

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Центр перепідготовки та післядипломної освіти

(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проектування силосів елеватора на території Ізяславської ОТГ  
з дослідженням фундаментів

Виконав(ла): студент(ка) \_\_\_\_\_ курсу, групи МБд-2  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Керівник

(підпис)

Підвисоцький О.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Підгурський М.І.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Сорочак А.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Ясній В.П.

(прізвище та ініціали)

Бобик М.П.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2022

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти  
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Підвисоцькому Олегу Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування силосів елеватора на території Ізяславської ОТГ  
з дослідженням фундаментів

Керівник роботи Підгурський Микола Іванович, д.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2022 року № 4/7-907

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2022

3. Вихідні дані до роботи: геологічні вишукування, завдання на проектування елеваторного комплексу

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Архітектурно-будівельний розділ.

Розрахунково-конструктивний розділ.

Науково-дослідний розділ.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

План монолітного плитно-пального фундаменту

Армування

Дослідження пального поля

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С., ст. викладач		
Нормоконтроль	Сорочак А.П., доцент		

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2022

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Архітектурно будівельний розділ	25.11.2022	
2	Розрахунково-конструктивний розділ	5.12.2022	
3	Науково дослідний розділ	15.12.2022	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1.12.2022	
5	Графічна частина	16.12.2022	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Підвисоцький О.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Підгурський М. І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЯНКИ ТА УМОВ БУДІВНИЦТВА ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ	8
1.2 АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ .....	10
1.3 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ.....	10
2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	12
2.1 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА.....	12
2.2. РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ОСІДАННЯ ОДНІЄЇ ПАЛІ .....	14
2.2.1 ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ОДНІЄЇ ПАЛІ. ....	14
2.2.2 РОЗРАХУНОК ДЕФОРМАЦІЙ ҐРУНТІВ ВІД ОДНІЄЇ ПАЛІ.....	16
2.3 РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ОСІДАННЯ ОДНІЄЇ ПАЛІ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	18
2.4 РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ОСІДАННЯ ПЛИТНО-ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ СИЛОСА СМВУ-275 МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ .....	29
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 ВПЛИВ ТОВЩИНИ ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ НА ХАРАКТЕР ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЗУСИЛЬ У ПАЛЬОВОМУ ПОЛІ .....	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
4.1 ОХОРОНА ПРАЦІ. ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА .....	63
4.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	70
4.2.1 ЗАХОДИ ЩОДО ПРОТИДІЇ ПОЖЕЖАМ НА БУДІВЕЛЬНОМУ ОБ’ЄКТІ .....	70
4.2.2 ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ .....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	77

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Елеваторна промисловість має велике значення для народного господарства України. На підприємствах елеваторного комплексу зерно очищають і висушують для покращення його якості та подальшого тривалого зберігання. Важливе місце серед споруд елеваторного комплексу займають металеві силоси. Зерновий силос – це ємність для тривалого зберігання зерна. Металеві силоси поставляються українськими, польськими, турецькими італійськими та іншими компаніями. Незважаючи на візуальну схожість, силоси мають конструктивні відмінності. Крім кошторисної вартості споруджуваних металевих силосів, важливими чинниками є їх надійна і довговічна робота від чого залежатиме такий ціновий фактор, як вартість їх експлуатації.

Перевагами металевих силосів є швидкі темпи монтажу конструкцій, висока точність при мінімальній кількості монтажників.

З врахуванням значної ваги зерна, що зберігається у силосах, особлива роль відводиться фундаменту, від якості спорудження якого залежатиме не тільки надійність експлуатації, а й термін служби.

Визначення типу фундаментів та їх проектування розпочинається після інженерно-геологічних вишукувань, які проводяться на місці спорудження елеваторного комплексу. Найбільшого поширення для зерносховищ силосного типу отримали плитні фундаменти на природній та штучній основі, а також плитно-пальові фундаменти.

Зазначено, що при експлуатації силосів, особливо при влаштуванні фундаментів на слабких ґрунтах, виникають значні ризики можливого нерівномірного осідання плитних фундаментів. Тому дослідження в даному напрямку є важливими.

У зв'язку з цим, **метою роботи** є дослідження напружено-деформівного стану основ та плитно-пального фундаменту силосів.

Для вирішення поставленої мети, здійснюємо розв'язок таких завдань:

- порівняльні розрахунки несучої здатності та осідання окремої палі аналітичним методом та МСЕ;
- дослідження несучої здатності та осідання куща паль методом скінчених елементів;
- розрахунок монолітного плитно-пального фундаменту з оцінкою розподілу навантажень у пальному полі;
- дослідження впливу фундаментної плити та перерозподіл навантажень у пальному полі.

**Об’єкт досліджень:** силоси СМВУ – 275 для зберігання зерна.

**Предмет дослідження** – напружено-деформівний стан монолітного плитно-пального фундаменту.

**Методи досліджень:** аналітичний, метод скінчених елементів, порівняльний аналіз.

**Наукова новизна отриманих результатів:** отримала розвиток методика розрахунку монолітних плитно-пальових фундаментів з врахуванням жорсткості плити.

