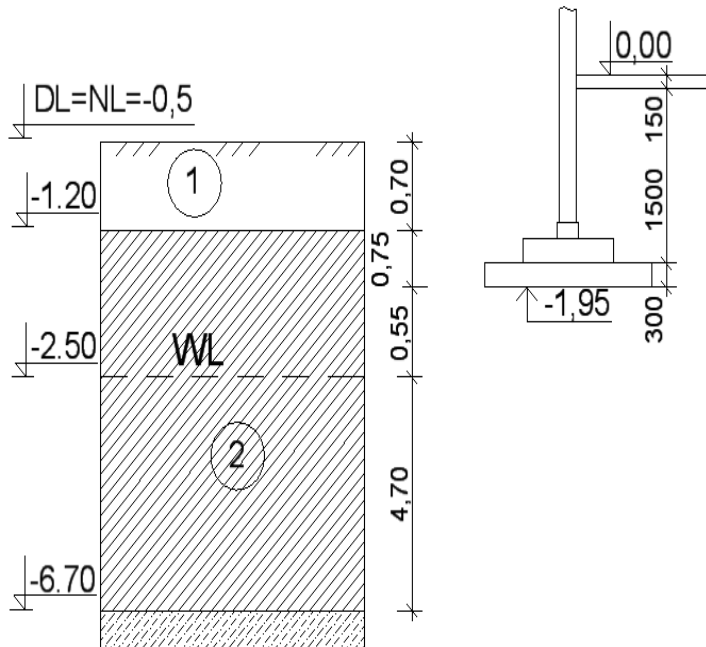


Рисунок 4.2. Конструктивне рішення фундаменту мілкового закладання

Визначення розмірів подошви

Розглядаємо фундамент як центрально-навантажений.

Розміри подошви центрально-навантаженого фундаменту мають задовольняти наступним граничним нерівностям другої групи граничних станів:

$$p \leq R, \quad S \leq S_u, \quad (4.1)$$

Тиск під подошвою фундаменту

$$p = \frac{N}{A} + \gamma_{mt} d, \quad (4.2)$$

звідки площа подошви фундаменту в першому наближенні:

$$A' = \frac{N_e}{R - \gamma_{mt} \cdot d} = \frac{3913,4}{215 - 20 \cdot 1,45} = 21(\text{м}^2), \quad (4.3)$$

розміри подошви

$$b' = \sqrt{A'} = \sqrt{21} = 4.58(\text{м}).$$

Приймаємо $b' = 4.8\text{ м} = l'$.

Перевіряємо умову $p \leq R$

$$p = \frac{N_e}{b' \cdot l'} + \gamma_{\text{мт}} d = \frac{3913,4}{4.8 \cdot 4.8} + 20 \cdot 1,45 = 198,27(\text{кПа}).$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma} k_z b' \gamma_{\text{II}} + M_q d_1 \gamma'_{\text{II}} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{\text{II}} + M_c c_{\text{II}}) = \\ &= \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,1} [0,56 \cdot 1 \cdot 4,8 \cdot 12,43 + 3,24 \cdot 17,6 \cdot 1,45 + 5,84 \cdot 25] = 314,51(\text{кПа}). \end{aligned} \quad (4.4)$$

Умова виконується, але з великим запасом, тому визначаємо розміри підосви у другому наближенні:

$$A'' = \frac{N_e}{R - \gamma_{\text{мт}} \cdot d} = \frac{3913,4}{314,51 - 20 \cdot 1,45} = 13,7(\text{м}^2),$$

$$b'' = \sqrt{A''} = \sqrt{13,7} = 3,7(\text{м}).$$

Приймаємо $b'' = 3,9\text{ м} = l''$.

Знову перевіряємо умову $p \leq R$

$$p = \frac{N_e}{b'' \cdot l''} + \gamma_{\text{мт}} d = \frac{3913,4}{3,9 \cdot 3,9} + 20 \cdot 1,45 = 285(\text{кПа}).$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma} k_z b'' \gamma_{\text{II}} + M_q d_1 \gamma'_{\text{II}} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{\text{II}} + M_c c_{\text{II}}) = \\ &= \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,1} [0,56 \cdot 1 \cdot 3,9 \cdot 12,43 + 3,24 \cdot 17,6 \cdot 1,45 + 5,84 \cdot 25] = 307(\text{кПа}). \end{aligned}$$

Умова виконується з невеликим запасом, тому остаточно приймаємо розміри підосви $b = l = 3,9\text{ м}$

Результати підбору розмірів підосви фундаменту мілкового закладання за допомогою ЕОМ приведені в додатку Б. Отримано розміри підосви $b = l = 3,9\text{ м}$.

Розрахунок осідання фундаменту мілкового закладання

Розрахунок виконуємо методом пошарового підсумовування в такій

послідовності:

1) Товщину ґрунтового масиву, починаючи від підшови фундаменту, розбиваємо на шари товщиною не більше $0,2b$. Приймаємо $0,78$ м.

2) Визначаємо середній тиск під підшовою фундаменту:

$$p = \frac{N_e}{A} + 20d = \frac{3913,4}{3,9^2} + 20 \cdot 1,45 = 285 (\text{кПа}).$$

3) Підраховуємо вертикальну напругу від власної ваги ґрунту в рівні підшови фундаменту:

$$\sigma_{zg,0} = 16 \cdot 0,7 + 19 \cdot 0,75 = 24,45 (\text{кПа}).$$

4) Підраховуємо вертикальне напруження від ваги ґрунту вийнятого з котловану:

$$\sigma_{z\gamma,0} = 0,7 \cdot 16 + 0,75 \cdot 19 = 24,45 (\text{кПа}).$$

5) Співвідношення сторін фундаменту $\eta = l/b = 3,9 / 3,9 = 1$.

Співвідношення сторін котловану $\eta = l_k/b_k = 64,5 / 38,5 = 1,67$,

де l_k та b_k відповідно довжина і ширина котловану.

Межа стисливої товщі основи приймається на глибині $Z_i = H_c$, де виконується умова

$$\sigma_{zp,i} \leq k \sigma_{zg,i},$$

де $k = 0,2$ при $b \leq 5$ м.

Оскільки глибина котловану $d = 2,1$ м < 5 м, осідання фундаменту знаходимо за формулою:

$$s = \beta \sum \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i}, \quad (4.5)$$

де β -безрозмірний коефіцієнт, рівний $0,8$.

6) Визначаємо повне осідання сумуванням осідань окремих шарів:

$$S = \sum S_i, \quad (4.6)$$

7) Фактичне осідання основи порівнюємо з гранично допустимим S_u . Результати розрахунків наведені в таблиці 3.3. На рисунку 3.4. зображена розрахункова схема для розрахунку осідань та епюри напружень від

навантаження та власної ваги ґрунту.

Таблиця 4.3 Розрахунок осідання методом пошарового підсумовування

z_i	$\frac{2z}{b}$	$\frac{2z}{b_k}$	α	α_k	σ_{zpi} , кПа	σ_{zyi} , кПа	σ_{zgi} , кПа	$\sigma_{zp\cdot cep}$, кПа	$\sigma_{zy,i}^{cep}$, кПа	h_i	E_i	S_i
0	0	1	0	1	285	25,45	25,45	-	-	-	-	-
0.59	0.28	0.97	0.21	0.98	276,45	25	35,6	280,7	25,25	0.55	15000	0.0075
1.33	0.68	0.88	0.52	0.9	250,8	23	43,7	263,6	24,6	0.78	15000	0.0099
2.11	1.08	0.71	0.83	0.79	202,3	20,1	51,5	226,5	22,93	0.78	15000	0.0072
2.89	1.48	0.49	1.33	0.58	140	14,8	59,2	171,15	19,88	0.78	15000	0.0062
3.67	1.88	0.36	1.43	0.52	102,6	13,31	67	121,3	16,45	0.78	15000	0.0044
4.45	2,28	0.28	1.74	0.38	79,8	9,7	74,7	91,2	12,7	0.78	15000	0.0032
5.29	2,69	0.24	2.05	0.34	68,4	8,67	82,66	74,1	9,18	0.8	15000	0.0027
6.03	3.1	0.17	2.36	0.27	48,45	6,9	89,2	58,4	7,78	0.78	9000	0.0034
6.81	3,5	0.14	2.67	0.21	39,3	5,35	95,8	43,9	6,13	0.78	9000	0.0026
7.59	3.9	0.11	2.97	0.18	31,35	4,6	102,4	35,3	5	0.78	9000	0.0021
8,37	4,3	0.095	3.28	0.15	27	3,8	109	29,1	4,2	0.78	9000	0.0017
9.15	4,7	0.08	3.6	0.13	22,8	3,31	115,6	24,9	3,5	0.78	9000	0.0015
					22.8<	115.6*	0.2=23,1					
											$\square S_i=$	0.0524

Осідання становить 5,24 см, що менше допустимого значення $S_u = 10$ см. Отже, розміри фундаменту достатні.

На рисунку 3.4. показана розрахункова схема для розрахунку осідань.

Рисунок 3.4. Визначення осідання методом пошарового підсумовування

Конструювання фундаменту мілкого закладання

Виконаємо конструювання стовпчастого фундаменту $b \times l = 3.9 \times 3.9$ і під колону К -1 перерізом 400x400 мм (рисунок 3.5.). Приймаємо два уступу висотою 450 мм та підколінник висотою 900 мм.

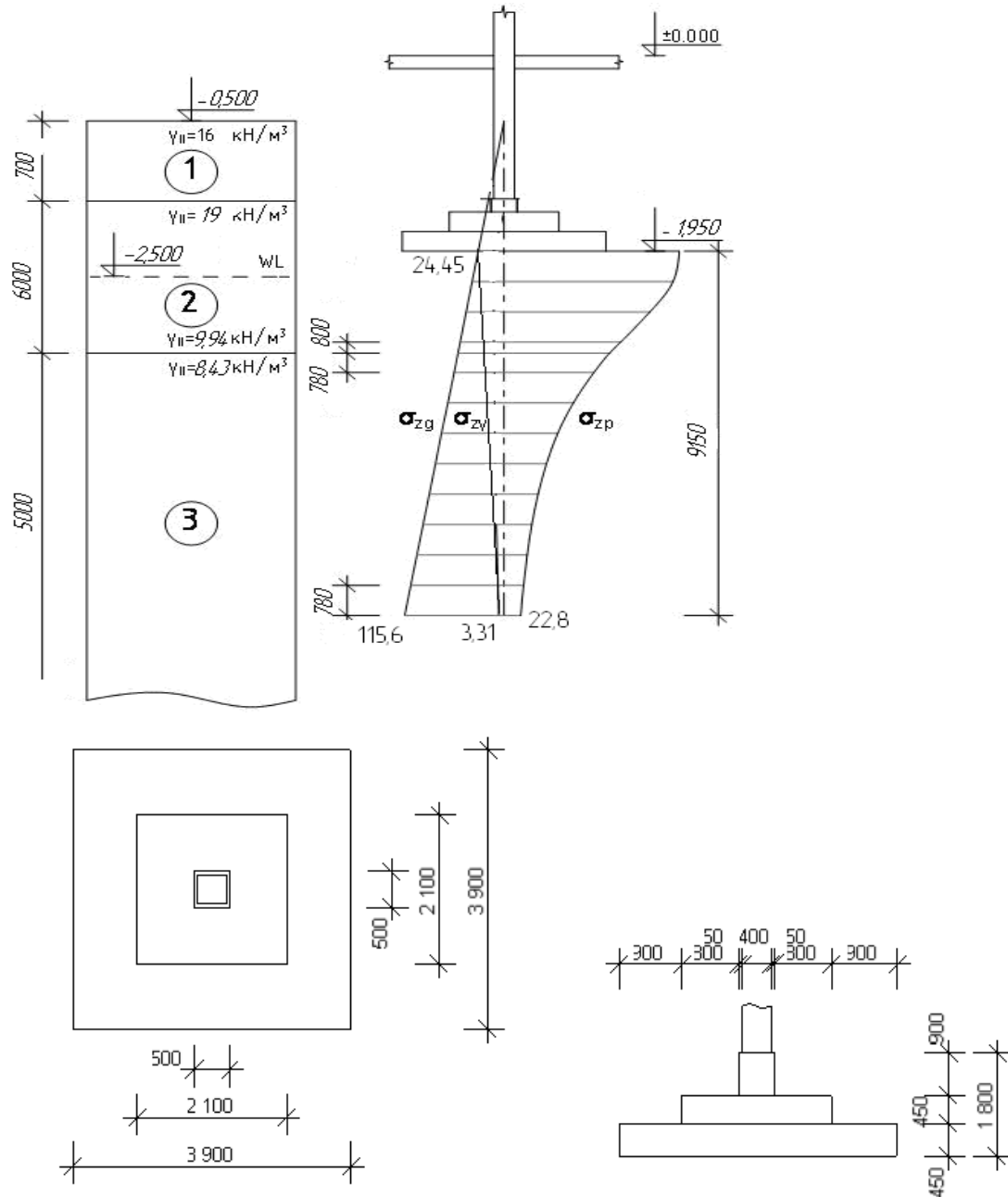


Рисунок 4.3. Конструювання фундаменту мілкового закладання

4.2.4 Проектування фундаменту у варіанті забивних паль

Вибір глибини закладання ростверку

Глибину закладення ростверку обираємо виходячи з умов мінімальної довжини анкетування арматурних стержнів колони аналогічно глибині закладення фундаменту мілкового закладення $d=2,05 \text{ м}$ (рисунок 3.6.).

Вибір довжини і марки забивних палів

За ґрунтовими умовами неможливе використання палів малої довжини, тоді зважаючи на велике навантаження на ростверк приймаємо палі С16-35 (їх кількість у фундаменті буде меншою). Заведення палів у ростверк на 40(см).
Схема розташування палів у ґрунті показана на рисунку 3.6.

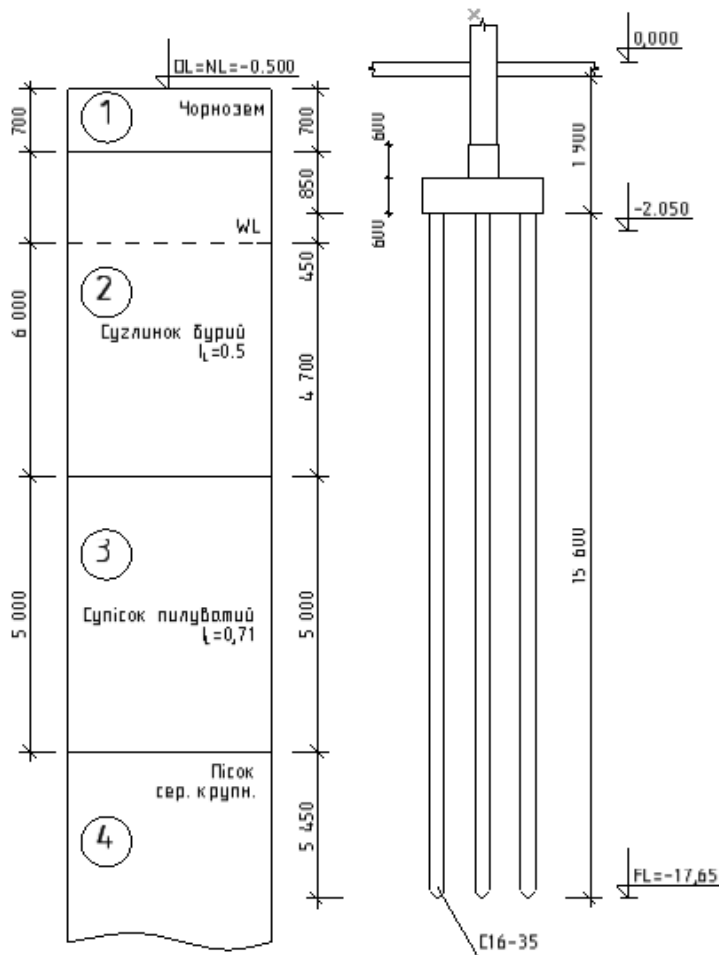


Рисунок 4.4. Розташування палів в ґрунті

Визначення несучої здатності палі

Несучу здатність палі визначаємо за формулою: несучу здатність палі визначаємо двома методиками.

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cfi} f_i h_i), \quad (4.7)$$

де $\gamma_c = 1$, [2, п. 4.2];

$\gamma_{cR} = 1$ [2, табл.3];

$R = 4600$ кПа [2, табл.1];

$$A = 0,35 \cdot 0,35 = 0,1225 \text{ м}^2;$$

$$u = 4 \cdot 0,35 = 1,4 \text{ м.}$$

Для визначення розрахункового опору ґрунту по боковій поверхні палі розділяєм ґрунтову товщу на шари товщиною не більше 2 м.

Таблиця 4.4 Визначення несучої здатності палі по боковій поверхні

А) по таблиці Н2.2 [2]					Б). по формулі Н2.2 [2]					
Н _i , м	f _{i1} , м	h _i , м	f _i ·h _i , кН/м	Вид ґрунту	σ _{g,i} ,кН	ν _i	φ _i	C _i	f _{i2}	γ _{cf} · f _{i2} · h _i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,78	15,9	0,45	7,16	Суглинок бурий	31,72	0,32	18,3	16,7	21,63	9,73
3	20	2	40	Суглинок бурий	45,9	0,32			23,84	47,68
5	24	2	48	Суглинок бурий	65,7	0,32			27	54
6,35	25,2	0,7	17,64	Суглинок бурий	79	0,32			29	20,3
7,7	10	2	20	Супісок пилюватий	91	0,37	16,5	3,3	19,1	38,2
9,7	10	2	20	Супісок пилюватий	107,8	0,37			22	44
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12,7	69	2	138	Пісок сер. крупності	135,2	0,27	33,6	1,3	34,5	69
14,7	71	2	142	Пісок сер. крупності	156,2	0,27			39,7	79,4
16,43	73	1,45	105,85	Пісок сер. крупності	174	0,27			44,1	64
			548,75							451

Несуча здатність палі згідно формули (4.7):

$$A). F_d = 1(1,4 \cdot 548,75 + 0,35^2 \cdot 5095) = 1392,4(\text{кН}).$$

$$B). F_d = 1(1,4 \cdot 451 + 0,35^2 \cdot 5095) = 1255,5(\text{кН})$$

Визначимо допустиме навантаження на палю по найбільш невиконаному варіанті $F_d = 1255,5 \text{кН}$:

$$N = \frac{F_d}{1,4} \quad (4.8)$$

$$N = \frac{1255,5}{1,4} = 896,8 \text{кН}$$

Розрахунок потрібної кількості палей С16-35 виконуємо за допомогою прикладної програми для ЕОМ „Palya”. Результати розрахунку представлені у додатку В. Отримано значення несучої здатності палі $F_d = 1260,9 \text{кН}$.

Визначення кількості палей, розміщення їх в плані та перевірка навантаження на найбільш завантажену палю

Розрахункове навантаження, яке може бути передане на палю з умов несучої спроможності ґрунту:

$$N = F_d / \gamma_k = 1255,5 / 1,4 = 896,8 (\text{кН}).$$

Необхідна кількість палей у куці:

$$n = 1,1 \cdot N_m / N = 1,1 \cdot 5095 / 896,8 = 5,92 (\text{шт})$$

Приймаємо $n = 6 \text{шт}$.

Розмістимо палі у плані з дотриманням вимоги мінімальної відстані між ними $3d = 3 \times 0,35 = 1,05 \text{ м}$

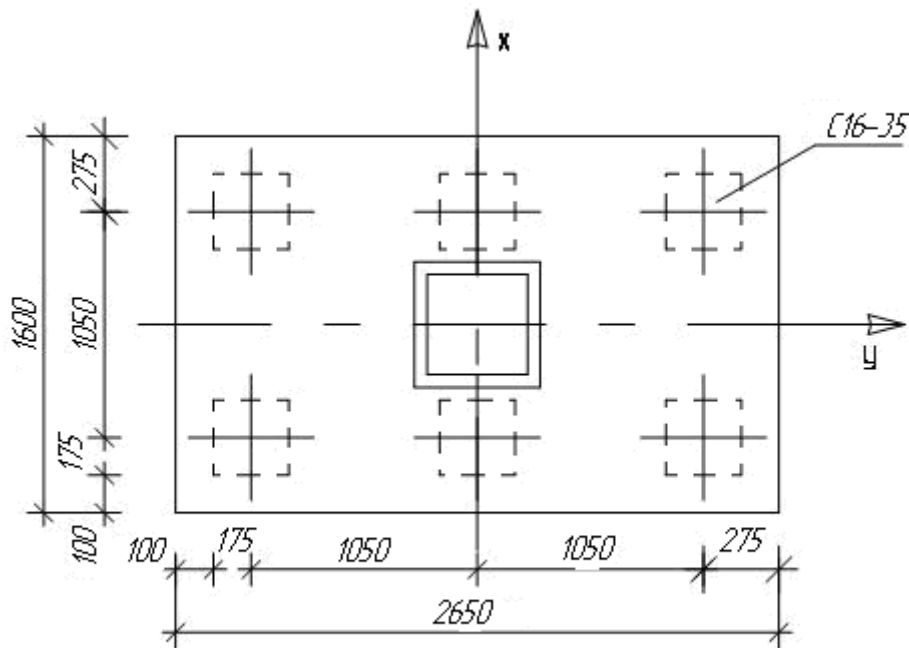


Рисунок 4.5. Розміщення палів у плані

Виконаємо перевірку навантаження на найбільш завантажену палю:

$$N_{\min}^{\max} = \frac{N_{\text{заг}}}{n} \pm \frac{M_x y}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y x}{\sum x_i^2} \leq N, \quad (4.9)$$

де $N_{\text{заг}} = N_m + N_{p+gp} + N_{\text{паль}}$

$$N_{p+gp} = 4,24 \cdot 1,55 \cdot 20 \cdot 1,1 = 144,6 (\text{кН})$$

$$N_{\text{паль}} = 6 \cdot 0,35 \cdot 0,35 \cdot 16 \cdot 25 \cdot 1,1 = 323,4 (\text{кН})$$

$$N_{\max} = \frac{5095 + 144,6 + 323,4}{6} = 865,4 (\text{кН}) < N = 896,8 (\text{кН})$$

Отже, розрахункове навантаження на крайні палі фундаменту не перевищує допустимого.

Розрахунок осідання пального фундаменту

I. Осідання методом пошарового підсумовування шляхом перетворення пального фундаменту на умовний фундамент мілкового закладання

Осадка пального фундаменту визначається шляхом перетворення його

на умовний фундамент мілкового закладання.