**Практична значимість результатів дослідження.** У кваліфікаційній роботі досліджено напружено-деформівний стан монолітного плитно-пального фундаменту. Методика може бути використана для оцінки перерозподілу навантажень всередині пального поля, раціонального вибору товщини фундаментної плити.

**Апробація результатів:** Отримані результати наукових досліджень доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції “Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій”, присвяченій 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, професора Яснія Петра Володимировича, яка відбулась 10-11 листопада 2022 року в ТНТУ.

**Публікація.** Дослідження міцності перфорованих балок з однорядним та дворядним розташуванням отворів / Микола Іванович Підгурський, Микола Ярославович Сташків, Іван Миколайович Підгурський, Віктор Степанович Сенчишин, О. Підлужний, Д. Биків, В. Слободян, О. Підвисоцький, В. Гоголюк

// Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 87–88. — (Міцність сучасних матеріалів і конструкцій).

**Ключові слова:** СИЛОС, МОНОЛІТНИЙ ПЛИТНО-ПАЛЬОВИЙ ФУНДАМЕНТ, ОСНОВИ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН, МЕТОД СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.

## 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Характеристика ділянки та умов будівництва елеваторного комплексу

1. Земельна ділянка для нового будівництва комплексу по прийманню, очищенню, сушінню, зберіганню та відвантаженню зерна на території Ізяславської ОТГ.

Враховуючи вимоги діючого земельного законодавства щодо раціонального використання земель, нові будівлі та споруди рекомендовано споруджувати, у першу чергу на непридатних для ведення сільського господарствах землях. Саме така ділянка виділена для будівництва елеваторного комплексу.

2. Кліматичні умови району будівництва:

- характеристичне значення снігового навантаження: 4 район –  $137 \text{ кг/м}^2$

- характеристичне значення вітрового навантаження: 4 район –  $50 \text{ кг/м}^2$

- розрахункова температура зимового зовнішнього повітря -  $22^\circ \text{C}$

- сейсмічність району будівництва - 6 балів відповідно до ДБН В.1.1-12:2014.

- категорія ґрунтів відповідно до сейсмічних властивостей - II.

3. Ступінь вогнестійкості споруд зерносклади - IIIа.

4. Коефіцієнти надійності за сніговим навантаженням за граничним розрахунковим значенням прийняті - 1,04,  $T = 60$  років, згідно ДБН В.1.2-2:2006 (Навантаження та впливи). Коефіцієнти надійності за вітровим навантаженням за граничним розрахунковим значенням прийняті - 1,04,  $T = 60$  років, згідно ДБН В.1.2-2:2006 (Навантаження та впливи).

5. За ступенем відповідальності згідно ДБН В.1.2-14:2018 табл. 1 - дані споруди зерносклади відносяться до класу наслідків (відповідальності) СС2 та III-ї категорії складності. Коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma = 1,1$ .



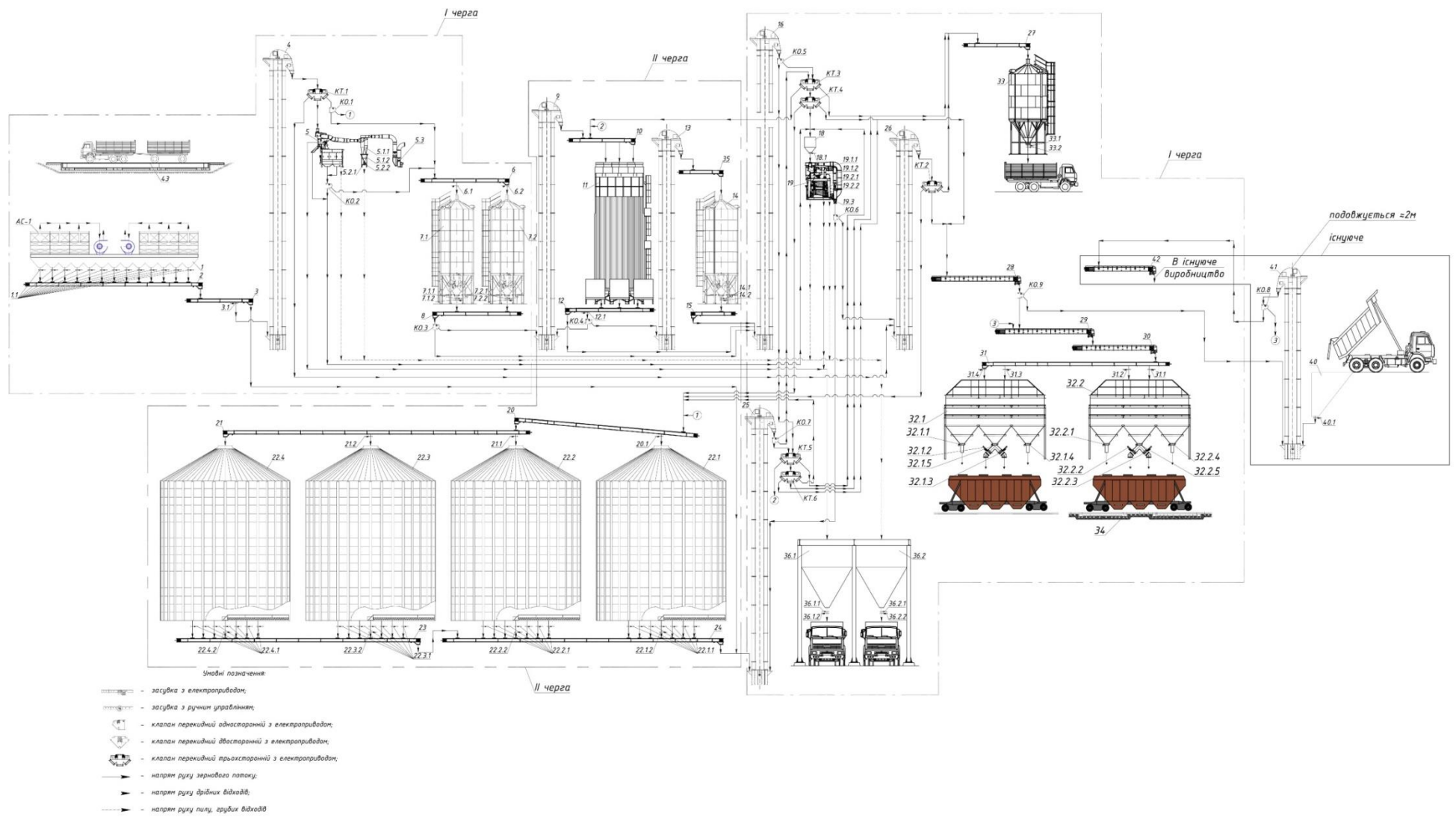


Рисунок 1.1. – Схема елеваторного комплексу

## 1.2 Архітектурно-планувальні рішення

Комплекс споруд (рис. 1.1), який заплановано для будівництва складається зі станції автомобільного вивантаження зерна, блоку його очищення, норійної вежі, зерносушарки, хоперів для зберігання зерна (вологого та сухого) та шести силосів із плоским дном. Під силосами запроектовані робочі галереї.

## 1.3 Конструктивні рішення

Сучасний металевий силос є складною інженерною спорудою. Конструктивно він складається з ємності великого об'єму ( $5 - 30$  тис.  $\text{м}^3$ ), в якій влаштовані пристрої для завантаження і вивантаження зерна, системи вентиляції та перемішування, датчики та системи керування виробничими процесами (рис. 1.2, [16]).

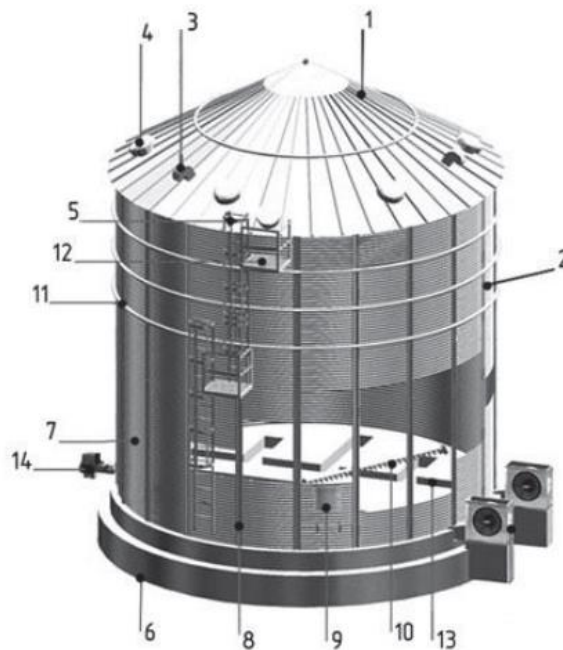


Рисунок 1.2 – Конструктивні елементи силоса з плоским дном: 1 – дах; 2 – корпус; 3 – система вентилявання; 4 – вентиляційні дефлектори; 5 – сходові системи; 6 – фундамент; 7 – панелі; 8 – ребра жорсткості й замкові з'єднання; 9 – люк обслуговування; 10 – зачисний шнек; 11 – вітрові кільця; 12 – платформа для відпочинку; 13 – перфоканали; 14 – примусові вентилятори

На основі інженерно-геологічних вишукувань під металеві силоси запропоновано влаштовувати плитно-пальові фундаменти (розділ 2). Це пояснюється наявністю шарів зі слабкими ґрунтами.

Просторова жорсткість монолітного фундаменту СМВУ.275.12.В12 забезпечена за рахунок: радіальної форми монолітного ростверку, жорсткого з'єднання радіальних ростверків та монолітних стін технологічного каналу створюючи єдиний диск та цілісна конструкція плити круглої форми в плані. При розрахунках деформацій монолітних залізобетонних конструкцій враховувалась нелінійна робота залізобетонну з врахуванням нормативно допустимих мікротріщин. При визначенні деформацій та прогинів конструкції використовувались експлуатаційні кліматичні навантаження.

## 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Інженерно-геологічні умови ділянки будівництва

Геологічний розріз ділянки будівництва представлений наступними шарами ґрунту:

Шар №1. Насипний ґрунт, супіщаний, напівтвердої консистенції, з включеннями будвідохідів до 30% та залишками органічних речовин. (Основою для фундаментів не рекомендується).