Визначаємо осереднене значення кута внутрішнього тертя для ґрунтової товщі, яка прорізається палями

$$\varphi_{mt} = \frac{21 \cdot 5,15 + 19 \cdot 5 + 37 \cdot 5,45}{5,15 + 5 + 5,45} = 25,9^\circ;$$

$$\left(\frac{\varphi_{mt}}{4} \right) = \left(\frac{25,9^\circ}{4} \right) = 6,5^\circ.$$

Розміри підшви умовного фундаменту:

$$b_1 = 3d_{sb}(n_b - 1) + d = (2 - 1) \cdot 3 \cdot 0,35 + 0,35 = 1,4(\text{м});$$

$$l_1 = 3d_{sl}(n_l - 1) + d = (3 - 1) \cdot 3 \cdot 0,35 + 0,35 = 2,45(\text{м});$$

$$b_y = b_1 + 2h \cdot \text{tg}(\varphi_{mt}/4) = 1,4 + 2 \cdot 15,6 \cdot 0,114 = 5(\text{м});$$

$$l_y = l_1 + 2h \cdot \text{tg}(\varphi_{mt}/4) = 2,45 + 2 \cdot 15,6 \cdot 0,114 = 6(\text{м}).$$

Приймаємо умовний фундамент розмірами 5х6м.

$$V_{ym} = 5 \cdot 6 \cdot (15,6 + 1,55) = 514,5(\text{м}^3);$$

$$V_{нали} = d^2 \cdot l_p \cdot n = 0,35^2 \cdot 15,6 \cdot 6 = 11,47(\text{м}^3);$$

$$V_{p+zp} = b_p \cdot l_p \cdot d_p = 4,24 \cdot 1,55 = 6,57(\text{м}^3);$$

$$V_{zp} = V_{ym} - V_{нали} - V_{p+zp} = 514,5 - 6,57 - 11,47 = 496,5(\text{м}^3).$$

Перевірка тиску на підстилюючий шар:

$$p < R$$

$$p = \frac{N_e + G_{нали} + G_{p+zp} + G_{zp}}{b_{ym} \cdot l_{ym}} \quad (4.10)$$

$$G_{нали} = 11,47 \cdot 25 = 286,75(\text{кН});$$

$$G_{p+zp} = 6,57 \cdot 20 = 131,4(\text{кН});$$

$$G_{zp} = \gamma_{cep} \cdot V_{zp} = 496,5 \cdot 9,9 = 4915,8(\text{кН});$$

$$\gamma_{cep} = \frac{0,45 \cdot 19 + 9,9 \cdot 4,7 + 8,43 \cdot 5 + 10,5 \cdot 5,45}{0,45 + 4,7 + 5 + 5,45} = 9,9(\text{кН} / \text{м}^3).$$

Тиск на рівні підшви умовного фундаменту:

$$p = \frac{3900 + 286,75 + 131,4 + 4915,8}{6 \cdot 5} = 307,8(\text{кПа})$$

$$p = \frac{3900 + 286,75 + 131,4}{6 \cdot 5} = 143,9(\text{кПа})$$

Розрахунковий опір:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{\kappa} \cdot \left[M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b_y \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma_{II}' + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma_{II}' + M_c \cdot c_{II} \right] =$$

$$= \frac{1,4 \cdot 1,4}{1,1} (1,97 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10,5 + 8,81 \cdot 17,15 \cdot 9,9 + 10,37 \cdot 2) = 2886,49(\text{кПа}),$$

де γ_{c1}, γ_{c2} – [1, табл. Е7];

M_{γ}, M_q, M_c – [1, табл. Е8].

$$p = 307,8\text{кПа} < R = 2886,49\text{кПа}$$

Умова виконується, перевіряємо умову:

$$S \leq S_u.$$

Оскільки під подошвою умовного фундаменту мілкого закладання в межах стискаємої товщі відсутній шар ґрунту з $E > 100\text{МПа}$ і ширина подошви умовного фундаменту $b = 5 < 10\text{м}$, то в якості методу розрахунку осідання використаємо метод пошарового підсумовування. [47]

$$\sigma_{zg,0} = 16 \cdot 0,7 + 19 \cdot 1,3 + 9,9 \cdot 4,7 + 8,43 \cdot 5 + 5,45 \cdot 10,5 = 181,8(\text{кН});$$

$$\sigma_{zu,l} = 19 \cdot 0,45 + 9,9 \cdot 4,7 + 8,43 \cdot 5 + 8,43 \cdot 5 + 5,45 \cdot 10,5 = 154,46(\text{кН})$$

$$\sigma_{zq,0} - \sigma_{zu,l} = 181,8 - 154,46 = 27,35(\text{кПа}).$$

$$z = 0,2 \cdot b_{ym} = 0,2 \cdot 5 = 1(\text{м})$$

Приймаємо $z = 1\text{м}; \eta = 1,2$.

Далі розрахунок осідання ґрунту зводимо до таблиці 3.5.

На рисунку 3.8. наведена розрахункова схема стисливої товщі.

$\Sigma S_i = 0,01003 \text{ м} = 1,003 \text{ см} < S_u = 15 \text{ см}$. – осідання палевого фундаменту в межах допустимого.

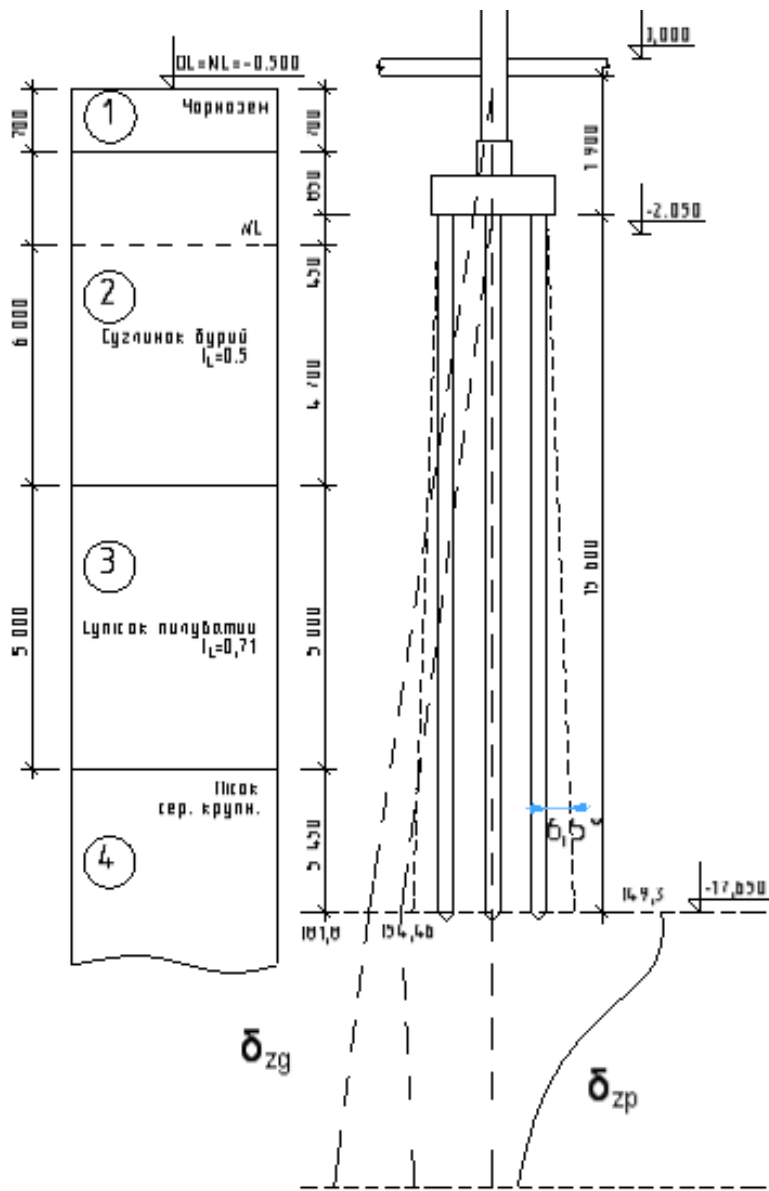


Рисунок 4.6. Схема розрахунку осідання пальового фундаменту

Таблиця 4.5.

Розрахунок осідання пальового фундаменту

z_i ,	$\frac{2z}{b_y}$	α	σ_{zpi} , кПа	$\sigma_{zy,i} \sigma_{zgi}$, кПа	$\frac{2z}{b_k}$	α_k	σ_{zgi} кПа	$\sigma_{zp\text{cep}}$, кПа	$\sigma_{zy,i}^{\text{cep}}$, кПа	E_i , кПа	h_i , м	S_i , мм
0	0	1	143,9	27,35	0	1	27,35			38000		
1	0.4	0.996	138,14	26,8	0.32	0.98	37,85	141	27,1		1	2,4
2	0.8	0.82	118	24,9	0.65	0.91	48,35	128	25,85		1	2,15
3	1.2	0.64	92,1	22,7	0.97	0.83	58,85	105,1	23,8		1	1,57
4	1.6	0.47	67,63	19,4	1.29	0.71	69,35	79,9	21,1		1	1,23
5	2	0.37	53,24	16,4	1.61	0.6	79,85	60,4	17,9		1	0,91
6	2.4	0.28	40,12	14,8	1.94	0.54	90,35	46,7	15,6		1	0,65
7	2.8	0.23	33,1	12,3	2.26	0.45	100,85	36,6	13,6		1	0,48
8	3,2	0.18	25,9	10,4	2.58	0.38	111,35	29,5	11,35		1	0,36
9	3,6	0.14	20,15	8,75	2.9	0.32	121,85	23	9,6		1	0,28

$$\Sigma S_i = 0,01003 \text{ м}$$

II. Розрахунок деформацій основ пального фундаменту за розв'язанням задачі про переміщення стержня в пружному півпросторі

На першому етапі розрахунку визначається осідання одиночної палі під дією вертикального навантаження P .

Визначимо осідання одиночної палі в середині куща.

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

Вертикальне навантаження від колони $N_e = 3913,4$ кН.

Вага ростверку з ґрунтом на його уступах

$$G_p = b_p \cdot l_p \cdot d_p \cdot 20, \text{кН} \quad (4.11)$$

$$G_p = 1,6 \cdot 2,65 \cdot 1,55 \cdot 20 = 131,44 \text{ (кН)}.$$

Середнє навантаження на палю

$$P = \frac{3913,4 + 131,44}{6} = 671,9 \text{ (кН)}.$$

Середнє значення коефіцієнта Пуасона в межах напруженої зони

$$\nu = \frac{\sum \nu_i h_i}{\sum h_i} = \frac{0,32 \cdot 5,15 + 0,37 \cdot 5 + 0,27 \cdot 6,85}{17} = 0,31 \quad (4.12)$$

$$\nu = 0,31.$$

Граничний опір палі

$$P_u = 1,25 F_d, \text{кН} \quad (4.13)$$

$$P_u = 1,25 \cdot 1194,5 = 1493,13 \text{ (кН)}.$$

Навантаження на палю на межі пропорційності

$$P_e = 0,5 P_u, \text{кН} \quad (4.14)$$

$$P_e = 0,5 \cdot 1493,13 = 746,6 \text{ (кН)}.$$

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

$$E_p = 38 \text{ МПа}.$$

Осереднений у межах довжини палі модуль деформації ґрунтової основи

$$E_f = \frac{\sum E_i h_i}{\sum h_i}, \text{ МПа} \quad (4.15)$$

$$E_f = \frac{\sum E_i h_i}{\sum h_i} = \frac{5,15 \cdot 15 + 5 \cdot 9 + 5,45 \cdot 38}{15,6} = 21,1 (\text{МПа}).$$

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

$$k_E = \frac{E_p}{E_f} \quad (4.16)$$

$$k_E = \frac{38}{21,1} = 1,8$$

Приведений радіус палі

$$r = \frac{r_0}{l} \quad (4.17)$$

$$r = \frac{0,175}{15,6} = 0,011.$$

Модуль деформації матеріалу палі при класі бетону С16/20:

$$E_0 = 24500 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, що визначає частину навантаження, яка передається нижнім кінцем (за таблицею П.1.2 [26] в залежності від r та k_E)

$$b = 0,12.$$

Коефіцієнт умов роботи ґрунту вздовж бічної поверхні палі за табл. П.1.5 [26]

$$k_f = 1,4.$$

Коефіцієнт умов роботи піщаного ґрунту під нижнім кінцем палі за табл.

П.1.7 [18]

$$k_p = 1,4$$

Приведений модуль деформації ґрунту

$$E = (1-b)k_f E_f + k_p b E_p, \text{ МПа} \quad (4.18)$$

$$E = (1-0,12) \cdot 1,4 \cdot 21,1 + 1,4 \cdot 0,12 \cdot 38 = 32,4 (\text{МПа}).$$

Коефіцієнт осідання (за таблицею П.1.1 [2] в залежності від r та k_E)
 $c = 0,7$.

Пружна складова осідання палі

$$s_e = 2(1 + \nu) \frac{P_e c}{EI} + \frac{P_e l(1+b)}{2E_0 F}, \text{ м} \quad (4.19)$$

$$s_e = 2(1 + 0,31) \frac{746,6 \cdot 0,7}{32400 \cdot 15,6} + \frac{746,6 \cdot 15,6 \cdot (1 + 0,12)}{2 \cdot 24500 \cdot 10^3 \cdot 0,35^2} = 0,0049 \text{ (м)}.$$

Осідання одиночної палі

$$s_1 = \frac{s_e P}{P_u - P}, \text{ м} \quad (4.20)$$

$$s_1 = \frac{s_e P}{P_u - P} = \frac{0,0049 \cdot 671,9}{1493,13 - 671,9} = 0,004 \text{ (м)}.$$

Визначимо осідання куща з 6 палей

Палі мають такі відстані від середньої:

$$a_1 = 1,05 \text{ м} - 3 \text{ шт.};$$

$$a_2 = 1,485 \text{ м} - 2 \text{ шт.}$$

Визначаємо коефіцієнти впливу сусідніх палей за табл. П.1.3 та П.1.4 [2] в залежності від приведеної відстані

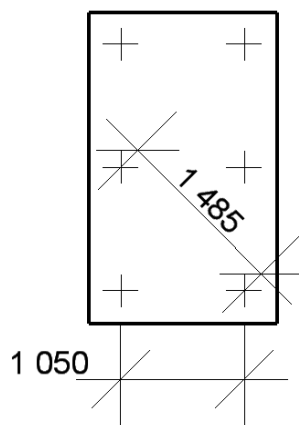


Рисунок 4.7. Розміщення палей у кущі

$$\frac{a_1}{2r_0} = 1,05 / 0,35 = 3,0; \quad w_1 = 0,248; \quad k_{b1} = 1;$$

$$\frac{a_2}{2r_0} = 1,485/0,35 = 4,24; \quad w_2 = 0,209; \quad k_{b2} = 1.$$

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

$$s_{i,j} = 2(1+\nu) \frac{w_j k_{bj}}{EI}. \quad (4.21)$$

Для відповідних палей

$$s_{1,1} = 2(1+0,31) \frac{0,248 \cdot 1}{32400 \cdot 15,6} = 1,29 \cdot 10^{-6} (м);$$

$$s_{1,2} = 2(1+0,31) \frac{0,209 \cdot 1}{32400 \cdot 15,6} = 1,1 \cdot 10^{-6} (м).$$

Осідання пального куща з 6 палей

$$s_i = s_1 + \sum_{j=1}^n p_j s_{ij}, м \quad (4.22)$$

$$s_i = 0,004 + 3 \cdot 671,9 \cdot 1,29 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 671,9 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} = 0,008 (м).$$

Допустиме значення осідання $S_u = 12$ см [26].

Умова $S = 0,8$ см $<$ $S_u = 12$ см виконується.

Конструювання ростверку

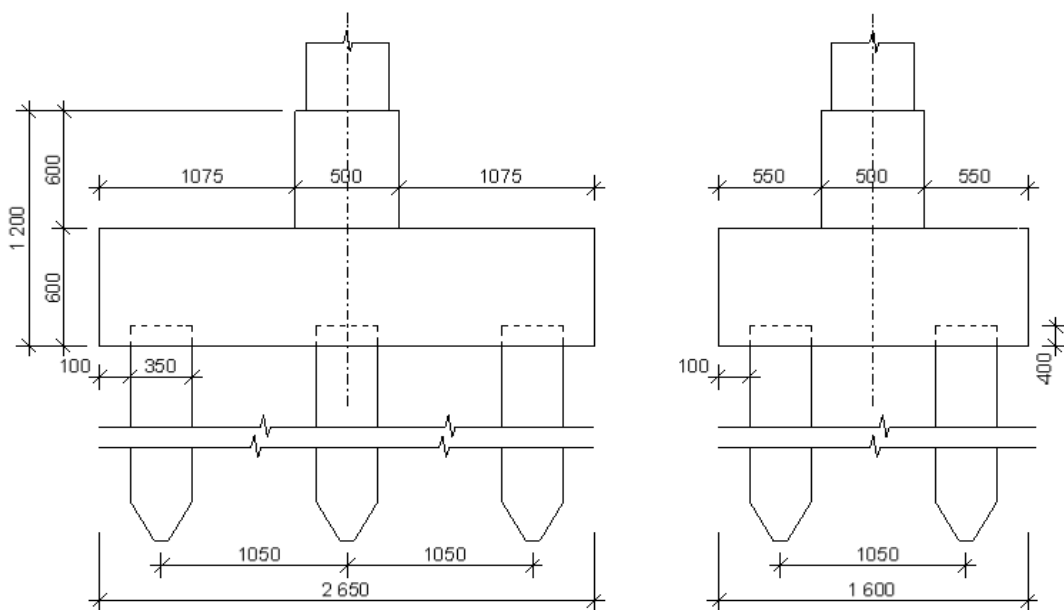


Рисунок 4.8. Конструювання ростверку

Таблиця 4.6
Обсяги основних робіт на влаштування фундаментів

Вид робіт і витрати	Формула розрахунку	Одиниці вимірювання	Кількість
1. Фундамент мілкового закладання			
1. Відкопування котловану	$V_{\zeta} = 6 \cdot 6 \cdot 1,55 = 55,8$	1000м.куб	0,0558
2. Улаштування бетонної підготовки з бетону В7.5	$V_{\text{Аі}} = (3,9 + 0,2)^2 \cdot 0,1 = 1,681$	м.куб	1,681
3. Улаштування монолітного з/б фундаменту	$V_{\text{А}} = 3,9^2 \cdot 0,45 + 2,1^2 \cdot 0,45 + 0,5^2 \cdot 0,9 = 9,54$	м.куб	9,054
4. Кількість арматури	$G_{\text{А}} = 9,054 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 497,5$	кг	497,5
5. Зворотня засипка	$V_{\zeta\zeta} = 6 \cdot 6 \cdot 1,55 - 9,054 - 1,681 = 45,1$	1000м.куб	0,0451
6. Ущільнення ґрунту зворотньої засипки	$V_{\text{оу}} = V_{\zeta\zeta} = 45,1$	100м.куб	0,451
7. Улаштування опалубки	$V_{\text{оп}} = 3,9 \cdot 0,45 \cdot 4 + 2,1 \cdot 0,45 \cdot 4 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot 4 = 12,6$	100 м2	0,126
2. Фундамент з забивних палів			
1. Відкопування котловану	$V_{\zeta} = 6 \cdot 6 \cdot 1,65 = 59,4$	1000м.куб	0,0594
2. Занурення палів С16-35 дизель молотом	$V_{\text{ІАЕУ}} = 0,35^2 \cdot 16 \cdot 6 = 11,76$	м.куб	11,76
3. Кількість палів	$n_{\text{ІАЕУ}} = 16 \cdot 6 = 96$	п.м	96

Порівнюючи ТЕП варіантів фундаментів видно, що найбільш економічним

і найменш трудомістким є фундамент у варіанті мілкового закладання, який і обираємо.

4.2.5 Розрахунок фундаменту мілкового закладання за міцністю тіла

3.2. Розрахунок тіла фундаменту за міцністю відноситься до розрахунків за першою групою граничних станів, [18], тому значення навантажень приймаємо з повними коефіцієнтами надійності по навантаженню:

$$N_{m,max} = 5095 \text{ кН};$$

Бетон класу C16/20: $\gamma_{b2}=1,0$; $f_{cd}=11,5$ МПа; $f_{ctd}=0,87$ МПа;

Арматура класу A400C: $f_{yd}=365$ МПа; A240C: $f_{yd}=225$ МПа.

Розміри перерізу колони в плані $h_c \times b_c=400 \times 400$ мм.

Висота фундаменту $H_f=1,8$ м. Розміри підосви фундаменту $3,9 \times 3,9$ м.

Розміри підколонника в плані $l_{cf} \times b_{cf}=500 \times 500$ мм.

Висота підколонника $h_{cf} = 900$ мм, висота плитної частини $H = 900$ мм.

Захисний шар бетону при наявності піщаної підготовки 70 мм.

Розрахунок на продавлювання

Робоча висота елементів фундаменту

$$h_{01} = 0,45 - 0,07 = 0,38 \text{ м}$$

$$h_{02} = 0,9 - 0,07 = 0,83 \text{ м}$$

$$F \leq f_{ctd} \cdot B_m \cdot H_o \quad (4.23)$$

Схема утворення піраміди продавлювання приведена на рисунку 3.14.

Для центрально навантажених квадратних фундаментів:

$$b_m = 2(b_c + h_c + 2H_o) = 2(0,5 + 0,5 + 2 \cdot 0,83) = 5,32(\text{м})$$

$$F = N_m - p_{\max} (b_c + 2H_o)(h_c + 2H_o)$$

Найбільше значення крайового тиску на ґрунт при розрахунках на міцність визначається за формулою

$$p_{\max} = \frac{N_m}{A} \pm \frac{M_m}{W} \quad \text{без урахування власної ваги фундаменту.}$$

$$p_{\max} = \frac{N_m}{A} = \frac{5095}{3,9^2} = 334,9(\text{кПа})$$

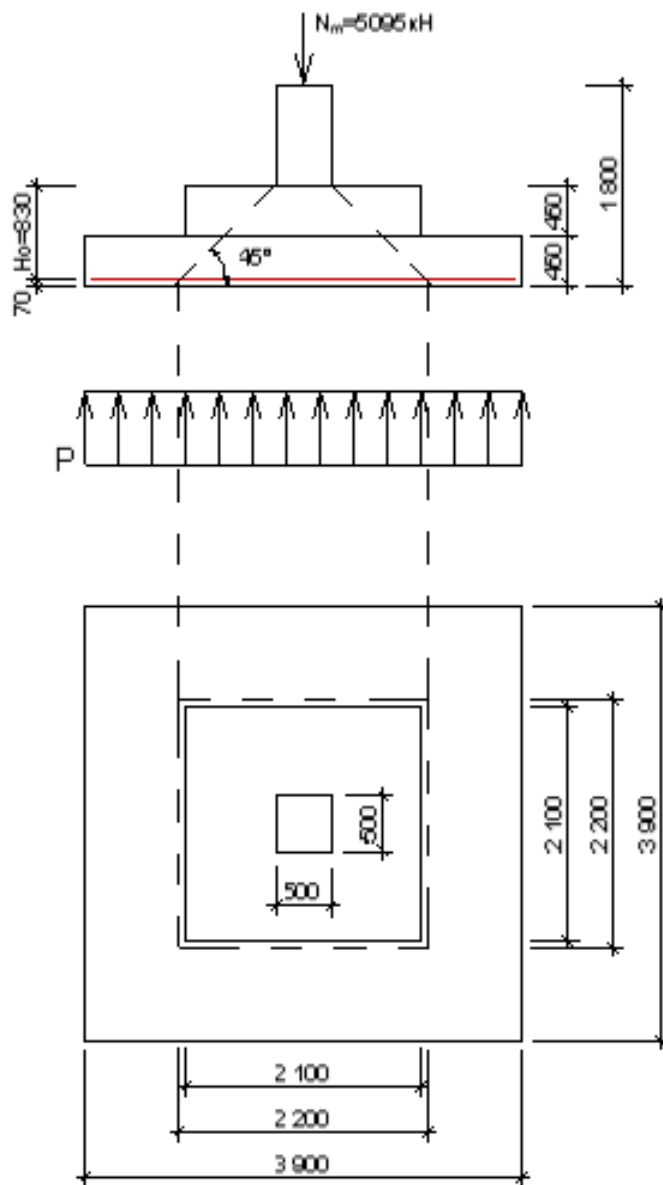


Рисунок 4.9. Схема утворення піраміди продавлювання

$$F = N_m - p_{\max} (b_c + 2H_o)(h_c + 2H_o) =$$

$$= 5095 - 334,9(0,5 + 2 \cdot 0,83)(0,5 + 2 \cdot 0,83) = 5095 - 1834,6 = 3648,2(\text{кН})$$

$$R_{bt} \cdot b_m \cdot H_o = 870 \cdot 5,32 \cdot 0,83 = 3841,6(\text{кН})$$

$$F = 3648,2\text{кН} < 3841,6\text{кН} = f_{ctd} \cdot B_m \cdot H_o$$

Умова виконується.

Міцність фундаменту на продавлювання забезпечена.