Шар №2. Ґрунт рослинного шару, суглинистий та супіщаний, напівтвердої консистенції, з залишками органічних речовин та коріння рослин. (Основою для фундаментів не рекомендується).

Шар №3. Супісок, просідний, твердої консистенції, жовто-сірого до жовто-бурого кольору, місцями темно-сірого кольору, з карбонатними стягненнями.

$E = 14,0 / 9,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 17,40$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 12,0 / 9,0$  кПа;  $\varphi_{II} = 21,0 / 19,0$  град.;  
 $P_{sl} = 140$  кН/м<sup>2</sup>.

Шар №4. Суглинок легкий, не просідний, тугопластичної консистенції, від темно-бурого до блакитно-сірого кольору, піщанистий, з включеннями карбонатів та прошарками супіску.  $E = 14,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 18,3$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 19$  кПа;  $\varphi_{II} = 20,0$  град.

Шар №5. Супісок, не просідний, пластичний, від темно-бурого до блакитно-сірого кольору, з прошарками суглинку та піску та включеннями карбонатів.  $E = 12,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 18,5$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 11,0$  кПа;  $\varphi_{II} = 24,0$  град.

Шар №6. Пісок дрібний, від жовто-сірого до темно-сірого кольору, місцями сірого, середньої щільності, від маловологого до вологого, кварцевий, з зернами карбонатних порід, з прошарками супіску.  $E = 21,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 18,5$  кН/м<sup>3</sup>;

$c_{II} = 1,70$  кПа;  $\varphi_{II} = 28,0$  град.

Шар №7. Супісок, не просідний, пластичний, від жовто-бурого до блакитно-сірого кольору, з прошарками піску та включеннями карбонатів.  $E = 10,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 18,9$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 8,0$  кПа;  $\varphi_{II} = 20,0$  град.

Шар №8. Суглинок важкий, не просідний, тугопластичної консистенції, жовто-бурого кольору, піщанистий, з включеннями уламків вапняку.  $E=15,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 19,2$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 21,0$  кПа;  $\varphi_{II} = 20,0$  град.

Шар №9. Пісок середньозернистий, від темно - сірого кольору до блакитно-сірого, середньої щільності, насичений водою, кварцевий, з зернами карбонатних порід та з прошарками уламків вапняку.  $E=22,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 18,9$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 0,8$  кПа;  $\varphi_{II} = 33,0$  град.

Шар №10. Пісок середньозернистий, сірого кольору, середньої щільності, насичений водою, кварцевий, з зернами карбонатних порід.  $E=28,0$  МПа;  $\gamma_{II} = 18,3$  кН/м<sup>3</sup>;  $c_{II} = 0,8$  кПа;  $\varphi_{II} = 34,0$  град.

Шар №11. Жорсткий ґрунт з уламків вапняку, з піщаним та глиняним наповнювачем, зеленувато-сірого кольору, насичений водою.  $R_c = 4,6$  МПа.

На основі аналізу ґрунтів, що залягають під плитним фундаментом, варто звернутим увагу на таке:

- про наявність товщі насипних ґрунтів та ґрунтово-рослинного шару – ІГЕ-1 та ІГЕ-2 загальною потужністю до 1,5 м.

- про наявність на ділянці проектування ґрунтів ІГЕ-3, що просідають, і які залягають до глибини 4,2 м. Тип ґрунтових умов за просіданням – 1.

- не витриманість за потужністю та розташуванням інженерно-геологічних

  - елементів;

- можливість підвищення рівня ґрунтових вод від баражного ефекту, створеного влаштуванням фундаменту палевим полем.

- труднощі при проходженні шару ґрунту №6 Пісок дрібний, жовто-сірого до темно-сірого кольору, місцями сірого, середньої щільності, від маловологого до вологого, кварцевий, з зернами карбонатних порід, з прошарками супіску.

- гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю ґрунтових вод на глибині 10,0-13,3 м;

  - амплітуда сезонних коливань рівня ґрунтових вод  $\pm 0,5-2,0$  м.

за ступенем агресивного впливу на бетон ґрунтові води є неагресивними щодо портландцементу. За ступенем агресивного впливу на арматуру залізобетонних конструкцій, вода є неагресивною при постійному зануренні та слабоагресивною при періодичному змочуванні.

## 2.2. Розрахунок несучої здатності та осідання однієї палі

У зв'язку зі складними інженерно-геологічними умовами на ділянці будівництва та з врахуванням можливого перерозподілу навантажень між палями, а також для верифікації дослідження фундаментів і основ за допомогою спеціалізованого пакету прикладних програм "LIRA" виконаємо поетапний розрахунок: паля – куц палі – плитно-пальовий фундамент.