Розрахунок на згин

Знайдемо площу перерізу арматури вздовж сторони $l=3,9$ м, яка буде рівна площі перерізу арматури вздовж сторони $b=3,9$ м. Визначимо згинальні моменти в розрахункових перерізах 1-1 і 2-2 (Рис. 4.15).

$$p = \frac{N_m}{A} = \frac{5095}{3,9^2} = 334,9(\text{кПа})$$

$$M_{1-1} = \frac{334,9(3,9 - 2,5)^2}{8} = 82,1(\text{кН} / \text{м})$$

$$M_{2-2} = \frac{334,9(3,9 - 0,5)^2}{8} = 483,9(\text{кН} / \text{м})$$

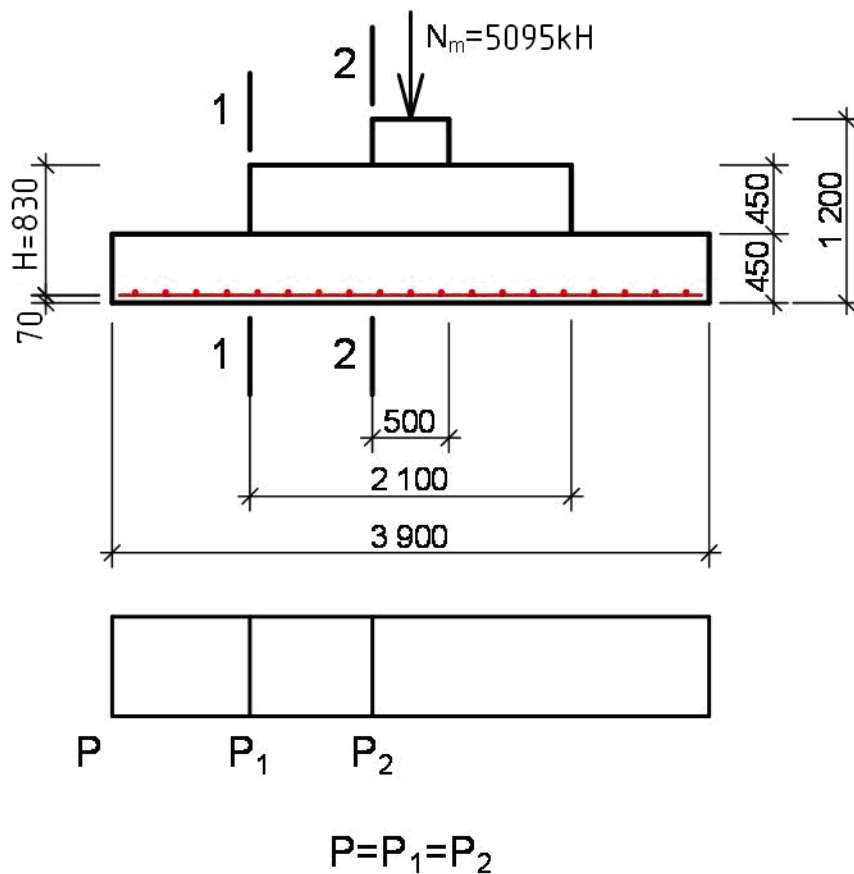


Рисунок 4.10. До визначення площі перерізу арматури підошви фундаменту

Визначаємо необхідну площу арматури в кожному перерізі:

$$A_s^{1-1} = \frac{M}{0,9 \cdot f_{yd} \cdot z_s} = \frac{82,1}{0,9 \cdot 365000 \cdot 0,38} = 6,58 \cdot 10^{-4}(\text{м}^2) = 6,58 \text{см}^2$$

$$A_s^{2-2} = \frac{M}{0.9 \cdot f_{yd} \cdot z_s} = \frac{483,9}{0,9 \cdot 365000 \cdot 0,83} = 17,75 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2) = 17,75 \text{ см}^2$$

Приймаємо по 20Ø12 А400С ($A_s=26,26 \text{ см}^2$) в поперечному та повздовжньому напрямках, виходячи з конструктивних вимог. Передбачаємо армування окремими стержнями. Два крайніх ряди перетинів стержнів по периметру сітки з'єднуються дуговим зварюванням, внутрішні перетини перев'язуються через вузол в шаховому порядку. Стержні встановлюємо у сітку як показано на рисунку 3.16.

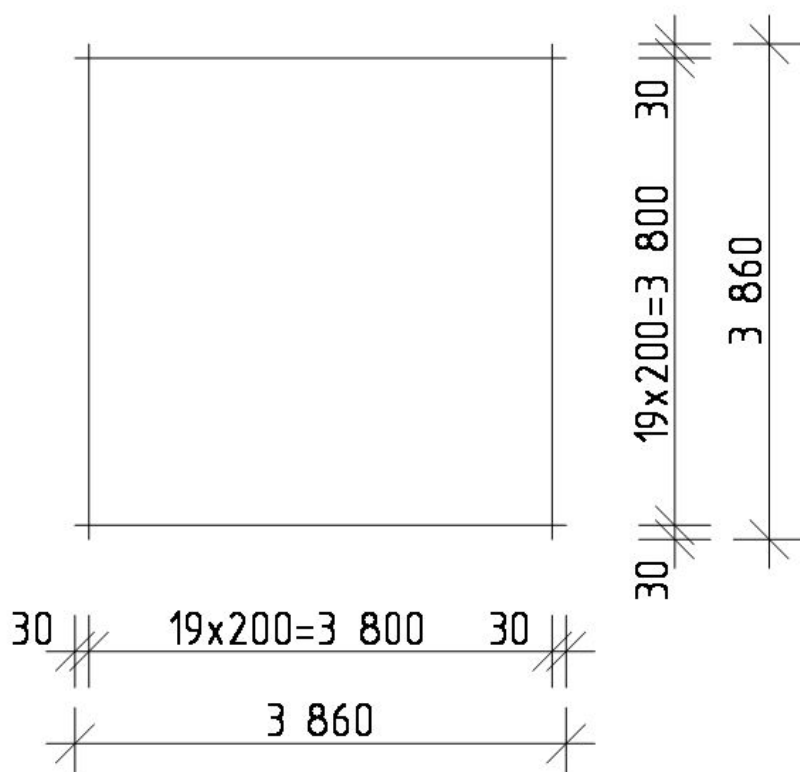


Рисунок 4.11. Схема сітки армування підшви фундаменту

Підколонник армується аналогічно колоні К.0-1 з робочим армуванням 4Ø18 А400С та поперечним в'язанням Ø6 А240С.

4.2.6 Проектування фундаменту у варіанті пірамідальних паль

Вибір глибини закладання ростверку

Глибину закладання ростверку обираємо аналогічно глибині закладання ростверку для забивних паль $d=2,05$ м.

Вибір ширини і довжини паль

Приймаємо палю суцільного перерізу 2×2 м, довжиною 3.5 м.

Визначення несучої здатності палі

Несуча спроможність палі складає:

$$F_d = \gamma_c [RA + \sum h_i (u_i f_i + u_{0,i} i_p E_i k_i \zeta_r)], \quad (\text{H.2.3}) \quad (4.24)$$

де $\gamma_c, R, A, F_d, h_i, f_i$ – те саме, що у формулі (H.2.1);

u_i – периметр i -го перерізу палі, м;

$u_{0,i}$ – сума розмірів сторін i -го поперечного перерізу палі, м, які мають нахил до осі палі;

i_p – нахил бічних граней палі в частках одиниці;

E_i – модуль деформації i -го шару ґрунту навколо бічної поверхні палі, кПа, який визначається за результатами компресійних випробувань;

k_i – коефіцієнт, що залежить від виду ґрунту і приймається за таблицею H.2.4;

ζ_r – реологічний коефіцієнт, що приймається $\zeta_r = 0,8$.

де $\gamma_c = 1$,

$\gamma_{cR} = 1$ [2, табл.3];

$$\begin{aligned} R &= \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} (M_\gamma k_z b' \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}) = \\ &= \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,1} [0,56 \cdot 1 \cdot 3,9 \cdot 12,43 + 3,24 \cdot 17,6 \cdot 1,45 + 5,84 \cdot 25] = 307 (\text{кПа}). \end{aligned}$$

$A = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м}^2$;

$u = 4 \cdot 2 = 8 \text{ м}$.

Для визначення розрахункового опору ґрунту по боковій поверхні палі розділяєм ґрунтову товщу на шари товщиною не більше 2 м.

Таблиця 4.7

Визначення несучої здатності палі по боковій поверхні

А) по таблиці					Б). по формулі					
H_i , м	f_{i1} , м	h_i , м	$f_i \cdot h_i$, кН/м	Вид грунту	$\sigma_{g,i}$,кН	ν_i	φ_i	C_i	f_{i2}	$\gamma_{cf} \cdot f_{i2} \cdot h_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,78	15,9	0,45	7,16	Суглинок бурий	31,72	0,32	18,3	16,7	21,63	9,73
3	20	2	40	Суглинок бурий	45,9	0,32			23,84	47,68
5	24	2	48	Суглинок бурий	65,7	0,32			27	54
6,35	25,2	0,7	17,64	Суглинок бурий	79	0,32			29	20,3
7,7	10	2	20	Супісок пилуватий	91	0,37	16,5	3,3	19,1	38,2
9,7	10	2	20	Супісок пилуватий	107,8	0,37			22	44
11,2	10,1	1	10,1	Супісок пилуватий	120,5	0,37			24,3	24,3

$$R = 0,75 a_4 (a_1 \gamma_1 d + a_2 a_3 \gamma' h)$$

$$\varphi_{II} = 37^\circ$$

$$\varphi_I = \frac{\varphi_{II}}{1,1} = \frac{37^\circ}{1,1} = 33,6^\circ$$

$$a_1 = 55,4$$

$$a_2 = 99,4$$

$$a_3 = 0,72$$

$$a_4 = 0,23$$

$$\gamma' = \frac{0,7 \cdot 16 + 19 \cdot 1,3 + 9,9 \cdot 4,7 + 8,43 \cdot 5 + 10,5 \cdot 4,85}{16,55} = 10,1 \left(\frac{\kappa H}{M^3} \right)$$

$$R = 0,75 \cdot 0,23 (55,4 \cdot 10,5 \cdot 1 + 99,4 \cdot 0,72 \cdot 10,1 \cdot 16,55) = 2164 (\kappa Па)$$

Несуча здатність палі згідно формули

$$F_d = 1(1 \cdot 2163,9 \cdot 1,33 + 4,1 \cdot 360,6) = 4356,4 (\kappa H)$$

$$N = \frac{F_d}{1,4} = \frac{4356,4}{1,4} = 3111,74 (\kappa H)$$

Таблиця 4.8.

Визначення несучої здатності палі по боковій поверхні

Н _i , м	f _{i1} , м	h _i , м	f _i ·h _i γ _{сfi} , κН/м	I _L	γ _{сfi}
1	2	3	4	5	6
1,78	15,9	0,45	5	0,5	0,7
3	20	2	28		
5	24	2	33,6		
6,35	25,2	0,7	12,4		
7,7	10	2	14	0,71	
1	2	3	4	5	6
9,7	10	2	14		

Продовження таблиці 4.8

11,2	10,1	1	14,2	Сер. щільн
12,7	69	2	96,6	
14,7	71	2	99,4	
16,125	73	0,85	43,4	
			360,6	

Несуча здатність набивної палі

$$F_d = 1(1 \cdot 2163,9 \cdot 1,33 + 4,1 \cdot 360,6) = 4356,4(\text{кН})$$

4.2.7. Висновок по розділу

В даному дипломному проєкті розглянуто варіантне проєктування фундаментних конструкцій

В дипломному проєкті розроблено такі типи рішень:

- монолітний залізобетонний фундамент мілкового закладання;
- фундаменти глибокого закладання із забивних паль.
- Фундаменти із забивних пірамідальних паль.

Виконані наступні розрахунки: підбір розмірів подошви фундаменту, для двох варіантів підраховане осідання; виконано конструювання фундаментів, техніко-економічне порівняння, розрахунок тіла на міцність для найбільш економічно вигідного варіанту.

Для всіх варіантів фундаментів було визначено несучу здатність та підраховані осідання. Також для кращого варіанту – фундаменту мілкового закладання, було зроблено розрахунок міцності тіла фундаменту та розрахунок на згин.

Основні розрахунки з визначення розмірів фундаментів мілкового закладання та палих фундаментів, а також розрахунки осідання, були виконані вручну і за допомогою ЕОМ.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випусковій магістерській роботі здійснено прикладні дослідження поведінки пірамідальних паль.

На будівельно-монтажний персонал впливають в процесі влаштування фундаментів впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Тому важливо розглянути питання охорони праці, які передбачають заходи щодо їхнього виявлення, розроблення заходів по їх зниженню, по промисловій безпеці, по пожежній безпеці, а також по створенню безпечних та не шкідливих умов праці робітників.[49]

На персонал будівельної фірми, який здійснює забивання паль, згідно ГОСТ 12.0.003-74, діють наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;

2) психофізіологічні :

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць при улаштуванні штучних основ і фундаментів

За наявності зазначених небезпечних та шкідливих виробничих факторів безпека улаштування штучних основ і фундаментів повинна бути забезпечена відповідно до вимог цих Норм та проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР тощо) на виконання цих робіт, зокрема:

- дотримання вимог допуску працюючих до виконання робіт;
- дотримання безпечних способів і методів виконання робіт з улаштування штучних основ і фундаментів;
- вибір засобів механізації для виконання робіт;
- розроблення та дотримання схем монтажу, демонтажу, переміщення по будівельному майданчику засобів механізації;
- забезпечення безпечної експлуатації бурового інструменту, палебійних механізмів, віброзанурювачів, механізмів із вдавлювання паль;
 - забезпечення безпеки занурення віброзанурювачів, опускних колодязів, забивання та витягання обсадних труб;
 - забезпечення безпечного виконання робіт у зонах обводнених ґрунтів, штучного закріплення ґрунтів, діючих підземних комунікацій;
 - забезпечення безпеки праці під час виконання робіт на одному будівельному майданчику кількома машинами, механізмами;
 - забезпечення безпеки праці під час використання спеціального обладнання для зведення протифільтраційних завіс, споруд типу «стіна у ґрунті», хімічного,

термічного та інших видів закріплення ґрунтів;

- визначення номенклатури та забезпечення необхідної кількості засобів колективного та індивідуального захисту працівників.

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

Під час виконання робіт особливу увагу необхідно приділяти:

- підземним комунікаціям;
- старим виробкам і фундаментам;
- поверхневим водам (зі швидким підніманням їх рівня);
- напірним підземним водам;
- незатампованим розвідувальним свердловинам; - наземним установкам, що призводять до вібрації ґрунту; - повітряним електричним мережам.

До виконання робіт з улаштування штучних основ і фундаментів допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичне обстеження, попереднє навчання, відповідні інструктажі.

На будівельних об'єктах необхідно мати:

- список номерів телефонів чергових служб підприємств та організацій, у віданні яких перебувають комунікації та інші об'єкти в зоні виконання робіт;
- схеми комунікацій із позначенням місць перекриття напірних трубопроводів, відключення електромереж.

Усі робітники повинні бути ознайомлені з ПВР, технологічними картами виконання земляних та інших робіт, схемою розміщення підземних комунікацій з позначенням місць перекриття напірних трубопроводів, відключення електромереж. У разі виявлення під час виконання робіт нових комунікацій необхідно викликати представників організацій, яким належать ці комунікації, та вирішити питання щодо продовження робіт. [50,51]

Палубийні і бурові машини повинні бути обладнані обмежувачами висоти піднімання бурового інструменту або вантажозахоплювального пристрою та звуковою сигналізацією. На канати повинен бути сертифікат виробника або акт

про їх випробування; вантажозахоплювальні засоби повинні бути випробувані та мати бирки або клейма, що підтверджують їх вантажопідймальність і дату випробування. Гранична маса молота і палі для копра відповідно до паспорта копра повинна бути зазначена на його фермі або рамі.

Небезпечна зона під час роботи палейних машин повинна бути визначена в радіусі не менше ніж 15 м від гирла свердловини або місця забивання палі. Пересування палейних машин необхідно виконувати по заздалегідь спланованому горизонтальному шляху та за умови перебування конструкцій машин у транспортному положенні.

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

Зведення підпірних стін, стін підвалів і кріплень котлованів на будівельних об'єктах, у тому числі під час геотехнічних реконструкцій у зоні розміщення підземних комунікацій, дозволяється з письмового дозволу організації, що експлуатує ці комунікації.

Роботи з пневматичними установками необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.07.

Монтаж, демонтаж і переміщення палейних і бурових машин і устаткування необхідно виконувати відповідно до ПВР бригадою робітників за участю машиніста і його помічника під керівництвом особи, яка відповідає за безпечне виконання цих робіт. Виконання зазначених робіт забороняється за наявності вітру швидкістю більше ніж 15 м/с, а також під час грози.

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

дорівнює довжині конструкції плюс 5 м. Під час роботи палебійних чи бурових машин особи, що безпосередньо не беруть участі у цих роботах, повинні перебувати на відстані не менше ніж 15 м.

Перед початком огляду, змащування або чищення, усунення будьяких несправностей бурової машини чи копра буровий інструмент чи палебійний механізм повинен бути опущений, поставлений у стійке положення, а двигун вимкнений. Опускання та піднімання бурового інструменту чи палі виконується після подачі попереджувального сигналу. [53]

Під час піднімання або опускання бурового інструменту забороняється виконувати на копрі чи буровій машині роботи, що не стосуються зазначених процесів. Піднімання палі (шпунта) і палебійного молота необхідно виконувати окремими гаками. За наявності на копрі тільки одного гака для встановлення палі палебійний молот необхідно зняти з гака і закріпити надійним стопорним болтом. Під час піднімання палі необхідно запобігати розгойдуванню і крутінню за допомогою розчалок. Одночасне піднімання палебійного молота і палі не допускається. [56] Палі дозволяється підтягувати по прямій лінії у межах поля зору машиніста копра тільки через відвідний блок, закріплений в основі копра. Забороняється підтягувати копром палі на відстань більше ніж 10 м з відхиленням їх від поздовжньої осі.

Встановлення палі і палебійного устаткування виконується без перерви до повного їх закріплення. Залишати їх у підвішеному стані не допускається. Перед різанням забитих у ґрунт палі необхідно вжити заходів, що унеможливають падіння частини палі, що зрізується.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання на будівельному майданчику 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 – підвищеної небезпеки, у зв'язку зі струмопровідною підлогою. Технічні рішення щодо запобігання

електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

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

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.[58]

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають

персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Інструменти, матеріали і органи управління повинні бути розташовані дугою навколо робочого місця і по можливості ближче до працівника, інструменти і матеріали повинні знаходитись на відповідних місцях, щоб виключити зайві рухи на їх пошук і вибір.

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють допустимі температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у визначених діапазонах в залежності від періоду року і категорії робіт та допустиме опромінення.

Для підвищення уваги працівника, для покращення самопочуття і збереження здоров'я необхідно створити оптимальні кліматичні умови для комфортного перебування на робочому місці.

До категорії робіт Па відносяться роботи, які виконуються стоячи, пов'язані з ходьбою, перенесення невеликих (до 1 кг) вантажів, і які супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Нормування параметрів в робочій зоні наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування мікроклімату в робочій зоні

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості	16-27	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний		15-21	До 75%	не більше 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачена штучна припливна загально обмінна вентиляція, яка забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони.

Використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій. Для роботи в екстремальних умовах застосовуються спеціальні костюми з підвищеною тепло світловіддачею. Для захисту голови від випромінювання застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; для захисту очей — окуляри — темні або з прозорим шаром металу, маски з відкидним екраном.[60]Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу, а під час опадів – плащів та гумових чобіт.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

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

Пил може здійснювати на людину фіброгенну дію, при якій в легенях

відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Вражаюча дія пилу в основному визначається дисперсністю (розміром частинок пилу), їх формою та твердістю, волокнистістю, питомою поверхнею.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

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

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

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

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

Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке попадає у приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної

освітленості КПО (ϵ). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

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

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменши й або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

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

5.2.4 Виробничий шум

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83. нормуються допустимі рівні звукового тиску $L = 20 \cdot 1g(P_1/P_0)$, дБА (P_1 – середньоквадратичне значення звукового тиску, Па за період часу, що розглядається, і P_0 значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньо-геометричною частотою 1000 Гц) залежно від частоти, характеру робіт і характеру шуму (нормування за граничними спектрами - ГС), або допустимі рівні звуку $L_A = 201g(P_A/P_{0,A})$, дБА (P_A – середньоквадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції А шумоміра) залежно від характеру робіт і характеру шуму.[63,84]

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в проекті є: повітряні та масляні вимикачі, вода, трансформатори, генератори.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено:

- 1) усунення, коливань у джерелі виникнення, ретельне балансування обладнання, мас, які обертаються;
- 2) усунення коливань на шляху розповсюдження, звукоізоляція, звукопоглинання, багатошарові огорожі;
- 3) проектно-архітектурні методи передбачають розташування обладнання, вибір перекриття;
- 4) організаційно-технологічні рішення: своєчасне і якісне проведення

планово-попереджувального ремонту; контроль за правильною експлуатацією, вибір малошумного обладнання та технологій.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

На підприємствах повинно бути забезпечено контроль шуму на робочих місцях не менше одного разу в рік.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають будь-які механічні коливання пружинних тіл, що проявляються в їх переміщенні у просторі, або зміні їх форми. Коливання тіл з частотою, нижчою 16 Гц сприймається організмом, як вібрація, а коливання з частотою 16...20 Гц і більше - одночасно як вібрація і звук. Джерелами вібрацій є

різні технологічні процеси, станки, установки, вібростенди, механізми, машини (електродвигуни трансформатори, насоси, компресори, і т д), і їх робочі органи. В одних випадках причиною збудження вібрації є зворотно-поступальні рухи системи в інших - неврівноважені маси, які обертаються. В залежності від дії на людину вібрація ділиться на загальну і локальну.

Основними гігієнічними характеристиками вібрації, що визначають її дію на людину, є середньоквадратичні значення віброшвидкості V , м/с або логарифмічні рівні, дБ в октавних смугах частот.

Логарифмічні рівні віброшвидкості, дБ визначаються за формулою

$$L_v = 20 \cdot gV / 5 \cdot 10^{-8} \quad (5.1)$$

Відстрочка від режиму резонансу досягається за рахунок відстрочки власних частот установки або її окремих вузлів і деталей від частоти вимушеної сили або зміни маси жорсткості установки, або встановлення нового робочого режиму[68].

Допустимі рівні вібрації наведені в таблиці 5.5.

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:	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях										

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

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.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці Па:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);

При регіональному навантаженні(для чоловіків) - 12 000(40);

При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше

12

б) 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.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) - до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;

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 - більше 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

. Дія іонізуючих випромінювань на людей

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання

природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини[71].

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою - в організм людини. При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;
- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;
- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму.[80] Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

Деякі речовини харчових продуктів (пектинові, барвники) утворюють нерозчинні сполуки зі стронцієм, кобальтом, свинцем, кальцієм та іншими

важкими металами, які не перетравлюються і виводяться з організму. Отже, ці речовини виконують радіозахисну функцію. Тому пектин, а також пектиномісткі продукти (чорна смородина, агрус, полуниці та ін.), використовують у спеціальному харчуванні для виведення радіоактивних елементів з організму.

Первинним процесом дії радіоактивних речовин в організмі людини є іонізація. Збуджена при цьому енергія іонізуючого опромінювання передається на різні речовини організму людини. У разі дії на прості речовини (гази, метали та ін.) будь-яких змін фізико-хімічної природи у них не спостерігається. При дії на складні речовини, молекули яких складаються з багатьох різних атомів, вони розпадаються (дисоціація). Це так звана пряма дія на прості або складні речовини організму людини. Більш суттєву роль відіграє механізм непрямой дії іонізуючого випромінювання, під яким треба розуміти радіаційно-хімічні зміни у певній розчинній речовині, зумовлені продуктами радіолізу (розпаду) води.

5.3. Оцінка безпеки роботи в умовах радіаційного забруднення

5.3.1 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва.

Можлива доза опромінення працівників в заданих умовах при роботі у режимі 2 зміни по 12 год. складає

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{8} = 1,22 \text{ (мР)},$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1\max}=1,25$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{noc}}=8$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{ep} = \frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot \left(\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3} \right)} = \frac{0,5 \cdot 8}{1,33 \cdot \left(\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)} = 0,48 \text{ (мР/год)}.$$

Згідно проведеного розрахунку можлива доза опромінення персоналу $D_M > D_{\text{доп}} (1,22 > 0,5)$ та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\text{max}} > p_{\text{гр}} (1,3 > 0,48)$ перевищують допустимі норми, тому робота працівників в режимі 2 зміни по 12 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності підприємства необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту працівників підприємства проведемо в такій послідовності.

Для кожної зі скорочених змін необхідно визначити час початку робочої зміни ($t_{\text{п}}$), час кінця робочої зміни ($t_{\text{к}}$), тривалість роботи зміни ($t_{\text{р}}$) та можливу дозу опромінення зміни (D_M).

Час початку роботи першої зміни визначається за коефіцієнтом α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} = \frac{0,5 \cdot 8}{1,33 \cdot 1,25} = 2,4.$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_{\text{п}} = 1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: час початку роботи $t_{\text{п1}} = 1$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{\text{к1}} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 4,37 \approx 4 \text{ (год)}.$$

Тривалість роботи $t_{\text{р1}} = t_{\text{к1}} - t_{\text{п1}} = 4 - 1 = 3$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{\text{м1}} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{\text{к1}}^3} - \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{4^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)}{8} = 0,45 \text{ (мР)}.$$

Для 2-ї зміни: час початку роботи $t_{\text{п2}} = t_{\text{п1}} + t_{\text{р1}} = 1 + 3 = 4$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k2} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{4^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 8,71 \approx 8,5 (\text{год}).$$

Тривалість роботи $t_{p2} = t_{k2} - t_{п2} = 8,5 - 4 = 4,5$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{n2}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{8,5^3} - \sqrt[4]{4^3} \right)}{8} = 0,48 (\text{мР}).$$

Для 3-ї зміни: час початку роботи $t_{п3} = t_{п2} + t_{p2} = 4 + 4,5 = 8,5$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{8,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 14,13 \approx 14 (\text{год}).$$

Тривалість роботи $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 14 - 8,5 = 5,5$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{14^3} - \sqrt[4]{8,5^3} \right)}{8} = 0,484 (\text{мР}).$$

Для 4-ї зміни: час початку роботи $t_{п4} = t_{п3} + t_{p3} = 8,5 + 5,5 = 14$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{14^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 21,27 \approx 21 (\text{год}).$$

Тривалість роботи $t_{p4} = t_{k4} - t_{п4} = 21 - 14 = 7$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{21^3} - \sqrt[4]{14^3} \right)}{8} = 0,49 (\text{мР}).$$

Для 5-ї зміни: час початку роботи $t_{п5} = t_{п4} + t_{p4} = 14 + 7 = 21$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k5} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{21^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 30,42 \approx 30 (\text{год}).$$

Тривалість роботи $t_{p5} = t_{k5} - t_{п5} = 30 - 21 = 9$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{n5}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{30^3} - \sqrt[4]{21^3})}{8} = 0,48(\text{мР}).$$

Для 6-ї зміни: час початку роботи $t_{п6} = t_{п5} + t_{p5} = 21 + 9 = 30$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k6} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{30^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 41,95 \approx 42(\text{год}).$$

Тривалість роботи $t_{p6} = t_{к6} - t_{п6} = 42 - 30 = 12$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{п6}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{42^3} - \sqrt[4]{30^3})}{8} = 0,506(\text{мР}).$$

За результатами проведеного розрахунку роботу підприємства в дві зміни по 12 год. можна буде розпочинати через 21 год. після радіоактивного забруднення. Після того, як відпрацює 5-та скорочена зміна до роботи приступить наступна 6-та повна зміна.

Для захисту працівників в таких умовах роботи також необхідно взяти додаткових заходів, таких як:

- евакуювати працівників, що не зайняті на виробництві;
- зміну, що відпочиває укрити в сховищі;
- надати працівникам засоби індивідуального захисту;
- систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях;
- загерметизувати виробничі приміщення і обладнати вентиляційну систему фільтрами;
- здійснити йодну та медикаментозну профілактику персоналу;
- обмежити перебування працівників на відкритій місцевості.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів

Виконані підрахунку обсягів робіт нульового циклу для трьох варіантів фундаментів у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Обсяги робіт з улаштування варіантів фундаментів

Вид робіт і витрати	Формула розрахунку	Одиниці вимірювання	Кількість	
1. Фундамент мілкового закладання				
1. Відкопування котловану	$V_C = 6 \cdot 6 \cdot 1,55 = 55,8$	1000м.куб	0,0558	
2. Улаштування бетонної підготовки з бетону В7.5	$V_{AI} = (3,9 + 0,2)^2 \cdot 0,1 = 1,681$	м.куб	1,681	
3. Улаштування монолітного з/б фундаменту	$V_A = 3,9^2 \cdot 0,45 + 2,1^2 \cdot 0,45 + 0,5^2 \cdot 0,9 = 9,54$	м.куб	9,054	
4. Кількість арматури	$G_A = 9,054 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 497,5$	кг	497,5	
5. Зворотня засипка	$V_{CC} = 6 \cdot 6 \cdot 1,55 - 9,054 - 1,681 = 45,1$	1000м.куб	0,0451	
6. Ущільнення ґрунту зворотньої засипки	$V_{ou} = V_{CC} = 45,1$	100м.куб	0,451	
7. Улаштування опалубки	$V_{op} = 3,9 \cdot 0,45 \cdot 4 + 2,1 \cdot 0,45 \cdot 4 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot 4 = 12,6$	100 м2	0,126	
2. Фундамент з забивних паль				
1. Відкопування котловану	$V_C = 6 \cdot 6 \cdot 1,65 = 59,4$	1000м.куб	0,0594	
2. Занурення паль С16-35 дизель молотом	$V_{IAEU} = 0,35^2 \cdot 16 \cdot 6 = 11,76$	м.куб	11,76	
3. Кількість паль	$n_{IAEU} = 16 \cdot 6 = 96$	п.м	96	
4. Улаштування бетонної підготовки з бетону В7.5	$V_{AI} = (1,6 + 0,2) \cdot (2,65 + 0,2) \cdot 0,1 = 0,51$	м.куб	0,51	0,51
5. Улаштування монолітного з/б розтверку	$V_A = 1,6 \cdot 2,65 \cdot 0,6 + 0,5^2 \cdot 0,6 = 2,7$	м.куб	2,7	
6. Кількість арматури	$G_A = 2,7 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 148,4$	кг	148,4	
7. Зворотня засипка	$V_{CC} = 6 \cdot 6 \cdot 1,55 - 2,7 - 0,51 = 56,19$	1000м.куб	0,0562	0,0562
8. Ущільнення ґрунту зворотньої засипки	$V_{ou} = V_{CC} = 56,19$	100м.куб	0,562	

Продовження таблиці 6.1

9. Влаштування опалубки	$V_{оп} = 0,6 \cdot 2,65 \cdot 2 + 0,6 \cdot 1,6 \cdot 2 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 4$	100 м2	0,063
3.Фундамент з пірамідальних паль			
1.Відкопування котловану	$V_{\zeta} = 6 \cdot 6 \cdot 1,65 = 59,4$	1000м.куб	0,0594
2.Занурення пірамідальних паль	$V_{I \lambda \ddot{E} \ddot{U}} = 0,35^2 \cdot 16 \cdot 6 = 11,76$	м.куб	11,76
3.Кількість паль	$N=25$	п.м	25
4.Улаштування бетонної підготовки з бетону В7.5	$V_{\dot{A}i} = (1,6 + 0,2) \cdot (2,65 + 0,2) \cdot 0,1 = 0,51$	м.куб	0,51
5.Улаштування монолітного з/б розтверку	$V_{\dot{A}} = 1,6 \cdot 2,65 \cdot 0,6 + 0,5^2 \cdot 0,6 = 2,7$	м.куб	2,7
6.Кількість арматури	$G_{\dot{A}} = 2,7 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 148,4$	кг	148,4
7.Зворотня засипка	$V_{\zeta\zeta} = 6 \cdot 6 \cdot 1,55 - 2,7 - 0,51 = 56,19$	1000м.куб	0,0562
8.Ущільнення ґрунту зворотньої засипки	$V_{\ddot{O}\ddot{U}} = V_{\zeta\zeta} = 56,19$	100м.куб	0,562
9. Влаштування опалубки	$V_{оп} = 0,6 \cdot 2,65 \cdot 2 + 0,6 \cdot 1,6 \cdot 2 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 4$	100 м2	0,063
4.Улаштування бетонної підготовки з бетону В7.5	$V_{\dot{A}i} = (1,6 + 0,2) \cdot (2,65 + 0,2) \cdot 0,1 = 0,51$	м.куб	0,51
5.Улаштування монолітного з/б розтверку	$V_{\dot{A}} = 1,6 \cdot 2,65 \cdot 0,6 + 0,5^2 \cdot 0,6 = 2,7$	м.куб	2,7
6.Кількість арматури	$G_{\dot{A}} = 2,7 \cdot 0,007 \cdot 7850 = 148,4$	кг	148,4

6.2 Порівняльні кошторисні розрахунки вартості та трудомісткості фундаментів

Кошторисний розрахунок фундаментів виконуємо за допомогою програмного комплексу АВК (таблиця 6.2-6.4).

Вони розроблялися на основі:

ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН Д.2.2 - 99); збірника єдиних середніх кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до ДСТУ Б Д.1.1 – 1 – 2013.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних

ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

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

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.

Результати порівняння варіантів наведені в таблиці 6.2.

Всі вищенаведені показники, окрім первісної вартості і-тої машини та нормативної тривалості роботи машини за рік, узяті з локальних кошторисів. При порівнянні варіантів приймається той варіант, який має мінімальне значення приведених витрат.[47]

$$\Pi_i = C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min, \quad (6.1)$$

Величина C і K прирівнюються за допомогою нормативного коефіцієнта ефективності капітальних вкладень E_n , який є допустимим мінімумом зниження собівартості на одиницю додаткових капітальних вкладень, за якими вони визнаються ефективними.

Собівартість робіт визначається за формулою:

$$C = \text{ПВ} + \text{ЗВВ}, \quad (6.2)$$

де ПВ – прямі витрати, грн. Під прямими витратами розуміють витрати, пов'язані з виконанням будівельних робіт, які можна прямо та безпосередньо включити до собівартості конкретних будівельних робіт;

ЗВВ – кошторисна величина загальновиробничих витрат, грн.

ПВ та ЗВВ визначаємо із локального кошторису (таблиці 6.2 –6.4).

Капітальні вкладення у виробничі фонди:

$$K = K_{\text{ОВФ}} + K_{\text{обігові кошти}}, \quad (6.3)$$

де $K_{\text{ОВФ}}$ – вартість основних виробничих фондів;

$$K_{\text{обігові кошти}} = C_{\text{см.}} / K_{\text{обор.}} - \text{обігові кошти},$$

де $C_{\text{см.}}$ – кошторисна вартість (всього по кошторису), грн.;

$$K_{\text{обор.}} = 3-4.$$

Основні виробничі фонди визначаються за формулою:

$$K_{\text{ОВФ}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i \cdot T_{i,\text{об.}}}{T_{i,\text{річн.}}}, \quad (6.4)$$

де Φ_i – первісна вартість i -тої машини, грн. (в даному випадку прийmemo вартість експлуатації машин із кошторису);

T_i – тривалість роботи i -тої машини на об'єкті, год.;

$T_{i,\text{річн.}}$ – нормативна тривалість роботи за рік, год.

Економічний ефект

$$E = \text{П1} - \text{П2}$$

Таблиця 6.2 - Порівняння варіантів фундаментів

Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Прямі витрати, тис. грн.	6,625	6,625	6,625
Кошторисна трудомісткість, тис. люд.-год.	6,625	6,625	6,625
Кошторисна заробітна плата, тис. грн.	6,625	6,625	6,625
Загальновиробничі витрати, тис. грн.	6,625	6,625	6,625
Усього за кошторисом, тис. грн.	6,625	6,625	6,625
Кошторисний прибуток, грн.			
Показники (обчислені)			
Кошторисна величина ЗВВ, тис. грн.	1,237	1,526	11,495
Собівартість робіт (С), тис. грн.	16,23	17,88	17.181
Обігові кошти, тис. грн.	5,41	5,96	5,96
Основні виробничі фонди, тис. грн.	0,59	4,79	4,791

Продовження таблиці 6.2

Капіталовкладення в виробничі фонди, тис. грн.	6,00	10,75	10,75
Показник приведених витрат, тис. грн.	16,95	22,31	21,19
Економічний ефект, тис. грн.	4,36		

6.3 Висновок по розділу.

Були виконані підрахунки обсягів робіт нульового циклу для трьох варіантів фундаментів

Порівнюючи кожний варіант фундаментів із таблиць 6.5 ми бачимо, що найбільш економічним є 1 варіант фундаменту мілкового закладання. Кошторисна вартість становить – 16,23 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 0,088 тис. люд-год., приведені витрати - 16,95 тис. грн. Економічний ефект – 4,36 тис. грн.

ВИСНОВКИ

1. Математична модель забезпечує:

- зменшення часу на підготовку аналізу,
- зменшує матеріалоємність досліджень, особливо при проектуванні великомасштабних об'єктів,
- дає можливість проведення експериментів на критичних режимах.

2. При осіданні 2,2 см. величина навантаження (несуча спроможність пірамідальної палі С5 за МГЕ, склала 220 кН., для палі С6 – 410 кН. в ґрунтах природньої вологості. Дані числових досліджень добре співпадають з показниками експериментів (для палі С5 за експериментом склала 228 кН., для палі С6 – 430 кН.) та чітко фіксують і числові дослідження за МГЕ і експеримент, що збільшення кута конусності пірамідальної палі сприяє підняттю їх несучої спроможності.

3. Із даних експериментальних досліджень *оптимальним кутом* при вершині пірамідальної палі (кут конусності) *є кут біля 20*

Запропонована концепсія восьми параметричної математичної моделі дозволяє враховувати в більшій степені всю складність ґрунтових умов будівельного майданчика.

4. Результати числового моделювання за МГЕ процесу деформування системи «пружно-пластична основа – пірамідальна паля» по запропонованій методиці відповідають загальноприйнятим уявленням та дають хорошу відповідність даним експериментальних досліджень, які отримані безпосередні заміром тиску в ґрунті основі мездозами.

5. Розроблена методика розрахунку за числовим МГЕ значно покращує економічність фундаментів за рахунок більш повного використання несучої спроможності і деформативних властивостей ґрунтів і різко скорочує трудові затрати проектувальників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко І.П. Напружено-деформований стан ґрунтового масиву при побудові нових фундаментів поблизу існуючих будинків / І.П. Бойко, О.В.
2. Бойко И.П. Теоретические основы проектирования свайных фундаментов при упругопластическом деформировании основания // Основания и фундаменты: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – К.: “Будівельник”, 1985. – Вып. 18. – с.11-17. Інші і так далі і тому подібне.
3. Бреббия К. Методы граничных элементов / К. Бреббия, Ж. Теллес, Л. Вроубел.- М.:Мир.1987.-525 с.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд.
5. ДСТУ БВ.2.1-27:2010 Основи та Фундаменти споруд. Палі. Визначення несучої здатності за результатами пальових випробувань.
6. Електронний ресурс - <http://www.geotek.ru/>
7. Моргун А.С. Нелінійні проблеми механіки ґрунтів / А.С. Моргун // Вінниця, ВНТУ, 2016. – 122 с.
8. Моргун А.С., Меть І.М., Шевченко І.І., Буйлук Василь. Вплив кута конусності на несучу спроможність пірамідальних паль. Тези доповідей на конференції ‘Молодь в науці’ , 23.11.2021.
9. Николаевский В.Н. Современные проблемы механики грунтов / В.Н. Николаевский // Определяющие законы механики грунтов. – М. : Стройиздат, 1975. – С. 210-227.
10. В.Н. Николаевський. Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра, 1984, 232 с.
11. Оксанович Л.В. Невидимый конфликт. М.: Стройиздат, 1981. – 191 с.
12. Сахаров // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково – технічний збірник. – К. : КНУБА, 2004. – Вип. 28. – С. 3-10.
13. СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты. Вид. офіц. Москва. 2006. 46с

14. Сорочан Е. А., Ли Е.А. Исследование работы пирамидальных свай в набухающих грунтах. М.: Стройиздат. Сб. Основания, фундаменты и механика грунтов № 2. 1993, С 8-11.

15. Сахаров В.О. Математична модель нелінійної ґрунтової основи в умовах прибудови // Основи і фундаменти. Міжвід. наук.- техн. зб. КНУБА, 2005. - Вип. 29.

16. Федоровский В. Г. Прогноз осадки фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит / В. Г. Федоровский, С. Г. Безволев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2000. – № 4. – С. 23–25.

17. Харин Р. Е. Технично-економическое обоснование выбора конструкций свай и свайного фундамента / Харин Р. Е. // ОФ и МГ–2006. – № 1.– 1976, – С. 13–16.

18. Харр М.Е. Основы теоретической механики грунтов / Харр М. Е. – М. : Изво литературы по строительству, 1971. – 320 с.

19. Цитович Н.А. Механика грунтов / Цитович Н. А. – М. : Высшая школа, 1968. – 258 с.

20. Цытович Н.А., Тер-Мартиросян З.Г.. Основы прикладной геомеханики в строительстве.М.: «Высшая школа», 1981

21. Шапиро Д. М. Упруго-пластичный анализ несущей способности оснований реконструируемых объектов методом конечных элементов. / Д. М. Шапиро, Н. Н. Мельничук // ОФ и МГ . – 2007. – № 2. – С. 18–21.

22. Швецов Г.И. Основания и фундаменты / Швецов Г.И. – М.: Высшая школа, 1991. – 357 с.

23. Шукле Л. Геологические проблемы механики грунтов / Шукле Л. – М.: Стройиздат,1976. – 485 с.

24. Abovskiy N. P. Energy principle and its application for the creation of controlled structures/ Abovskiy N. P// Spatial structures in new and renovation projects of Building and construction. Proceeding international congress ICSS – 98 / June 22 – 26, Moscow. Russia. 1998. – P. 307 – 311.

25. Drucker D. C. Soil mechanics and plastic analysis or limit design. Quarterly

Applied Mathematics / D. C. Drucker, W. Prager. – 1952. – 10. – № 2

26. Drucker D. C. Soil mechanics and work – hardening theories of plasticity / D. C. Drucker, R. E. Gibson, D. S. Henkel. – Frans. Amer. Soc. Civ. Eng., 1957

27. Timoshenko S., Resistance des materiaux, t. 1, Paris, Librairie Polytechnique Beranger, 1989.

28. Melan E., Der Spannungszustand der durch eine Einzelkraft im innern beanspruchten Halbscheibe, Z. Angew. Math. Mech. 12, 343-346 (1992).

29. Mindlin R. D., Force at a point in the interior of a semi-infinite solid, Physics. 7, 195-202 (1996).

30. ДБН В 1.2-14:2018. Навантаження і впливи. Норми проектування.. – 71 с.

31. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції», К.: Мінбуд України, 2009. – 92 с.

32. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону», К.: Мінбуд України, 2010. – 166 с.

33. Залізобетонні конструкції: Підручник / А.Я. Барашиков, Л.М. Будникова, Л.В. Кузнєцов та ін.; під ред. А.Я. Барашикова. – К.: Вища школа, 1995. – 591 с.

34. Гольшев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П. и др. Проектирование бетонных и железобетонных конструкций. Справочное пособие. – Киев, «Будивэльнык», 1990. – 543 с.

35. Леванов Н.М., Суворкин Д.Г. Железобетонные конструкции. М.: «Высшая школа», 1965. – 872 с.

36. Середюк І.П., Середюк В.Ф. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни ЗБК. Вінниця, ВДТУ, 2000. – 37 с.

37. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс: Учеб. Для вузов. – М.: Стройиздат, 1991 – 767 с.

38. ДБН Д.2.2-8-99. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Конструкції з цегли та блоків.-К.: Держбуд України, 2000

39. Железобетонные конструкции: Курсовое и дипломное проектирование / под ред. А.Я.Барашикова. – К.: Вища школа. Головное издательство, 1987. – 416 с.

40. ДСТУ Б В.1.-3:2006 система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. – Київ МІНБУД України. 2006. – 10 с.

41. «Архитектурные конструкции» / З.А. Казбек-Казиев, Москва «Высшая школа»
1989.

42. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. [Введ. з 1 січня 2007 р. на заміну розділу 10 СНиП 2.01.07-85]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 10 с. – (Національні стандарти України).

43. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Міжрегіонбуд України, 2009. – 43 с. – (Національні стандарти України).

44. Абашева Л.П. Проектування і розрахунок сталевих ферм покриття з парних кутиків: навчальний посібник / Абашева Л.П. , Зуева І.І. – К. : Пермський держаний технічний університет. Пермь, 2008. – 47 с.

45. Пермяков В.О. Металеві конструкції ферми: навчальний посібник / Пермяков В.О., Белов І.Д. – К. : КНУБА. Київ, 2006. – 170 с.

ДБН В.2.1-10:2009. Основи і фундаменти будівель і споруд: [Чинний від 2009-07-01]. – К. : Мінбуд України, 2009. – 105 с. – (Національні стандарти України).

46. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з основ та фундаментів для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво». / Уклад. І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович, – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 57 с.

47. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з основ та фундаментів для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво». Частина 2. Пальові фундаменти / Уклад. І. І. Ваганов, І. В. 48. Маєвська, М. М. Попович, Н. В. Блащук. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 84с.

48. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172 / Уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський.

– Вінниця : ВНТУ, 2021. – 51 с.

49. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. – 171 с.

50. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 125 с.

51. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. – Вінниця: ВНТУ, 2005 – 139 с.

52. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 1. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 183 с.

53. Кобилянський О. В. Основи охорони праці. Ч. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2007 – 171 с.

54. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>

55. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf

56. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

57. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. – К. : Мінбуд України, 2006. – 154 с.

58. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. –149 с.

59. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-294>

60. ДБН Б.2.2-12:2018 Планування і забудова територій [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76667

70. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_1_10/1-1-

0-1828

71. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/32_2_2009.pdf

72. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

73. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

74. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

75. ДСН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>.

78. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Терміни та визначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>

79. ДСТУ ОHSAS18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог. – К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. – 21 с.

80. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

81. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 109 с.

82. Кодекс цивільного захисту України. К. : ВР України, 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

83. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/901702428>.

84. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200291>

Додатки

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Прикладні дослідження поведінки пірамідальних паль

Тип роботи: кваліфікаційна робота / МКР

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ: кафедра БМГА, ФБТЕГП, гр. Б-20мі

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник: Меть І.М., доцент

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	67,5%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	32,5%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- 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.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор _____

(підпис)

Буйлук В.В.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

допустити до захисту МКР

Допустити до захисту МКР

Особа, відповідальна за перевірку _____

[Підпис]
(підпис)

Блащук Н.В.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б

Форма № 1

Таблиця 6.2- Локальний кошторис на будівельні роботи № 1
Фундамент мілкового закладання

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 16,227 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,088 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 1,827 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на "21 .11" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
						на одиницю	всього				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1, 2] м3, група ґрунтів 1	1000м3	0,05558	<u>6217,86</u> 157,87	<u>6053,90</u> 1912,64	346	9	<u>336</u> 106	<u>9,38</u> 66,504	<u>0,52</u> 3,7
2	E6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3	0,01681	<u>69945,46</u> 3294,47	<u>1898,95</u> 520,67	1176	55	<u>32</u> 9	<u>195,75</u> 25,4989	<u>3,29</u> 0,43
3	ЕД6-50-15	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки з щитів опалубки площею до 1 м2 для влаштування монолітного фундаменту	100м3	0,0954	<u>15580,67</u> 8018,93	<u>420,30</u> 130,88	1486	765	<u>40</u> 12	<u>417,87</u> 6,9921	<u>39,86</u> 0,67
4	ЕД6-62-3	<i>Встановлення арматури окремими стрижнями із зварюванням вузлів з арматурою у вигляді плоских сіток в масиви, окремі фундаменти і плитні основи, діаметр арматури, мм понад 8 до 12</i>	<i>т</i>	<i>0,4975</i>	<u>11553,50</u> 436,01	<u>100,74</u> 23,53	5748	217	<u>50</u> 12	<u>22,44</u> 1,4234	<u>11,16</u> 0,71

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	ЕД6-66-2	Укладання бетонної суміші в конструкції монолітного фундаменту	100м3	0,0954	<u>61814,36</u> 1004,88	<u>1946,55</u> 497,99	5897	96	<u>186</u> 48	<u>53</u> 23,56	<u>5,06</u> 2,25
6	Е1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000м3	0,0451	<u>1287,92</u> -	<u>1287,92</u> 279,89	58	-	<u>58</u> 13	<u>-</u> 15,1575	<u>-</u> 0,68
7	Е1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	0,451	<u>619,28</u> 339,29	<u>279,99</u> 83,44	279	153	<u>126</u> 38	<u>18,36</u> 5,1175	<u>8,28</u> 2,31
		Разом прямі витрати по кошторису					14990	1295	<u>828</u> 238		<u>68,17</u> 10,75
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					14990 12867 1533 1237 9,13 294 16227				
		Всього по кошторису					16227				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					88				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					1827				

Склав

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

Перевірив

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

Таблиця 6.3- Локальний кошторис на будівельні роботи № 2

Фундамент з забивних палів

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 17,882 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,104 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 2,273 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,7 розряд