### 2.2.1 Визначення несучої здатності однієї палі.

Визначаємо несучу здатність для однієї палі за наступною формулою

$$F_d = \gamma_c \cdot \left( \gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \cdot \gamma_{cf} \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i \right)$$

Коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті:

$$\gamma_c = 1$$

Коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі, який враховує спосіб занурення палі на розрахункові опори ґрунту:

$$\gamma_{cR} = 1$$

Коефіцієнт умов роботи ґрунту під на бічній поверхні палі, який враховує спосіб занурення палі на розрахункові опори ґрунту:

$$\gamma_{cf} = 1$$

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі:

$$R = 4296 \text{ кПа}$$

Площа спирання палі на ґрунт:

$$A = b^2 = 0,3^2 = 0,09 \text{ м}^2$$

Зовнішній периметр поперечного перерізу палі:

$$u = 4 \cdot b = 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ м}$$

Потужність елементарних шарів ґрунту:

$$h_1 = 0,75 \text{ м}; h_2 = 1 \text{ м}; h_3 = 1,7 \text{ м}; h_4 = 1,2 \text{ м}; h_5 = 1,5 \text{ м};$$

$$h_6 = 2 \text{ м}; h_7 = 1,3 \text{ м}; h_8 = 2 \text{ м}; h_9 = 0,5 \text{ м}; h_{10} = 1 \text{ м}.$$

Середня глибина розташування шарів ґрунту:

$$z_1 = 1,125 \text{ м}; z_2 = 2 \text{ м}; z_3 = 3,35 \text{ м}; z_4 = 4,8 \text{ м}; z_5 = 6,15 \text{ м};$$

$$z_6 = 7,9 \text{ м}; z_7 = 9,55 \text{ м}; z_8 = 11,2 \text{ м}; z_9 = 12,45 \text{ м}; z_{10} = 13,2 \text{ м}.$$

Розрахункові опори на бічній поверхні забивної палі:

$$f_1 = 0; f_2 = 42 \text{ кПа}; f_3 = 49,75 \text{ кПа}; f_4 = 28,6 \text{ кПа}; f_5 = 31,15 \text{ кПа};$$

$$f_6 = 43,9 \text{ кПа}; f_7 = 33,775 \text{ кПа}; f_8 = 34,96 \text{ кПа}; f_9 = 35,96 \text{ кПа};$$

$$f_{10} = 69,48 \text{ кПа}.$$

Підставивши значення, отримаємо, що несуча здатність для однієї палі:

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 4296 \cdot 0,09 + 1 \cdot 1,2 \cdot (0 \cdot 0,75 + 42 \cdot 1 + 49,75 \cdot 3,35 + 28,6 \cdot 1,2 + 31,15 \cdot 1,5 + 43,9 \cdot 2 + 33,775 \cdot 1,3 + 34,96 \cdot 2 + 35,96 \cdot 0,5 + 69,48 \cdot 1)) = 982,69 \text{ кН}.$$

*Визначення допустимого розрахункового навантаження на одну палю.*

Допустиме розрахункове навантаження:

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{982,69}{1,4} = 702 \text{ кН}$$

*Визначення ширини умовного фундаменту для однієї палі*

Визначаємо ширину умовного фундаменту для однієї палі за наступною формулою:

$$B_{\text{ум}} = 0,3 + 2 \cdot L_{\text{палі}} \cdot \tan \frac{\varphi_{mt}}{4}$$

Визначаємо усереднений кут внутрішнього тертя ґрунтів по стовбуру палі за наступною формулою:

$$\varphi_{mt} = \frac{\sum \varphi_i \cdot h_i}{\sum h_i}$$

Значення товщини прорізуваних шарів:

$$h_1 = 2,7 \text{ м}; h_2 = 1,2 \text{ м}; h_3 = 1,5 \text{ м}; h_4 = 2 \text{ м};$$

$$h_5 = 1,3 \text{ м}; h_6 = 2,5 \text{ м}; h_7 = 1 \text{ м}.$$

Значення відповідних кутів внутрішнього тертя:

$$\varphi_1 = 21^\circ; \varphi_2 = 20^\circ; \varphi_3 = 24^\circ; \varphi_4 = 28^\circ;$$

$$\varphi_5 = 20^\circ; \varphi_6 = 20^\circ; \varphi_7 = 33^\circ.$$

Підставивши значення, отримаємо, що усереднений кут внутрішнього тертя ґрунтів по стовбуру палі:

$$\varphi_{mt} = \frac{21 \cdot 2,7 + 20 \cdot 1,2 + 24 \cdot 1,5 + 2 \cdot 28 + 1,3 \cdot 20 + 2,5 \cdot 20 + 1 \cdot 33}{2,7 + 1,2 + 1,5 + 2 + 1,3 + 2,5 + 1} = 23,1^\circ$$

Підставивши значення, отримаємо, що ширина умовного фундаменту:

$$B_{ум} = 0,3 + 2 \cdot 12,95 \cdot \tan \frac{23,1}{4} = 1,605 \text{ м}$$

### 2.2.2 Розрахунок деформацій ґрунтів від однієї палі

1. Підбираємо товщину елементарного шару для пошарового сумування деформацій:

$$h_i \leq 0,4 \cdot b = 0,4 \cdot \sqrt{3,14 \cdot 1,605^2} = 1,42 \text{ м}$$

Остаточно приймаємо:

Визначення напруження від власної ваги ґрунту:

на рівні підшви першого шару (Насипний ґрунт):

$$\sigma_{zg,I} = \gamma_1 \cdot h_1 = 16 \cdot 0,75 = 12 \text{ кПа};$$

на рівні підшви другого шару (Ґрунт рослинного шару):

$$\sigma_{zg,II} = \sigma_{zg,I} + \gamma_2 \cdot h_2 = 12 + 16 \cdot 0,75 = 24 \text{ кПа};$$