Складений в поточних цінах станом на "21.11" 20201р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1, 2] м3, група ґрунтів 1	1000м3	0,0594	<u>6217,86</u> 157,87	<u>6053,90</u> 1912,64	369	9	<u>360</u> 114	<u>9,38</u> 66,504	<u>0,56</u> 3,95
2	E5-3-5	Заглиблення дизель-молотом залізобетонних палів	м3	11,76	<u>1130,03</u> 69,94	<u>438,09</u> 54,96	13289	822	<u>5152</u> 646	<u>3,39</u> 2,6765	<u>39,87</u> 31,48
3	E6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3	0,0051	<u>69945,46</u> 3294,47	<u>1898,95</u> 520,67	357	17	<u>10</u> 3	<u>195,75</u> 25,4989	<u>1</u> 0,13
4	ЕД6-50-15	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки з щитів опалубки площею до 1 м2 для улаштування ростверку	100м3	0,027	<u>15580,67</u> 8018,93	<u>420,30</u> 130,88	421	217	<u>11</u> 4	<u>417,87</u> 6,9921	<u>11,28</u> 0,19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
5	ЕД6-62-3	Встановлення арматури окремими стрижнями із зварюванням вузлів з арматурою у вигляді плоских сіток в масиви, окремі фундаменти і плитні основи, діаметр арматури, мм понад 8 до 12	m	0,1484	<u>11553,50</u> 436,01	<u>100,74</u> 23,53	1715	65	<u>15</u> 3	<u>22,44</u> 1,4234	<u>3,33</u> 0,21			
6	ЕД6-66-2	Укладання бетонної суміші в конструкції ростверку бетононасосами.	100м3	0,003	<u>61814,36</u> 1004,88	<u>1946,55</u> 497,99	185	3	<u>6</u> 1	<u>53</u> 23,56	<u>0,16</u> 0,07			
7	Е1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000м3	0,0027	<u>1287,92</u> -	<u>1287,92</u> 279,89	3	-	<u>3</u> 1	<u>-</u> 15,1575	<u>-</u> 0,04			
8	Е1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	0,027	<u>619,28</u> 339,29	<u>279,99</u> 83,44	17	9	<u>8</u> 2	<u>18,36</u> 5,1175	<u>0,5</u> 0,14			
Разом прями витрати по кошторису							16356	1142	<u>5565</u> 774		<u>56,7</u> 36,21			
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							16356		9649	1916	1526	11,03	357	17882

Всього по кошторису							17882							
Кошторисна трудомісткість, люд.год.							104							
Кошторисна заробітна плата, грн.							2273							

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця 6.4 -Локальний кошторис на будівельні роботи № 3

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість **17184** тис. грн.
Кошторисна трудомісткість **0,465** тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата **1984** тис. грн.
Середній розряд робіт **3,3** розряд

Складений в поточних цінах станом на "24.11" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E1-17-1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1 [1-1, 2] м3, група ґрунтів 1	1000м3	0,0594	<u>6217,86</u> 157,87	<u>6053,90</u> 1912,64	369	9	<u>360</u> 114	<u>9,38</u> 66,504	<u>0,56</u> 3,95
2	E5-3-5	Заглиблення дизель-молотом залізобетонних паль	м3	9.5	<u>1130,03</u> 69,94	<u>438,09</u> 54,96	12289	822	<u>5152</u> 646	<u>3,39</u> 2,6765	<u>39,87</u> 31,48
3	E6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3	0,0051	<u>69945,46</u> 3294,47	<u>1898,95</u> 520,67	357	17	<u>10</u> 3	<u>195,75</u> 25,4989	<u>1</u> 0,13
4	ЕД6-50-15	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки з щитів опалубки площею до 1 м2 для улаштування ростверку	100м3	0,027	<u>15580,67</u> 8018,93	<u>420,30</u> 130,88	421	217	<u>11</u> 4	<u>417,87</u> 6,9921	<u>11,28</u> 0,19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	ЕД6-62-3	Встановлення арматури окремими стрижнями із зварюванням вузлів з арматурою у вигляді плоских сіток в масиви, окремі фундаменти і плитні основи, діаметр арматури, мм понад 8 до 12	т	0,064	11553,50 436,01	100,74 23,53	1715	65	15 3	22,44 1,4234	3,33 0,21
6	ЕД6-66-2	Укладання бетонної суміші в конструкції ростверку бетононасосами.	100м3	0,003	61814,36 1004,88	1946,55 497,99	185	3	6 1	53 23,56	0,16 0,07
7	Е1-27-1	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 1	1000м3	0,0027	1287,92 -	1287,92 279,89	3	-	3 1	- 15,1575	- 0,04
8	Е1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100м3	0,027	619,28 339,29	279,99 83,44	17	9	8 2	18,36 5,1175	0,5 0,14
		Разом прямі витрати по кошторису					16056	1142	<u>5565</u> 774		<u>56,7</u> 36,21
		Разом будівельні роботи, грн.					16056				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					9449				
		всього заробітна плата, грн.					1916				
		Загальновиробничі витрати, грн.					1526				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					11,03				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					357				
		Всього будівельні роботи, грн.					17184				

		Всього по кошторису					17184				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					104				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					1984				

Тема: «ПРИКЛАДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ
ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ»

Виконав: Буйлук В.В.

Студент групи Б-20М

Керівник: Метъ І.М.

Мета і задачі дослідження

Метою дослідження є доопрацювання розрахунково-теоретичного апарату проектування пірамідальних паль за числовим методом граничних елементів.

Для досягнення поставленої мети в МКР вирішено наступні задачі:

- проаналізовано нормативні документи і наукові роботи в дослідній області;
- проведено обґрунтування теоретичних основ;
- проведено числові дослідження НДС пірамідальних паль та порівняння з експериментальними результатами.

Наукова новизна одержаних результатів: ³

- Виявлена фізична суть задачі та показано її особливості на числовому прикладі дослідження впливу кута конусності пірамідальної палі на її НДС.
- Удосконалено метод, що поєднує в рамках однієї математичної моделі можливість проводити розрахунок фундаментів за двома групами граничних станів: деформацій та несучої спроможності.
- Отримано подальший розвиток методики розв'язку пружнопластичної задачі геомеханіки за числовим МГЕ.
- На моделі можна експериментувати та отримувати оптимальні розв'язки. Моделі властивий чіткий фізичний зміст. Модель дозволяє відтворювати зміну вхідних параметрів в процесі деформування, оскільки, як відомо, рух веде до зміни структури системи.
- Модель задовільняє вимогам збіжності існування та стійкості розв'язків.

Характер роботи з ґрунтом призматичної палі кардинально відрізняється від роботи пірамідальної палі. Бокова поверхня призматичної палі не передає на ґрунт нормальних тисків, а працює на тертя. Нормальні тиски передаються на ґрунт підшовою. Зона деформацій навколо стовбура утворюється в результаті тертя при осіданні палі, а під підшовою – від дії нормальних тисків.

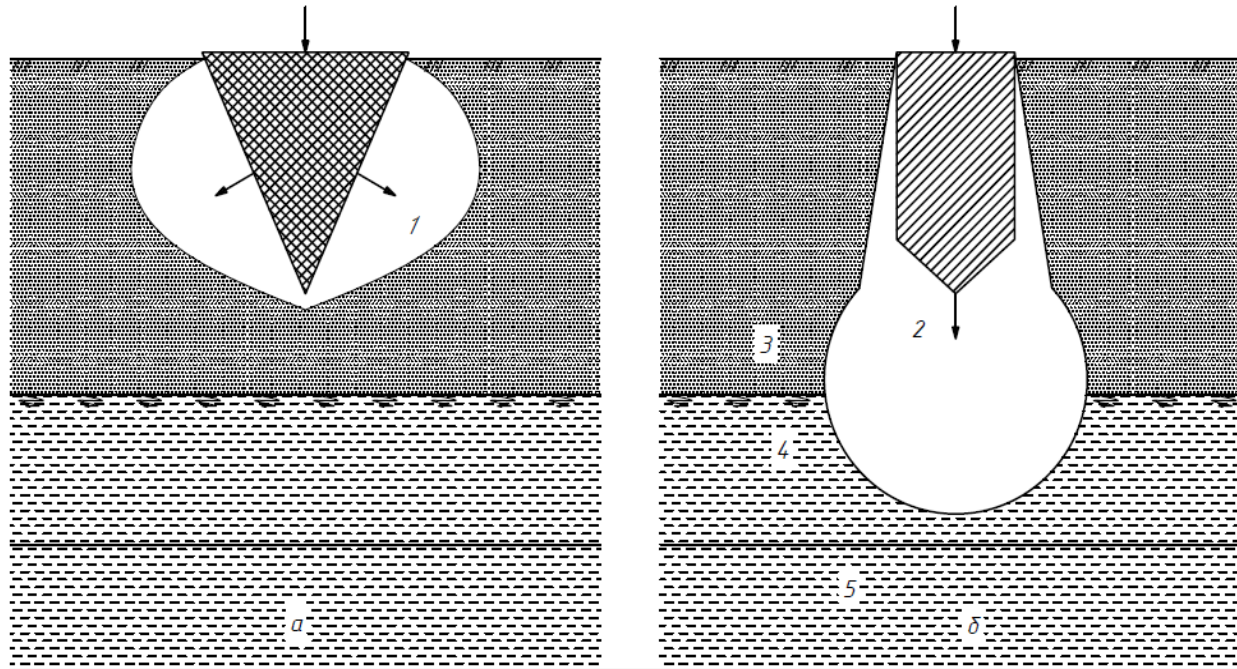
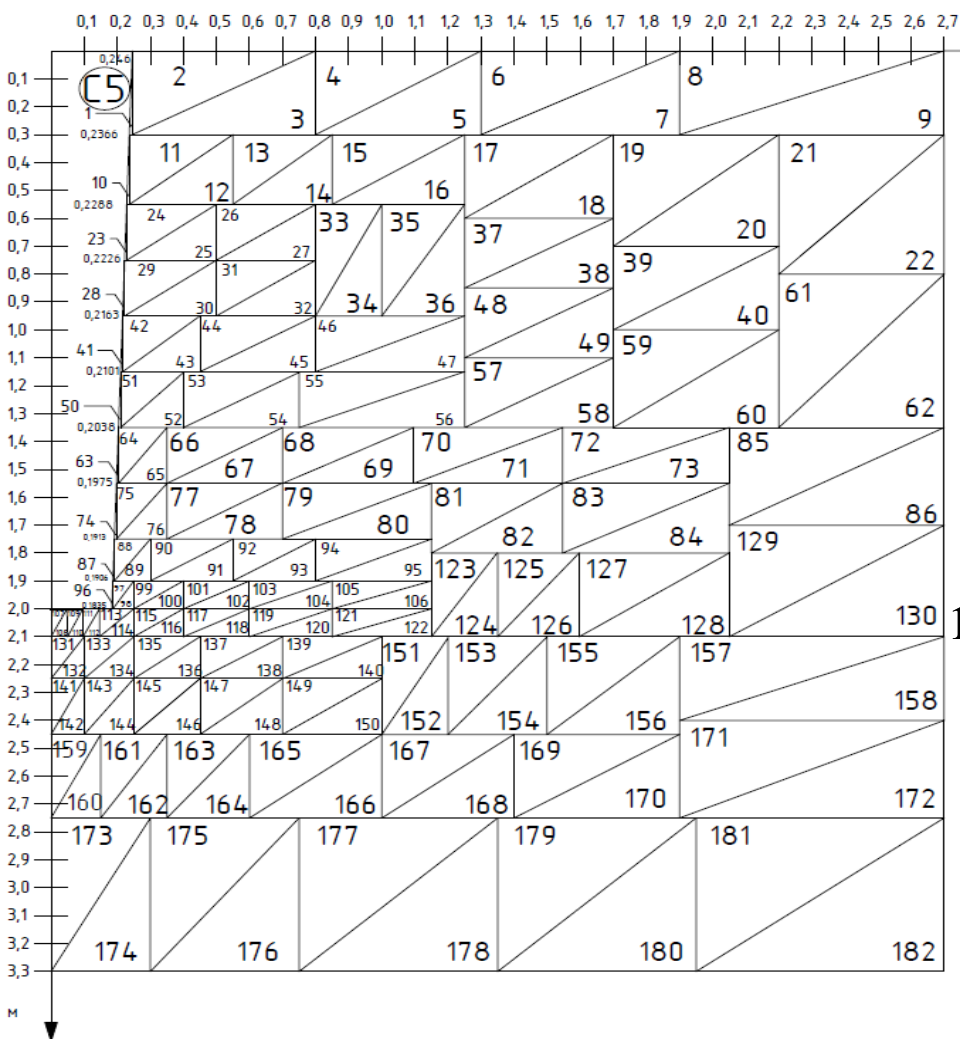


Рисунок 1

Рисунок 1 – Зони ущільнення та дерормацій у пірамідальної та призматичної палі.

а)



б)

5

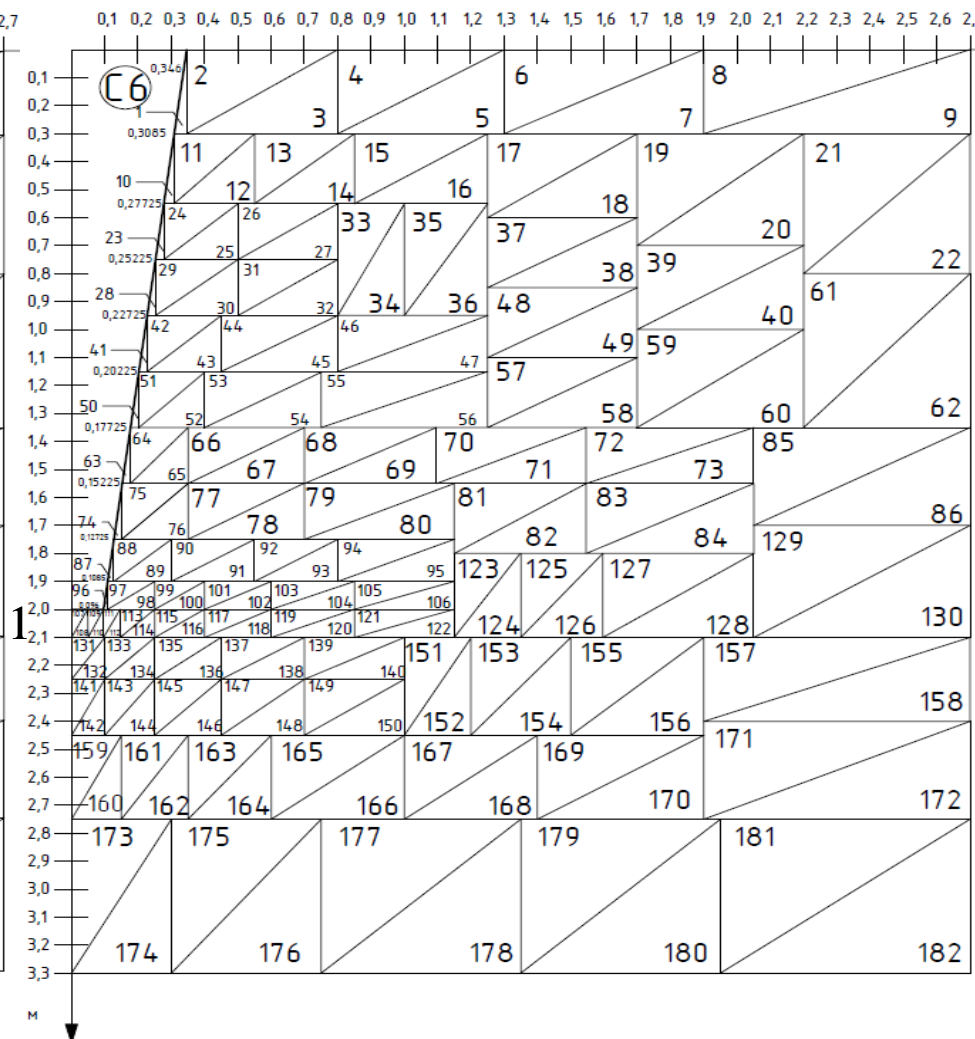


Рисунок 2

Рисунок 2 – Схема дискретизації бокової поверхні та активної зони пірамідальних паль: а – паля C5 $\beta = 1.79^\circ$ б – паля C6 $\beta = 7.13^\circ$

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На рис.3 подано дані експериментальних статичних досліджень поведінки під навантаженням пірамідальних паль С5 та С6 та проведено порівняння з ними результатів числових досліджень за МГЕ (рис.4). Данні співставлення результатів числового моделювання за МГЕ з експериментом наступні:

	Величина осідання	Експеримент	Числові за МГЕ дослідження
Заглиблення палі С5	2.2 см.	228 кН	220 кН
Заглиблення палі С6	2.2 см.	430 кН	410 кН

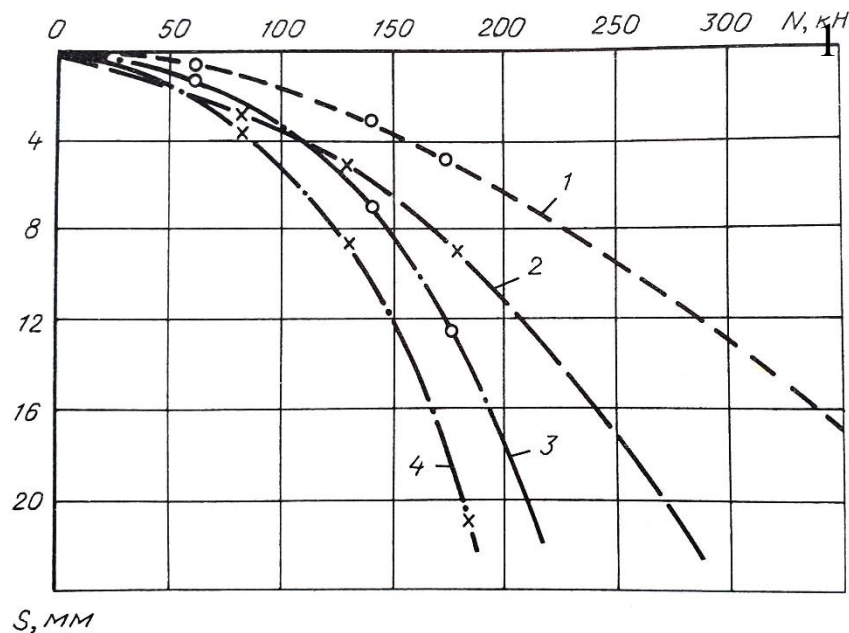
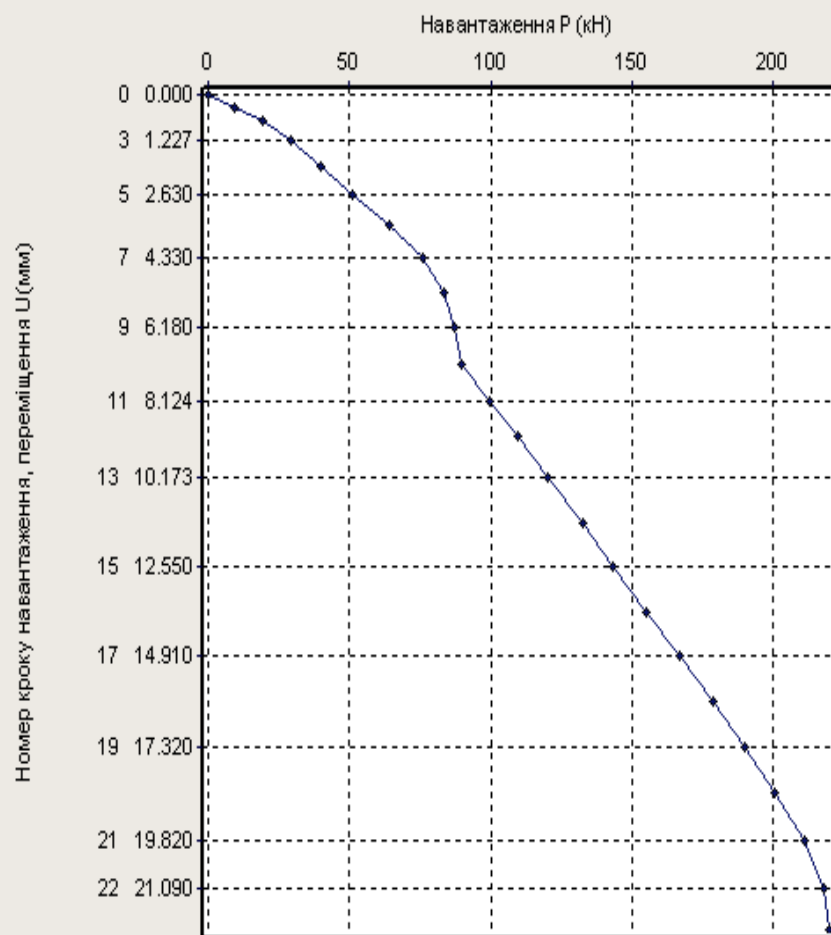


Рисунок 3 – Результати експериментальних досліджень палі С6 (1) та пірамідальної палі С5 (3) в ґрунті природньої вологості; криві 2 та 4 – результати поведінки цих же паль після замочування

Рисунок 3

а)



б)

7

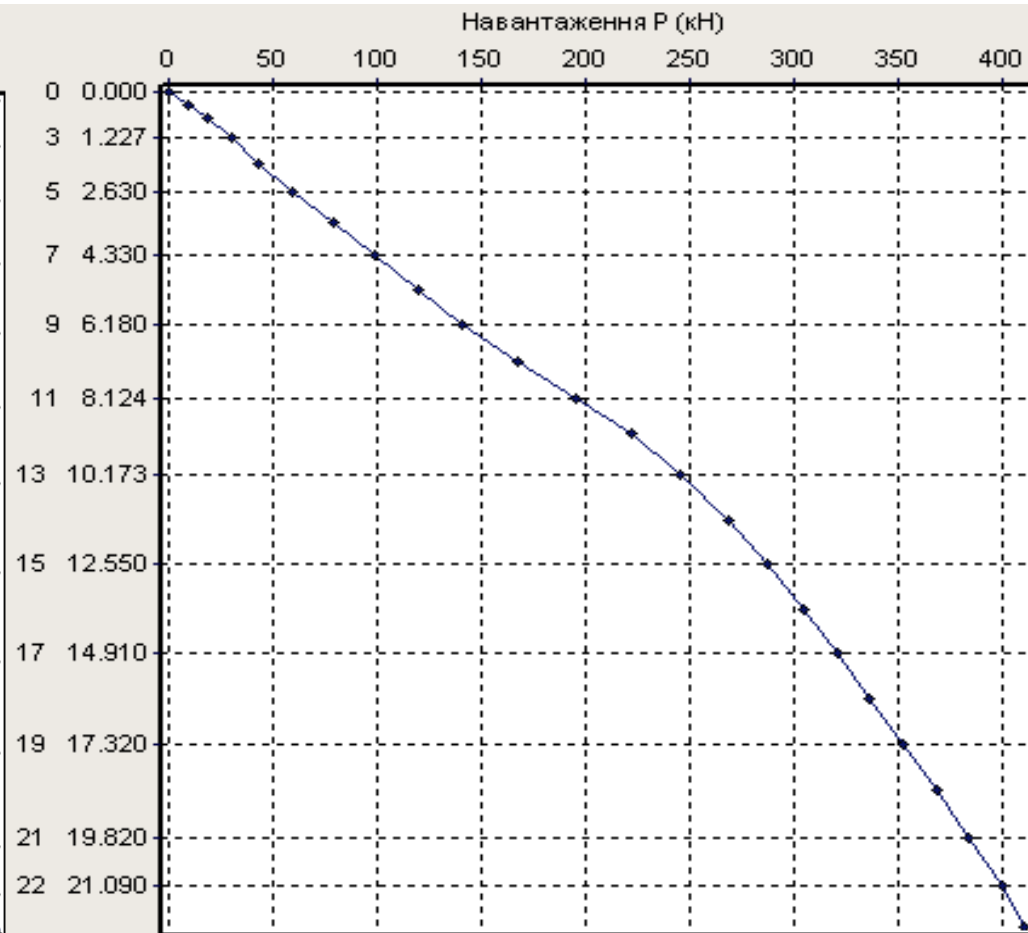
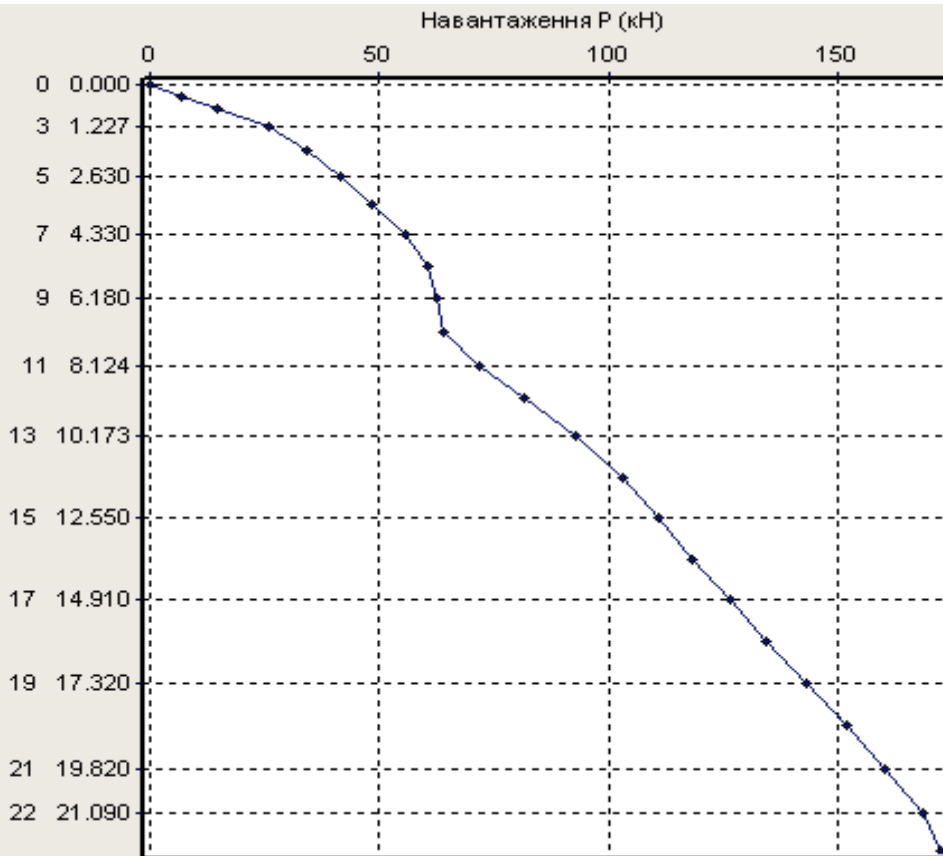


Рисунок 4

Рисунок 4 – Результати числового прогнозу за МГЕ роботи під навантаженням пірамідальних палей: а) – С5, б) – С6 в ґрунті природної вологості.

а)



б)

8

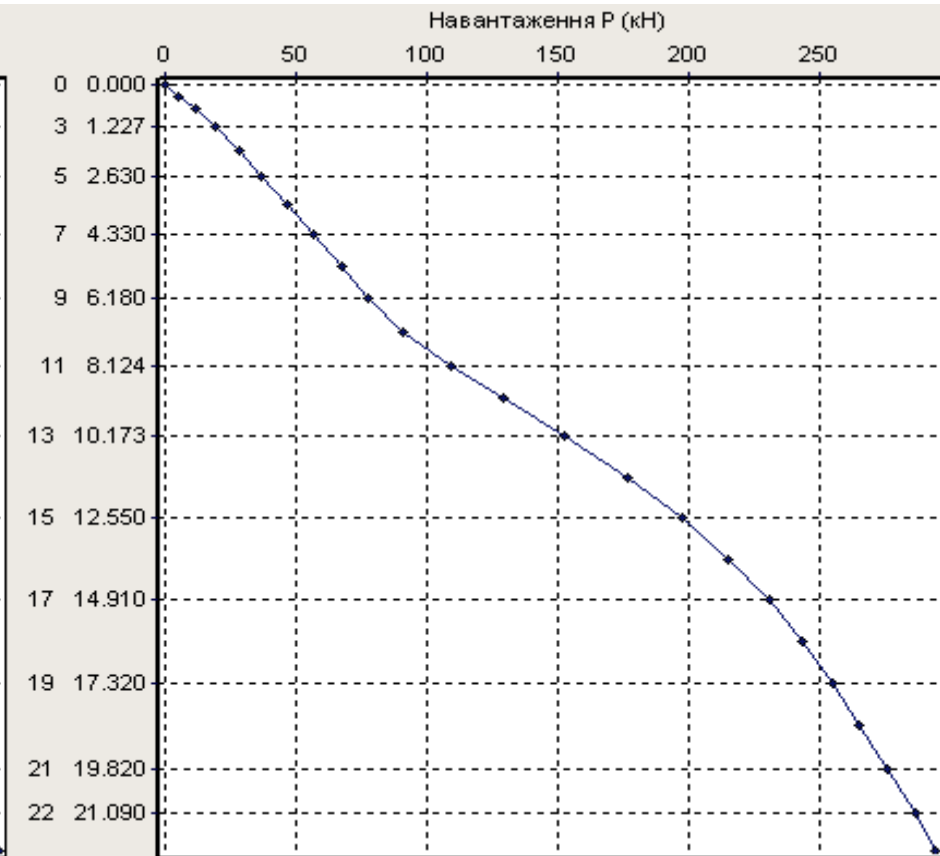


Рисунок 5

Рисунок 5. Результати числового прогнозу за МГЕ роботи під навантаженням пірамідальних паль [14]: а) – С5, б) – С6 після замочування

Висновок

При осіданні 2,2 см. величина навантаження (несуча спроможність пірамідальної палі С5 за МГЕ, склала 220 кН., для палі С6 – 410 кН. в ґрунтах природньої вологості. Дані числових досліджень добре співпадають з показниками експериментів (для палі С5 за експериментом склала 228 кН., для палі С6 – 430 кН.) та чітко фіксують і числові дослідження за МГЕ і експеримент, що збільшення кута конусності пірамідальної палі сприяє підняттю їх несучої спроможності.

Із даних експериментальних досліджень **оптимальним кутом** при вершині пірамідальної палі (кут конусності) **є кут біля 20°**

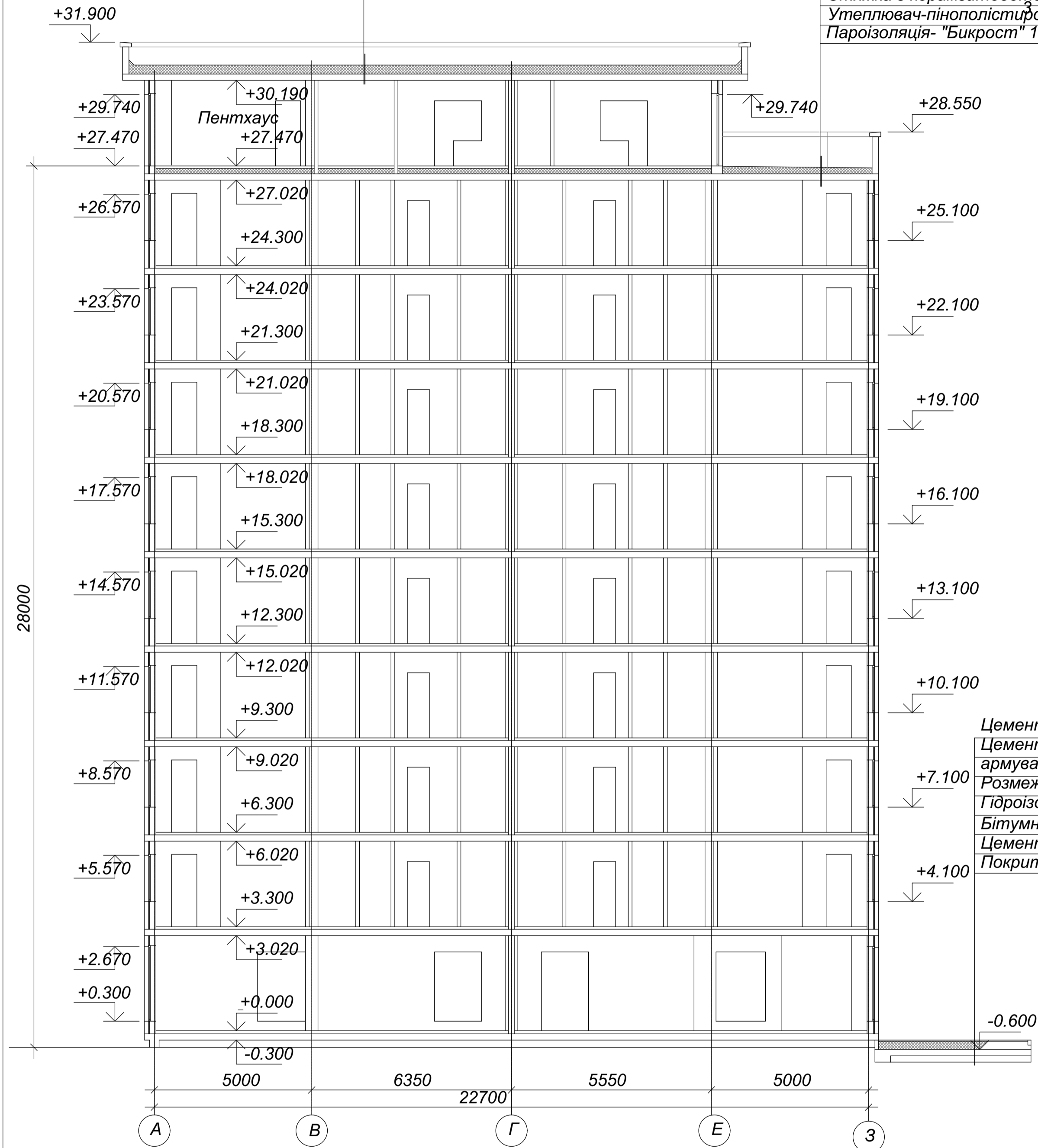
Математична модель забезпечує:

- зменшення часу на підготовку аналізу,
- зменшує матеріалоємність досліджень, особливо при проектуванні великомасштабних об'єктів,
- дає можливість проведення експериментів на критичних режимах.

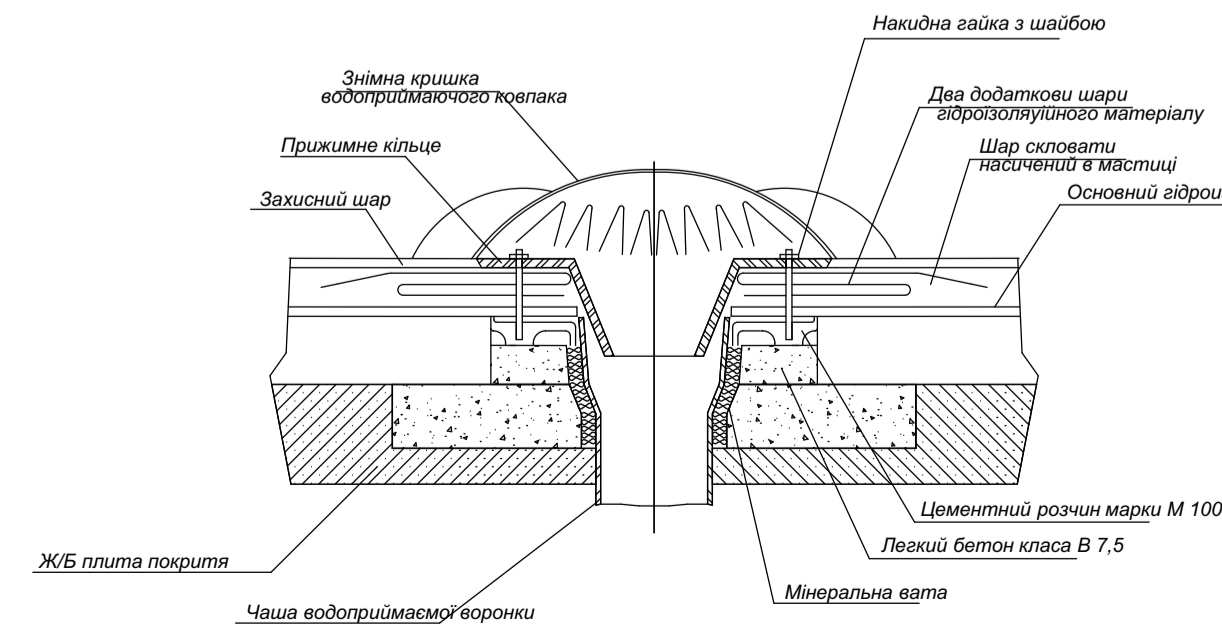
Розріз 1-1

Два шари "Саратмаста" -15
 Стяжка із цементно-піщаного розчину М100, армування сіткою із ВІ з кроком 200х200 -30
 Стяжка з керамзитобетона $\gamma=1000$ кг/м -100-200
 Утеплювач-пінополістирол $\gamma=50$ кг/м -50
 Пароізоляція- "Бикрост" 1 слой -3

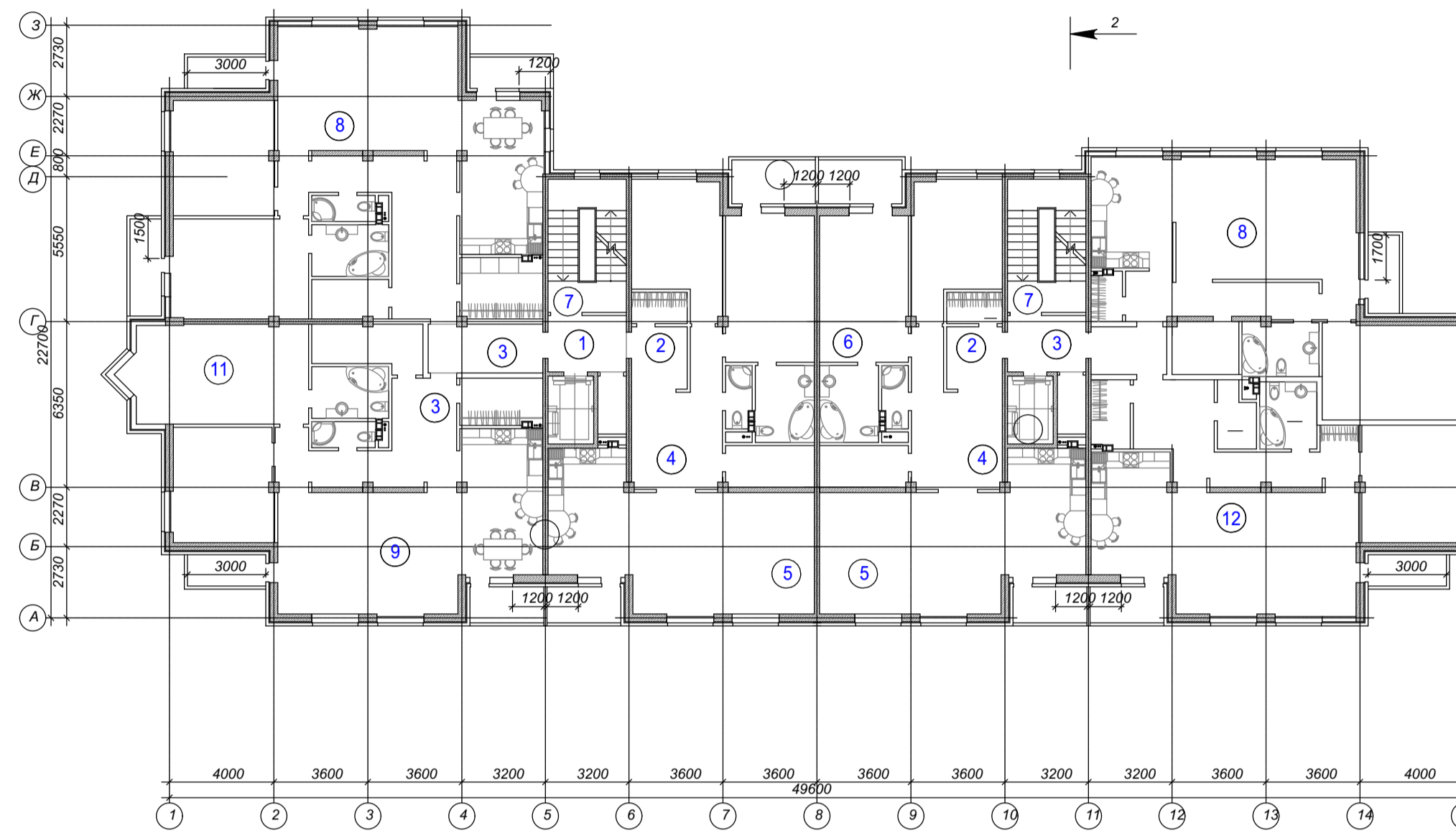
Тераса плитка -28
 Дренуючий шар - гравій 4-8мм -40
 Цементно-піщана суміш армування дорожньою сіткою D5Вр1-100/100
 Розмежувач - геотекстиль "Дорнит" $\gamma=450$ г/м
 Гідроізоляція - "Технозласт ЭПП" 2 шари
 Стяжка з керамзитобетона $\gamma=1000$ кг/м -30-80
 Утеплювач-пінополістирол $\gamma=50$ кг/м -50
 Пароізоляція- "Бикрост" 1 слой -3



Воронка внутрішнього водостоку



План типового поверху

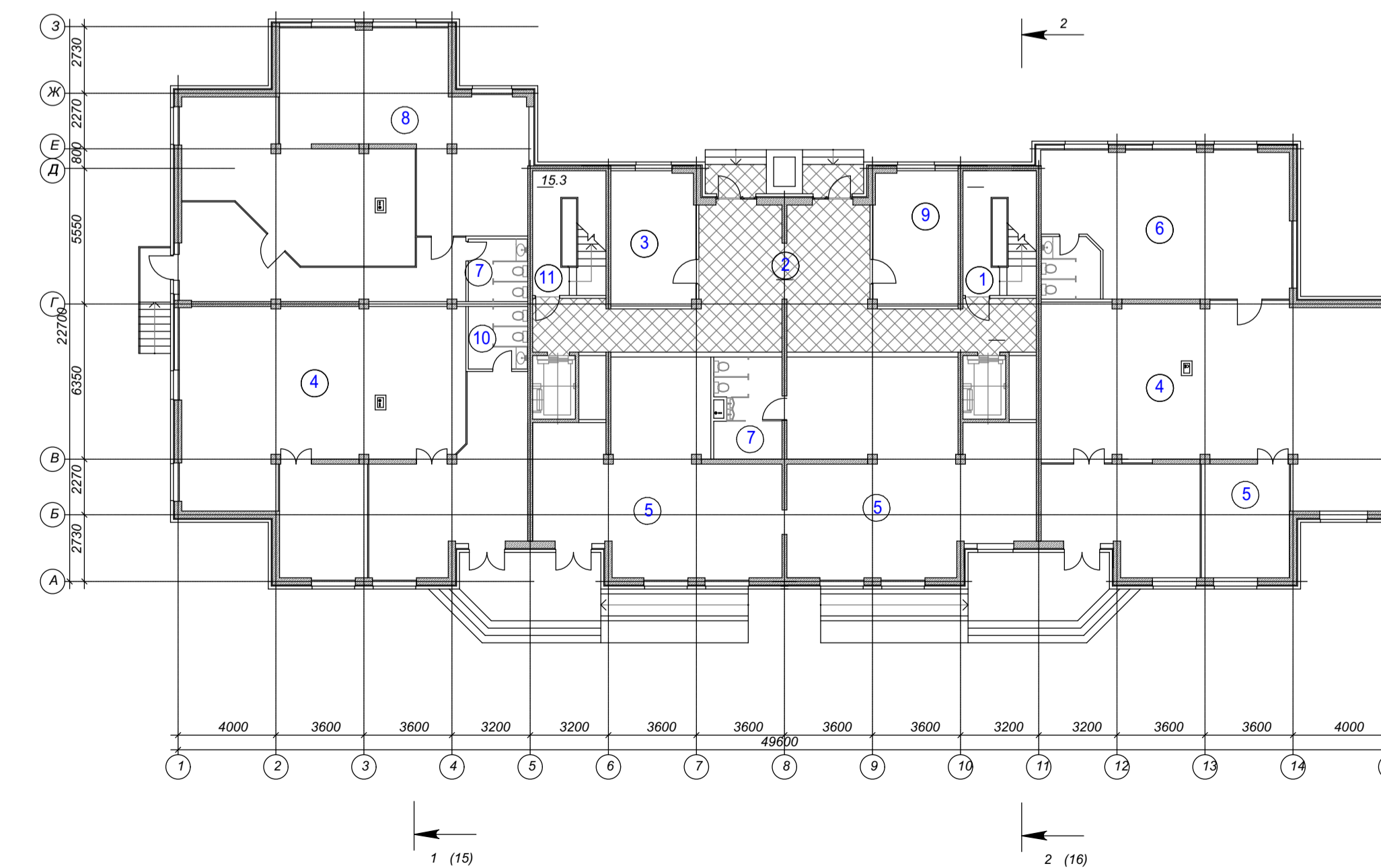


ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

Номер приміщення	Найменування	Площа м^2	Кат. приміщення
1	2	3	4
1	Ліфтовий хол	12,96	
2	Приміщення сміттєпроводу	3,50	
3	Коридор	31,45	
4	Коридор	8,60	
5	Тамбур	2,30	
6	Перехідна лоджія	6,10	
7	Сходові клітина		
8	2-х кімнатна квартира	66,69	
9	3-х кімнатна квартира	89,34	
10	1-о кімнатна квартира	48,45	
11	2-х кімнатна квартира	65,92	
12	3-х кімнатна квартира	83,04	

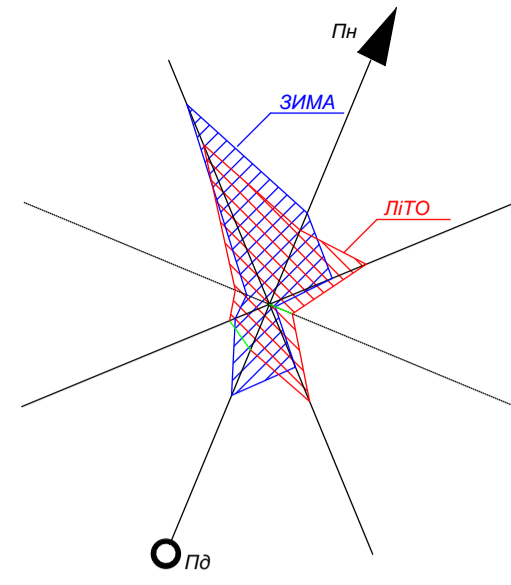
Цементно-бетона плита
 Цементно-піщана суміш армування дорожньою сіткою D5Вр1-100/100
 Розмежувач - геотекстиль "Дорнит" $\gamma=450$ г/м
 Гідроізоляція - "Технозласт ЭПП" 2 шари
 Бітумний праймер (бітум - керосин 1:3 по вазі)
 Цементно-піщана затирка по похилому шару
 Покриття з керамзитобетона $\gamma=1000$ кг/м

План на відм. 0.000

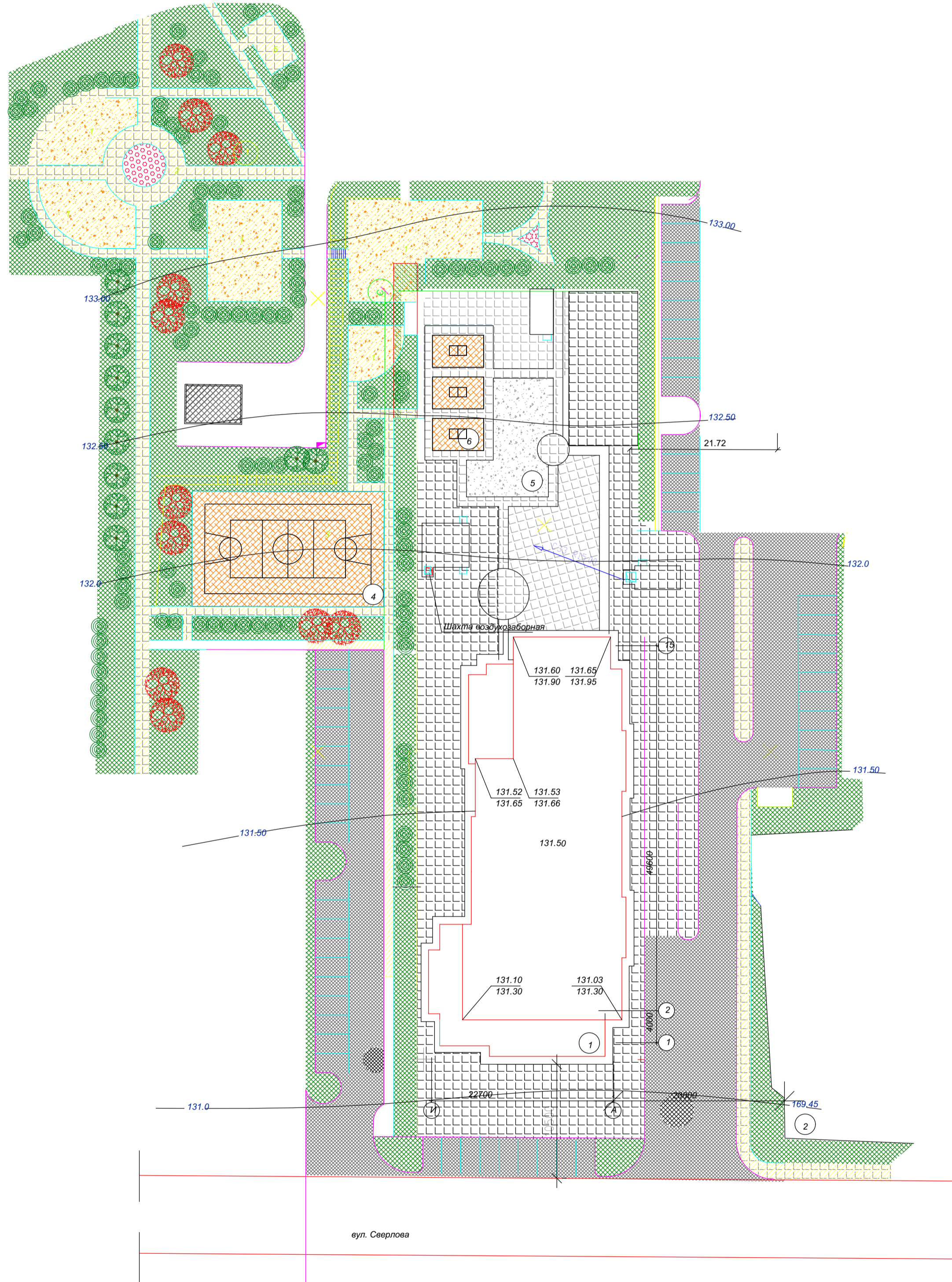


Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа м^2	Кат. приміщення
1	Сходові клітка N1		
2	Коридор	67,90	
3	Робочі кімнати	299,10	
4	Кімната переговорів	13,73	
5	Коридор	13,30	
6	Кімната прийому білі	20,05	
7	Санвузол жіночий	8,76	
8	Кімната ОГЖ	4,27	
9	Комора прибирально інвентаря	4,78	
10	Санвузол чоловічий	8,85	
11	Сходові клітка N2		
12	Венткамера та вузол керування	11,20	Д