на рівні підшви третього шару (Супісок просідний):

$$\sigma_{zg,III} = \sigma_{zg,II} + \gamma_3 \cdot h_3 = 24 + 17,4 \cdot 2,7 = 71 \text{ кПа};$$

на рівні підшви четвертого шару (Суглинок легкий):

$$\sigma_{zg,IV} = \sigma_{zg,III} + \gamma_4 \cdot h_4 = 71 + 18,3 \cdot 1,2 = 93 \text{ кПа};$$

на рівні підшви п'ятого шару (Супісок непросідний):

$$\sigma_{zg,V} = \sigma_{zg,IV} + \gamma_5 \cdot h_5 = 93 + 18,5 \cdot 1,5 = 120,7 \text{ кПа}$$



на рівні підшви шостого шару (Пісок дрібний):

$$\sigma_{zg,V} = \sigma_{zg,IV} + \gamma_6 \cdot h_6 = 120,7 + 18,5 \cdot 2 = 157,7 \text{ кПа};$$

на рівні підшви сьомого шару (Супісок непросідний):

$$\sigma_{zg,VI} = \sigma_{zg,V} + \gamma_7 \cdot h_7 = 157,7 + 18,9 \cdot 1,3 = 182,3 \text{ кПа};$$

на рівні підшви восьмого шару (Суглинок важкий):

$$\sigma_{zg,VII} = \sigma_{zg,VI} + \gamma_8 \cdot h_8 = 182,3 + 19,2 \cdot 2,5 = 230,3 \text{ кПа};$$

на рівні підшви умовного фундаменту (Пісок середньозернистий):

$$\sigma_{zg,0} = \sigma_{zg,VII} + \gamma_9 \cdot h'_9 = 230,3 + 18,9 \cdot 1 = 249,2 \text{ кПа};$$

на рівні підшви дев'ятого шару (Пісок середньозернистий):

$$\sigma_{zg,VIII} = \sigma_{zg,VII} + \gamma_9 \cdot h_9 = 230,3 + 18,9 \cdot 4 = 305,9 \text{ кПа};$$

на рівні підшви десятого шару (Пісок середньозернистий):

$$\sigma_{zg,IX} = \sigma_{zg,VIII} + \gamma_{10} \cdot h_{10} = 305,9 + 18,3 \cdot 4 = 379,1 \text{ кПа}.$$

Визначення додаткового тиску на основу.

$$P_0 = P_{\text{сеп}} - \sigma_{zg,0} = 498,7 - 249,2 = 249,5 \text{ кПа}$$

Визначення додаткового напруження на підшві і покрівлі кожного елементарного шару у табличній формі.

Таблиця 2.1 – Визначення додаткового напруження від будівлі на основу

№ точки	Глибина точки, що розглядається від підшви фундаменту Z, м	Відносна глибина, $\xi = 2 \cdot z/b$	$\alpha$	Напруження від власної ваги ґрунту, $\sigma_{zg}$ , кПа	Додаткове напруження $\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0$ , кПа
0	0	0	1	249,16	249,50
1	0,5	0,703	0,805	258,61	200,85
2	1	1,406	0,466	268,06	116,27
3	1,5	2,109	0,265	277,51	66,11
4	2	2,813	0,165	286,96	41,16

Оскільки модулі деформації ґрунтів більше за 5 МПа, то нижня границя стисненої товщі приймається виходячи з умови  $0,2 \cdot \sigma_{zg} \geq \sigma_{zp}$ .

$$286,96 \cdot 0,2 = 57,39 < 41,16 \text{ кПа.}$$

Оскільки умова виконується, то ми зупиняємося на 4 точці.

Визначення осідання елементарних шарів ґрунту представлено в табличній формі.

Таблиця 2.2 – Визначення деформації основи для кожного елементарного шару

№ шару	Додаткове напруження			Модуль деформації $E_i$ , кПа	Товщина шару $h_i$ , см	Осідання шару $S_i$ , см
	На покрівлі шару $\sigma_{zp,B}$ , кПа	На підшві шару $\sigma_{zp,H}$ , кПа	Середнє $\bar{\sigma}_{zp,i}$ , кПа			
1	249,50	200,85	225,18	22000	50	0,41
2	200,851	116,27	158,56	22000	50	0,29
3	116,27	66,12	91,19	22000	50	0,16
4	66,12	41,17	53,64	22000	50	0,1

Визначення загального осідання основи під фундаментом будівлі.

$$S = \sum_{i=1}^4 S_i = 0,96 \text{ см}$$

### 2.3 Розрахунок несучої здатності та осідання однієї палі методом скінчених елементів

На основі результатів інженерно-геологічних вишукувань (розділ 2.1) проведено дослідження пального фундаменту проходить в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2021. Дана програма виконує розрахунки методом скінчених елементів.

Для розрахунку застосовуємо модель Вінклера-Фусса.

План з одиничними палями представлений на рис. 2.1.