Генеральний план



- Проектуємі будівлі та споруди
- Існуючі будівлі та споруди
- Газон
- Фізкультурно-лікувальна площа (специмуми)



ОБЪЕМ РАБОТ

NN лп	Назва	Од. вим.	Кількість		Примітка
			Територія в границях червоних ліній	Територія до червоних ліній	
1	Земляні роботи: насип, виїмка	м3	+48	+702	
2	Планування території	га	0,16 (1565,9 м2)	1,18 (11825,2м2)	
3	Влаштування покриття		1106,0	6011,0	
	- асфальто-бетон	м2	1084,3	2400,0	
	- плиточне покриття	м2	21,7	2128,7	
	- покращене ґрунтове покриття	м2		861,4	
	- специмуми	м2		539,6	
	- вертикальне планування	м2		81,3	
4	Бортювий камінь	пов.м	200,9	762,1	
	БР 100.30.15	пов.м	14,5	1588,3	
5	Посадка дерев	шт.			
	кущі	шт.			
6	Посадка багатоквіткових дерев	м2		321,7	
7	Газон	м2	459,9	3586,3	

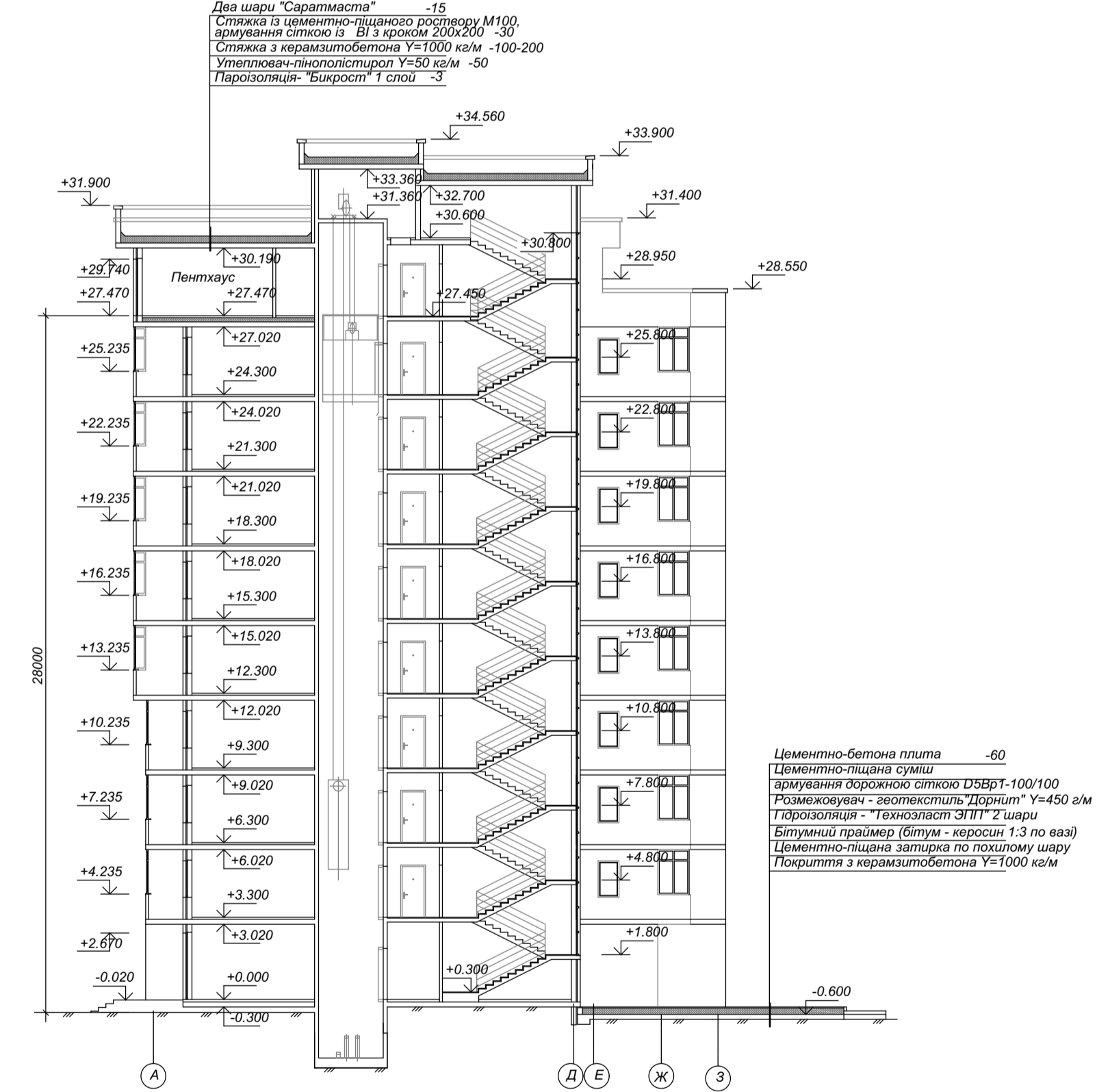
Експлікація будівель та споруд

Номер по генплану	Назва будівлі	Поверхість	Познач. типологічного проекту	Площа забудови кв. м.	Примітка
1	Багатоквартирний будинок	9	Проект.	980,2	
2	Адміністративна будівля	5	Існуюч.	321,2	
3	Житловий будинок	10	Існуюч.	1021,1	
4	Баскетбольна площа				
5	Дитяча площа				
6	Площа для настільного тенісу				

Умовні позначення

- Асфальтове покриття проїздів і площадок
- Пішохідні дорожки і площадки
- Покращене ґрунтове покриття

Розріз 2-2



Цементно-бетонна плита -60
 Цементно-підлога суміш
 зривування орієнтованою сіткою D5BВ1-100/100
 Ресмакорювані - заповнювач "Діоріт" У-450 д/м
 Гідроізоляція - "Гідроізоляція ЗІПТ" 2 шари
 Битумний праймер (бітум - керосин 1:3 по вазі)
 Цементно-підлога затискач по похилу ширі
 Покриття з керамзитобетона У6 1000 мм

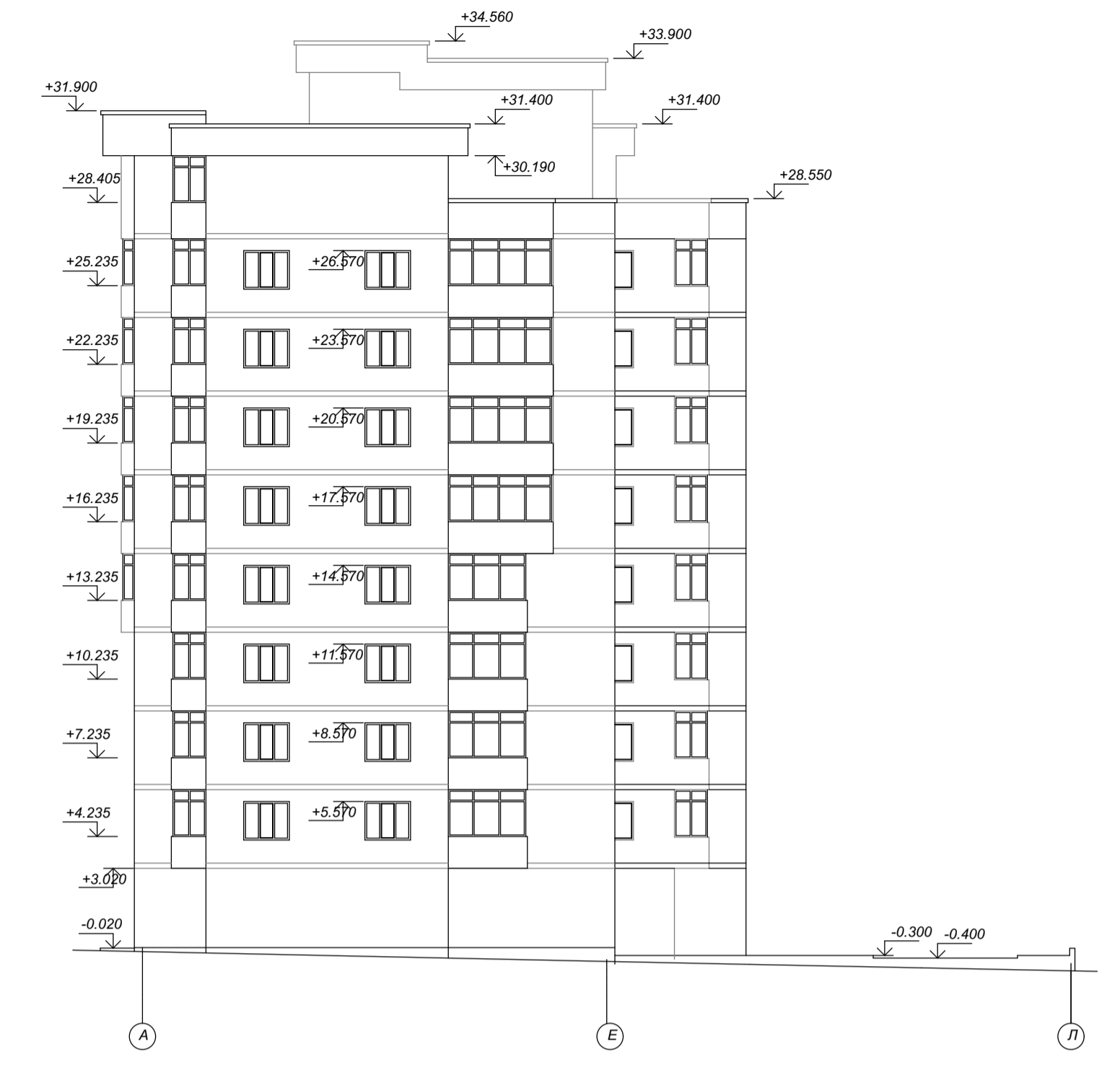
Фасад П-А



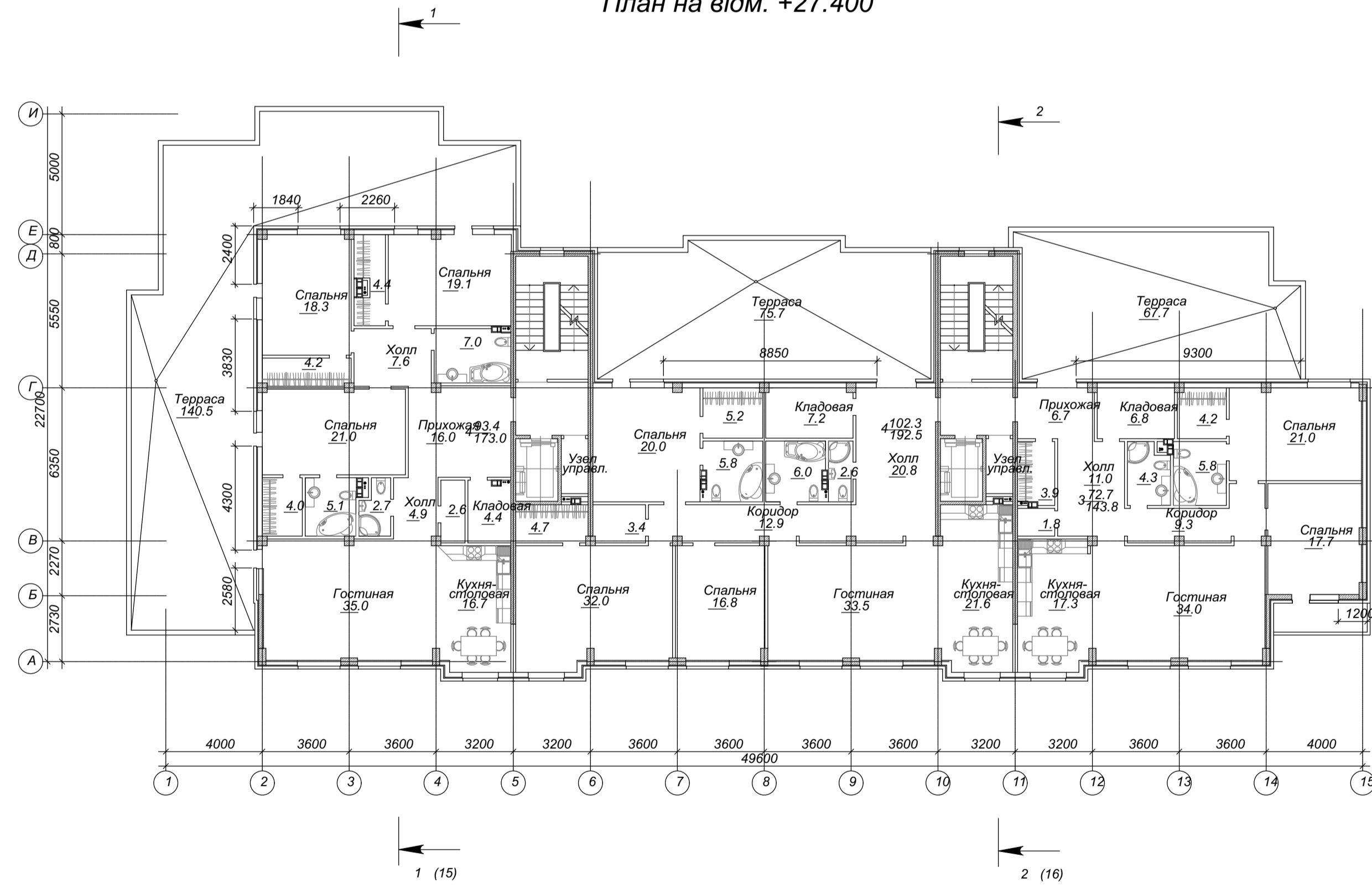
Фасад 15-1



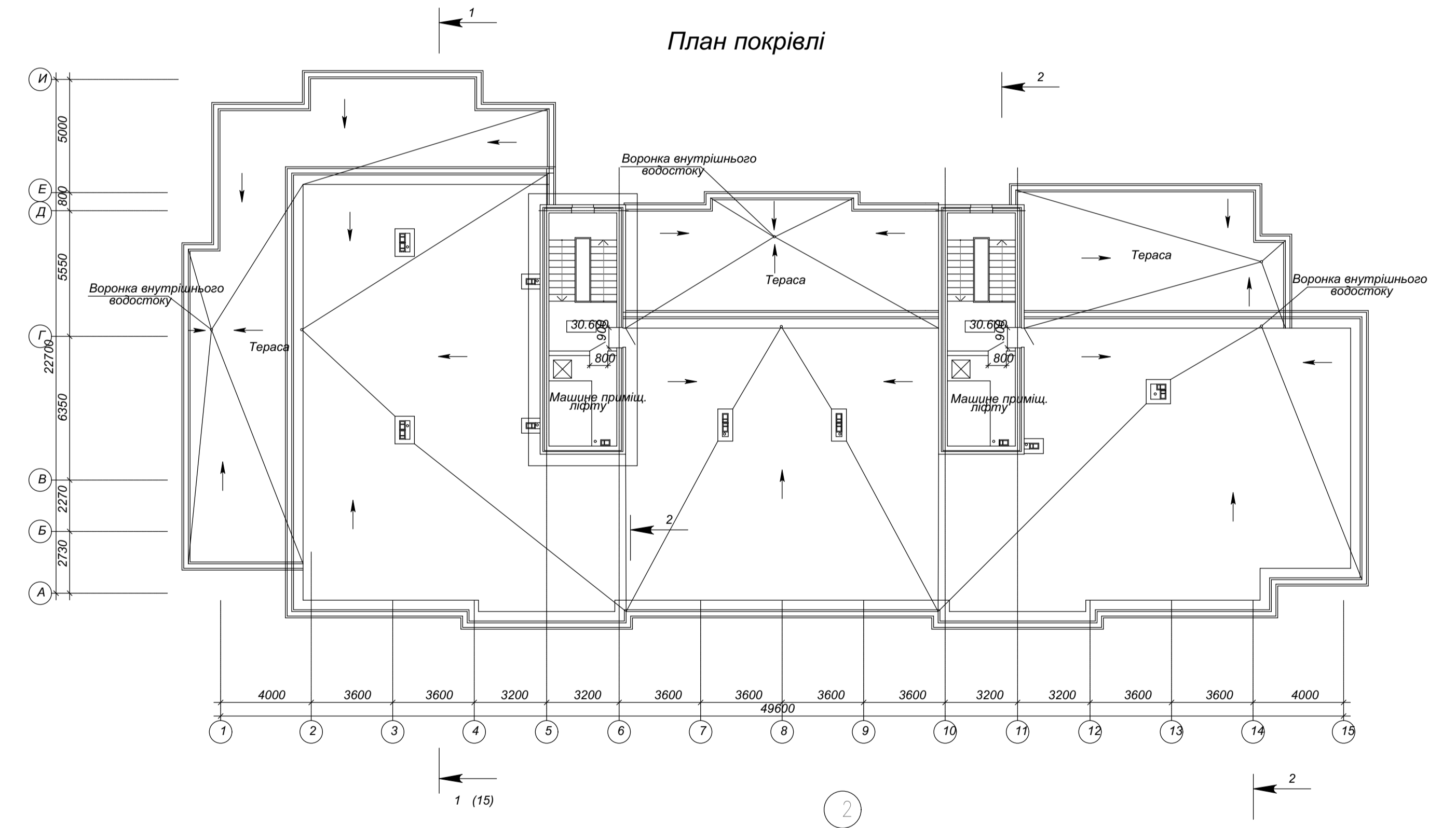
Фасад А-П



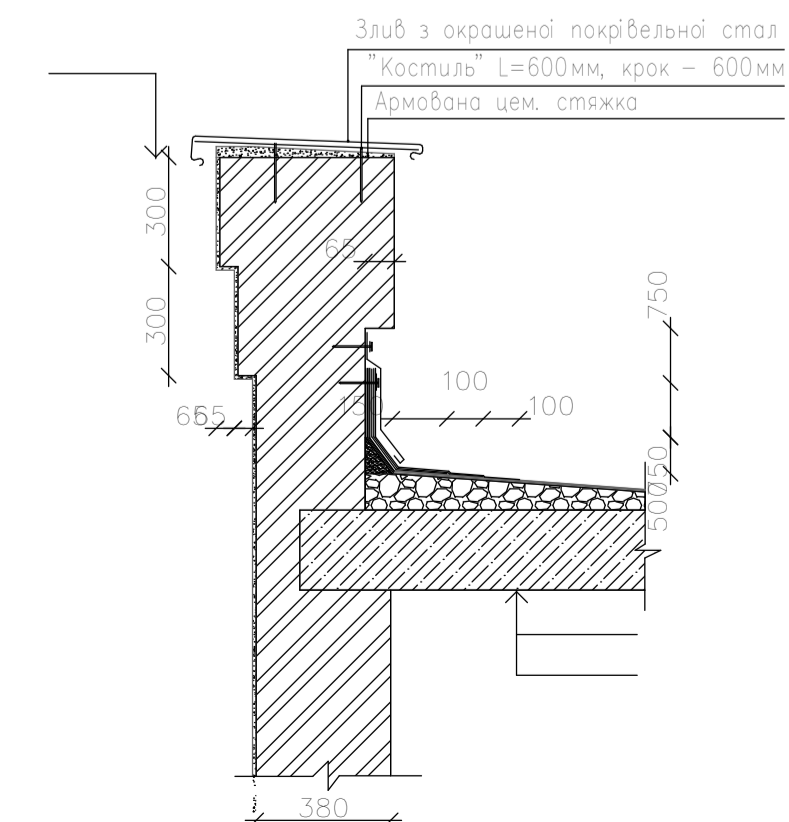
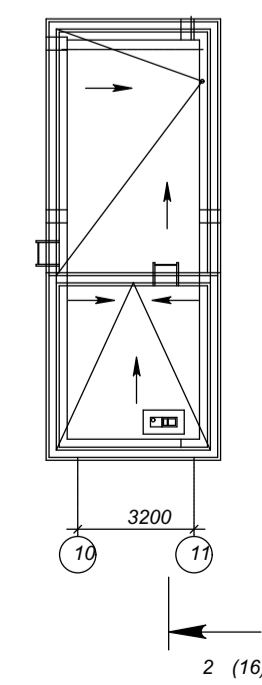
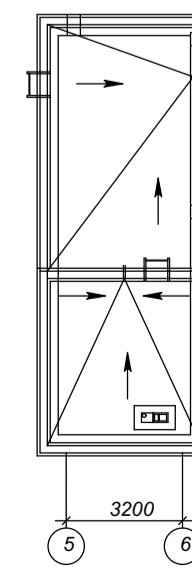
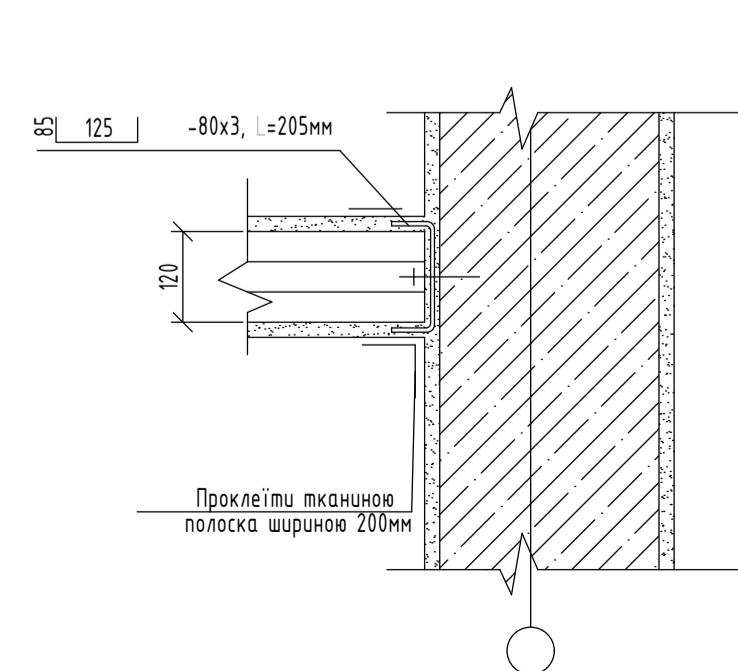
План на відм. +27.400



План покрівлі

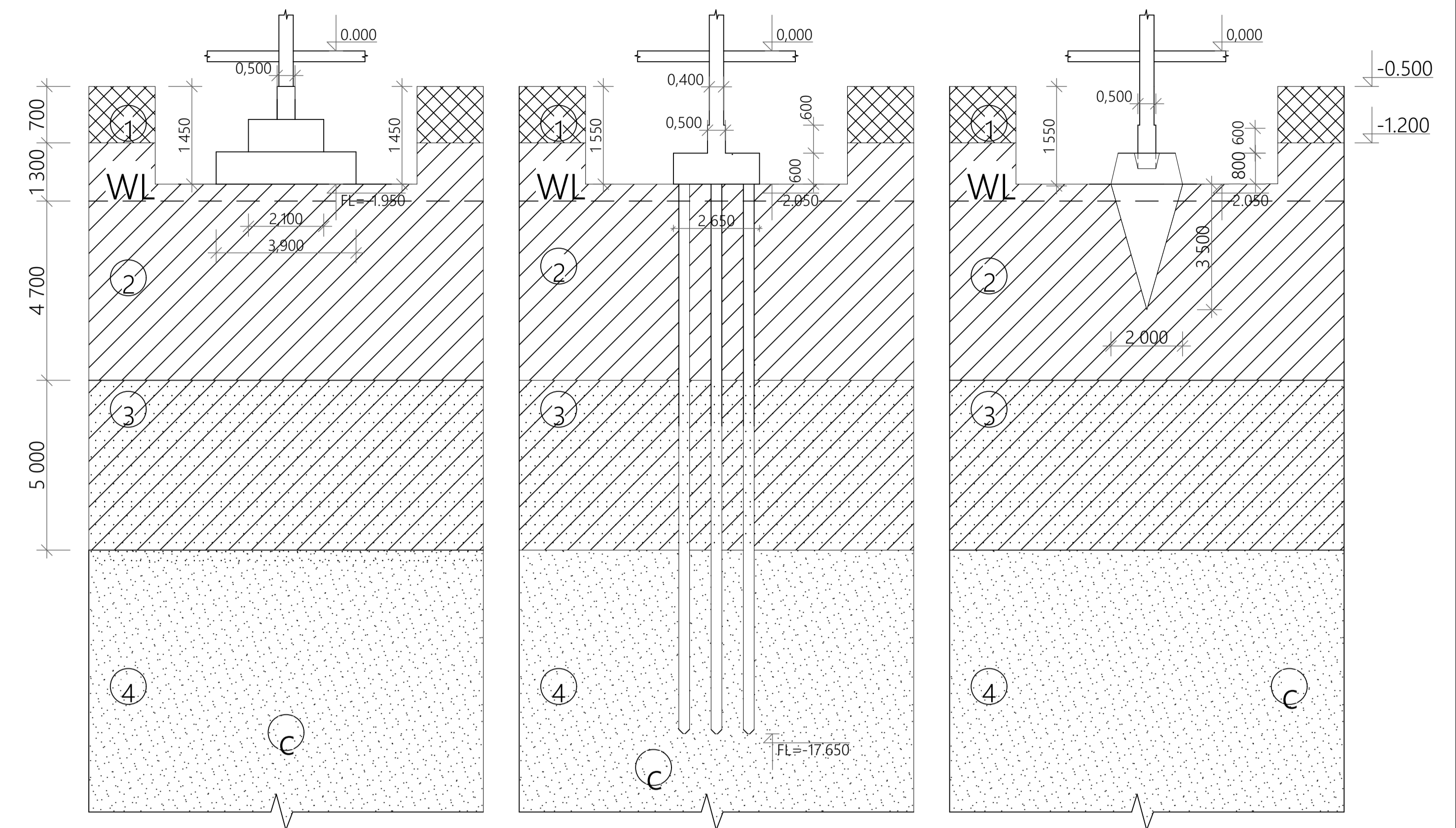
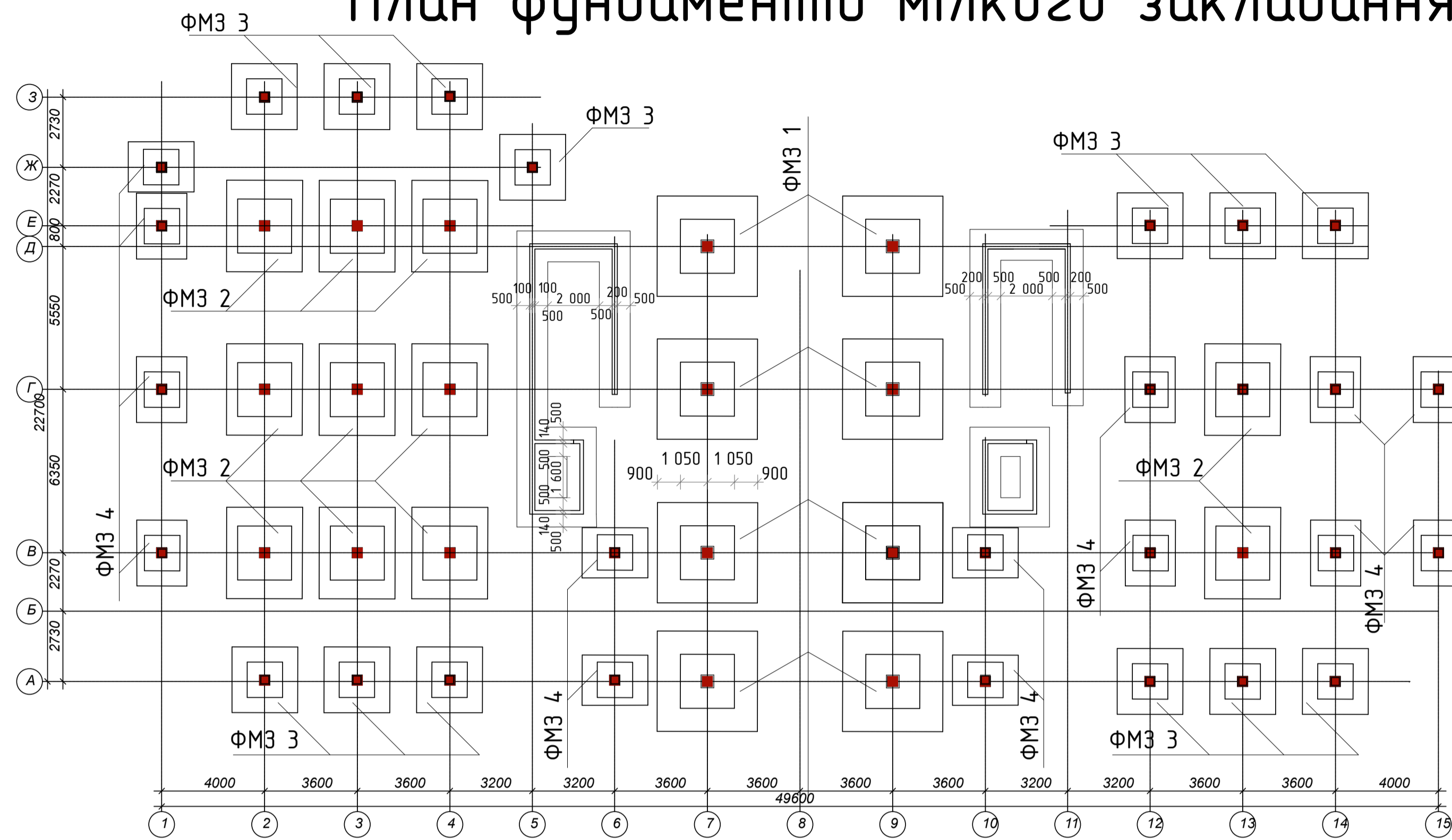


Вузел примикання перегородки до з.б. стіни



Геологчний розрз з трьома варантами фундаментів

План фундаментів мілкового закладання



Умовні позначення



Специфікація елементів

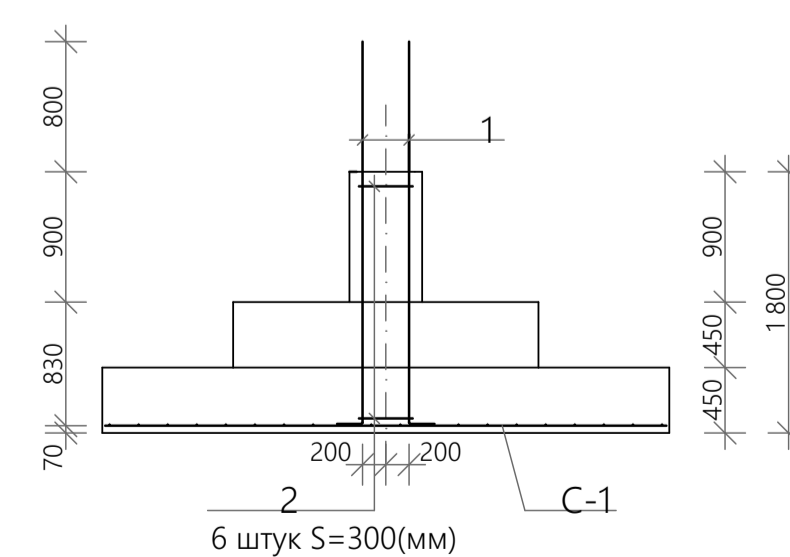
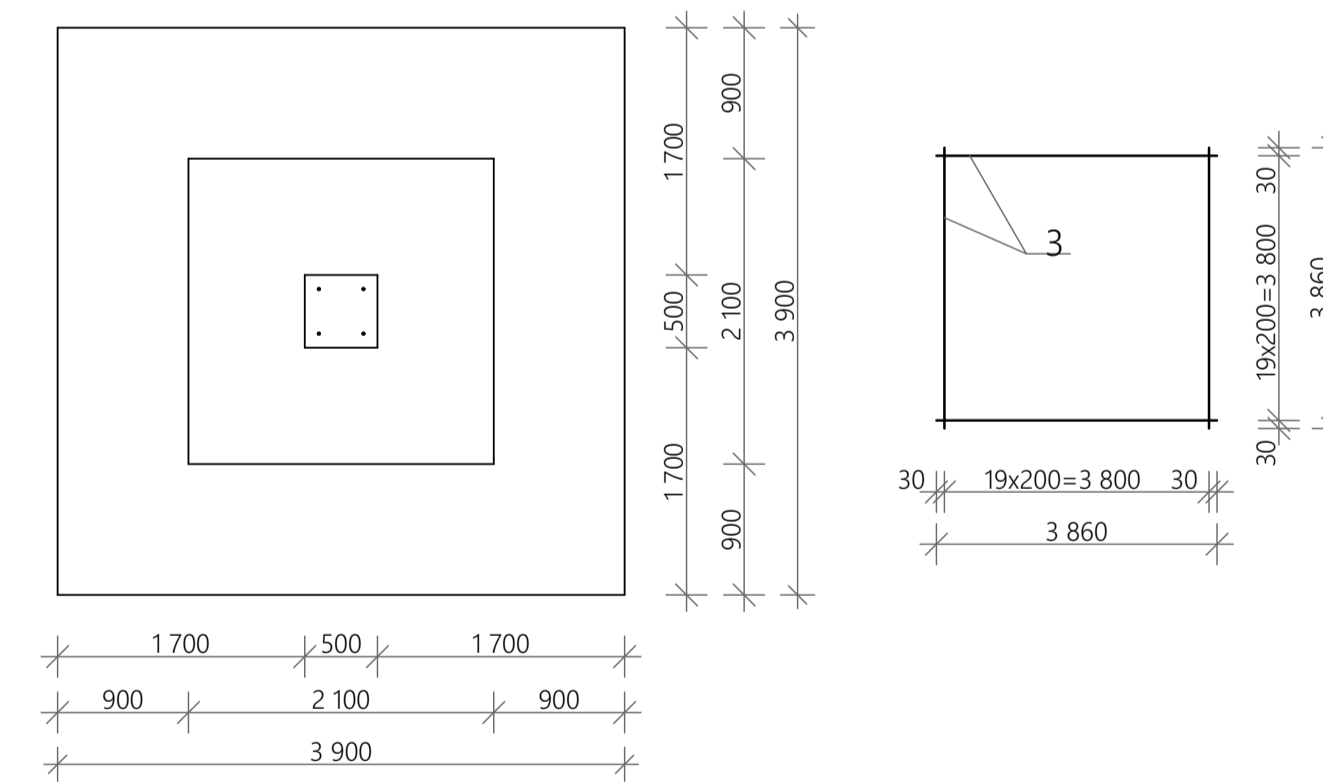
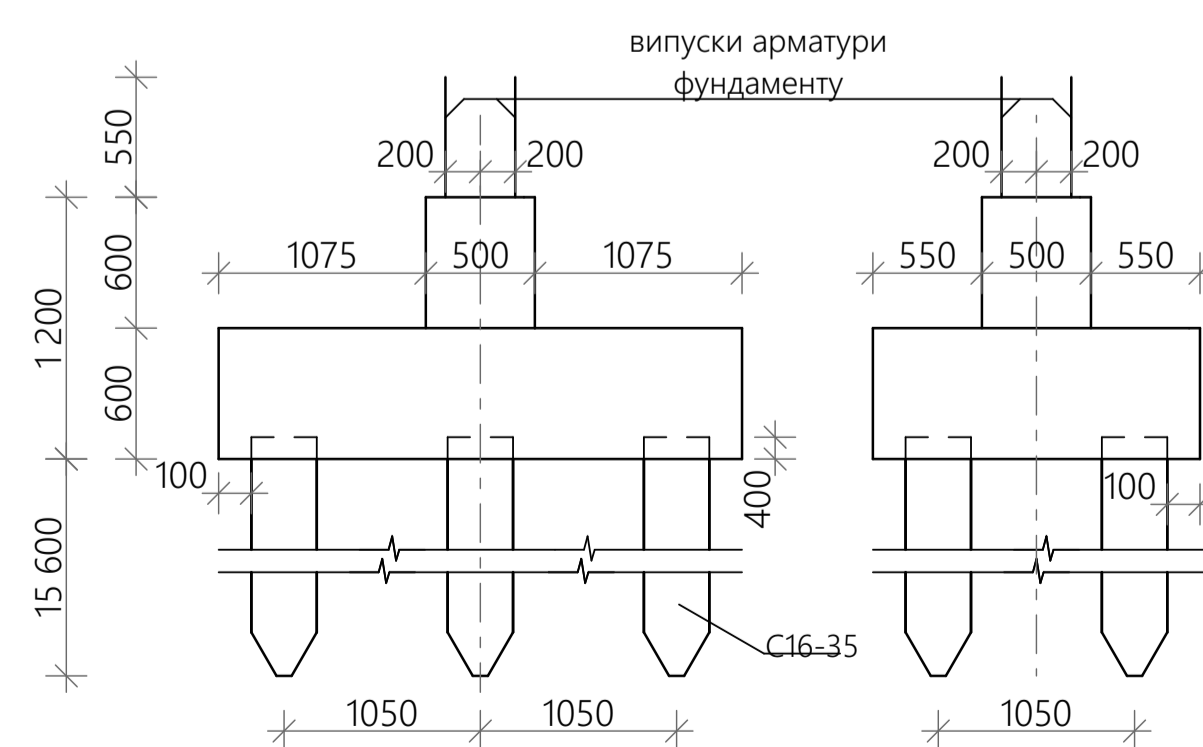
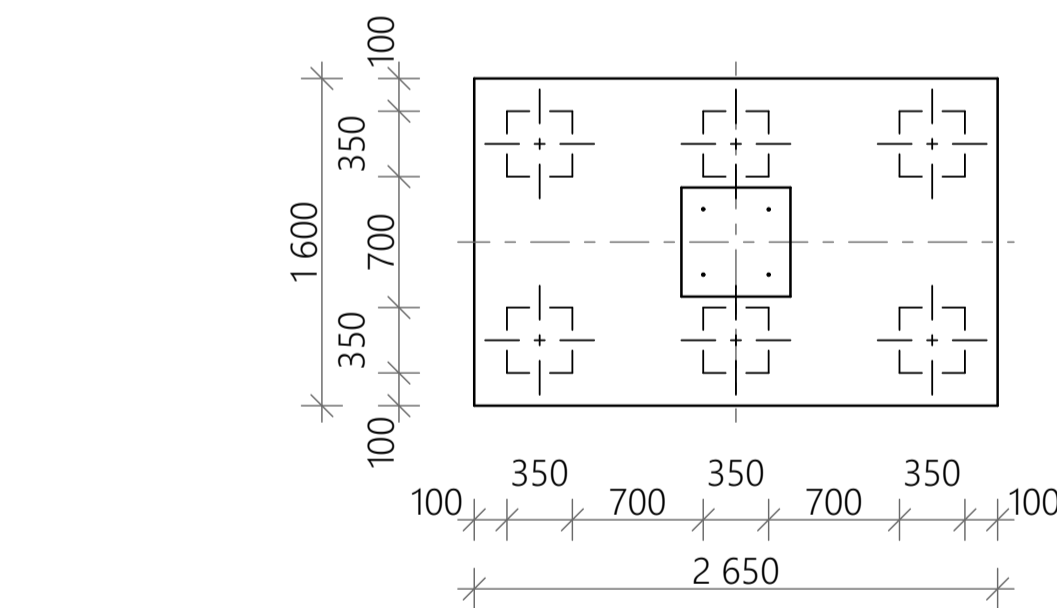
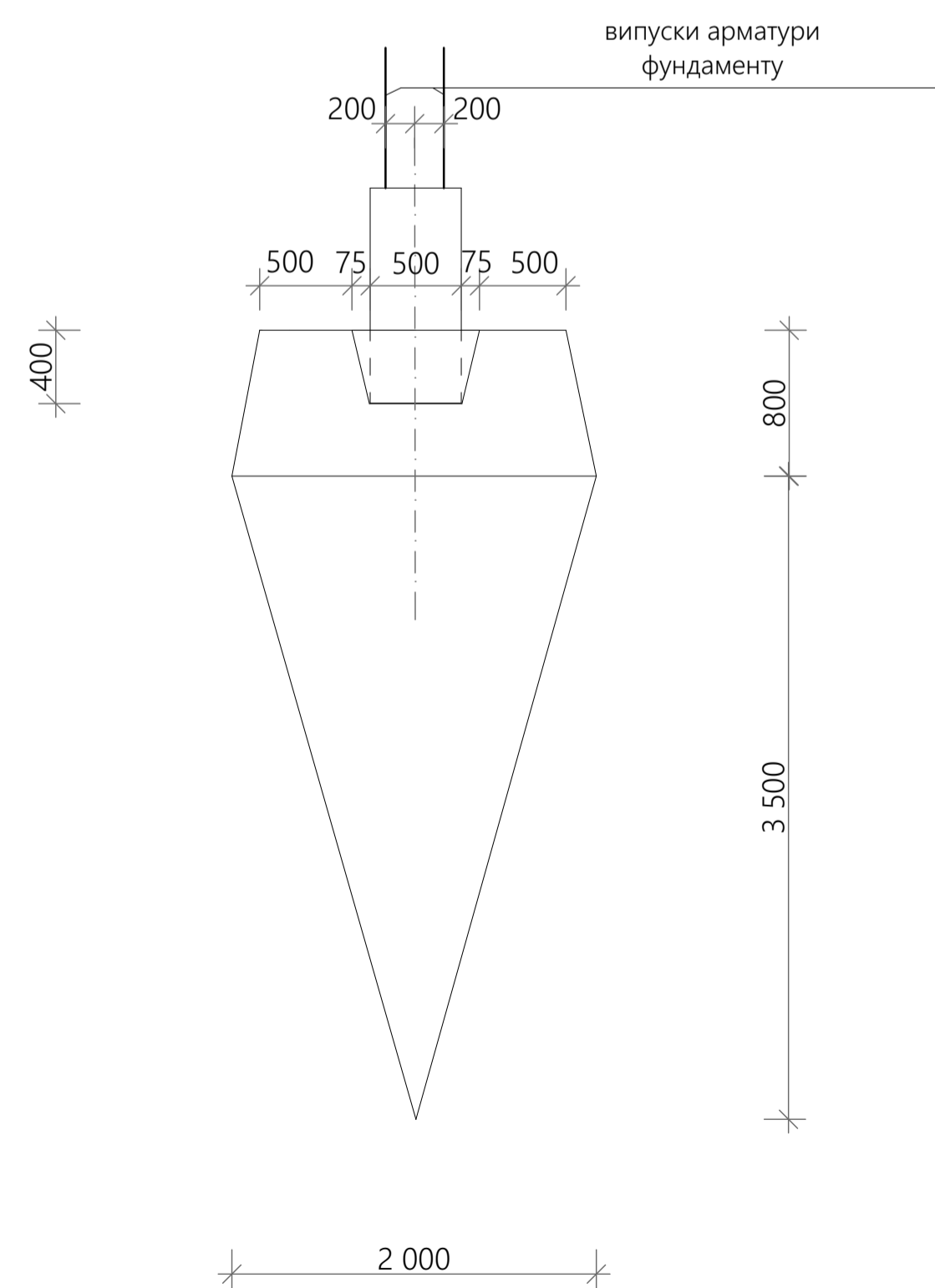
Марка поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
Окремі стержні					
1	ДСТУ 3760-06	Ø18A400C L=1850	4	14,79	
2	ДСТУ 3760-06	Ø6A240C L=1500	6	2	
Арматурні вироби					
C-1	Аркуш 2	Сітка армування підлоги фундаменту	1	137,11	
Матеріали					
		Бетон класу C16/20			9,054м³

Специфікація арматурних виробів

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
C-1		C-1	1	137,11	1
3	ДСТУ 3760-06	Ø12A400C L=3860	40	137,11	

Відомість витрат сталі

Марка елемента	Вироби арматурні					
	A 240 C		A 400 C			
	ДСТУ 3760-06	ДСТУ 3760-06	Всього	Всього		
ФМЗ-1	Ø 6	Всього	Ø 12	Ø 18	Всього	
Всього	2	2	137,11	14,79	151,9	153,9



Відомість деталей

Поз.	Ескз
2	

Примітка 1. Два крайніх ряди перетинів стержнів по периметру сітки з'єднуються дуговим зварюванням, внутрішні перетини перев'язуються через вузол в шаховому порядку.

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу

студента Буйлука Василя Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему ПРИКЛАДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ПІРАМІДАЛЬНИХ ПАЛЬ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена актуальному питанню доопрацювання і прикладання розрахунково-теоретичного апарату проектування за числовим методом граничних елементів пірамідальних паль.

В роботі виконано числові дослідження впливу кута зсуву пірамідальних паль на їх несучу спроможність, МГЕ дозволив виявити нові теоретичні підходи до актуального питання геомеханіки – удосконалення максимально адекватної моделі ґрунту для проведення проектних практичних розрахунків по визначенню несучої спроможності пірамідальних паль. З позицій механіки дисперсного середовища викладено уявлення про особливості поведінки під навантаженням паль, Теоретичні питання висвітлені в об'ємі, що дозволяє продумано підійти до оцінки роботи дилатансійних ґрунтів в основах фундаментів і проектування їх за межами пружності.

Теоретичні питання висвітлені в об'ємі, що дозволяє проводити оцінку роботи ґрунтів в основах фундаментів і проектування їх за межами пружності. Наведено послідовність розрахунку пірамідальних паль за комп'ютерною технологією на основі МГЕ.

У першому розділі роботи розглянуто особливості поведінки під навантаженням пірамідальних паль. У другому розділі проведено розрахунок двох паль з різним кутом конусності за МГЕ. У третьому було проведено аналіз і узагальнення результатів. Усі розрахунки здійснено у відповідності до чинних норм проектування. У п'ятому розділі розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Виконання текстової частини пояснювальної записки та графічних креслень виконано відповідно до стандартів та з дотриманням усіх вимог.

До недоліків роботи можна віднести:

- Обґрунтування техніко-економічного порівняння фундаментів необхідно виконувати у 1 розділі.
- Наявні незначні відхилення від вимог щодо оформлення МКР.

Магістерська кваліфікаційна робота при відповідному захисті заслуговує оцінки (В).

Магістерська кваліфікаційна робота Буйлука В.В. може бути допущена до захисту, а її автору може бути присвоєно кваліфікація магістра будівництва.

Опонент

К. Т. Н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

В.В.
(підпис)

К.В.Анохіна
(ініціали, прізвище)

ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента Буйлука Василя Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему Прикладні дослідження поведінки пірамідальних паль

Робота виконана на сучасну тему, яка є актуальною для сучасного та перспективного фундаментобудування. Магістерська кваліфікаційна робота виконана згідно кафедральної Науково - дослідної роботи № 60К1/14 «Дослідження НДС системи будівля-фундамент-основа в цілому та окремих її елементів і інноваційних технологій автоматизованого проектування, документування і управління проектних об'єктів у будівництві». Суть роботи відповідає завданню, та тримані висновки дають вичерпні відповіді на поставлені задачі дослідження. Слід відмітити самостійність студента при написанні роботи та достатньо високий рівень підготовки, ерудиції та самостійності при прийнятті технічних рішень та висновків в наукових дослідженнях. Результати досліджень були апробовані на міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України», яка проходила 23-25 листопада 2022р. Здобувач своєчасно виконував поставлені завдання відповідно до календарного плану. До недоліків слід віднести значну вартість експериментальних досліджень, тому порівняння велось із застосуванням математичного моделювання. При відповідному захисті заслуговує на оцінку В та кваліфікації магістра з будівництва.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доц.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Меть І.М.

(ініціали, прізвище)