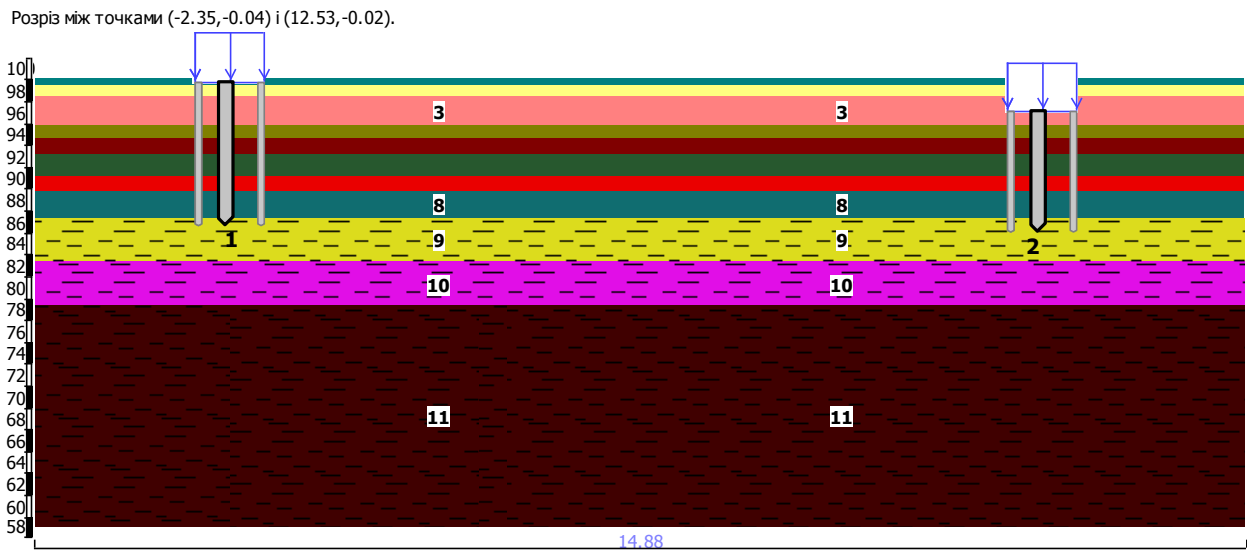


Рисунок 2.1 – План з палями в моделі ґрунту

На рис. 2.2. представлено несучу здатність палі С110.30-8, яка розташована під галереєю, а також несучу здатність палі С130.30-8, яка знаходиться під фундаментною плитою.

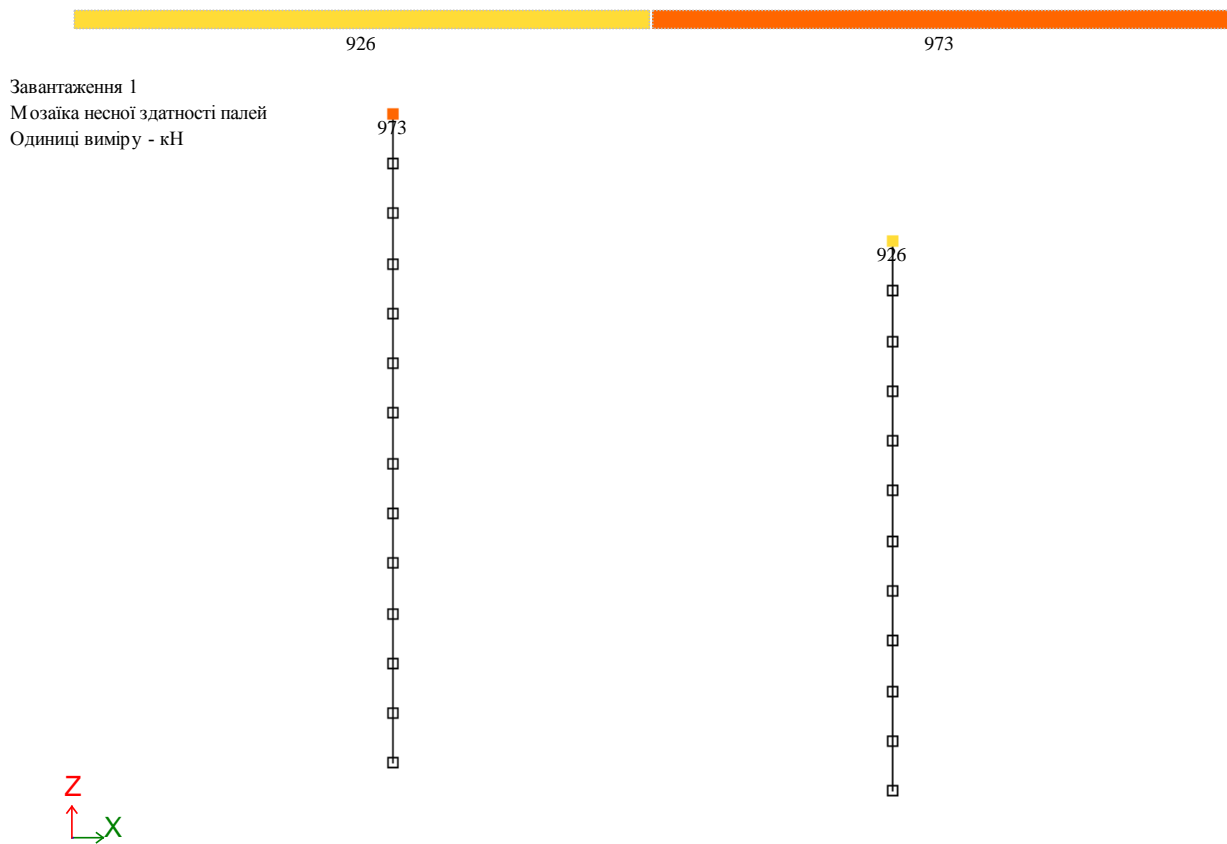


Рисунок 2.2 – Несуча здатність палей, кН

На рис. 2.3 і 2.4 представлені ізополі осідань під палями С130.30-8 та палі С110.30-8 відповідно.

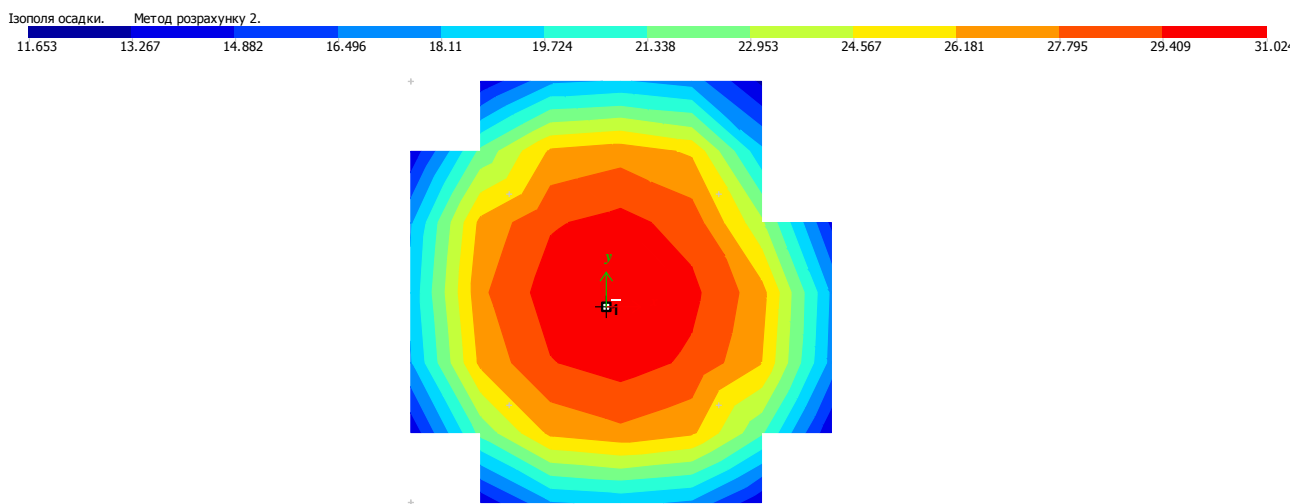


Рисунок 2.3 – Ізополя осідання під палею С130.30-8, мм

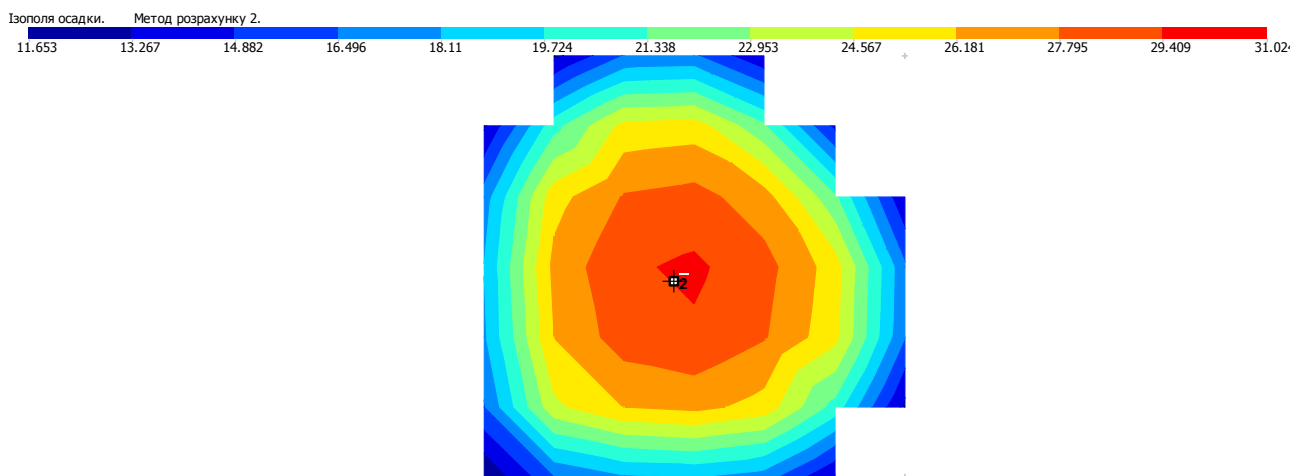


Рисунок 2.4 – Ізополя осідання під палею С110.30-8, мм

На рис. 2.5 і 2.6 представлені результати розрахунку осідань в точці під палями С130.30-8 та С110.30-8 відповідно.

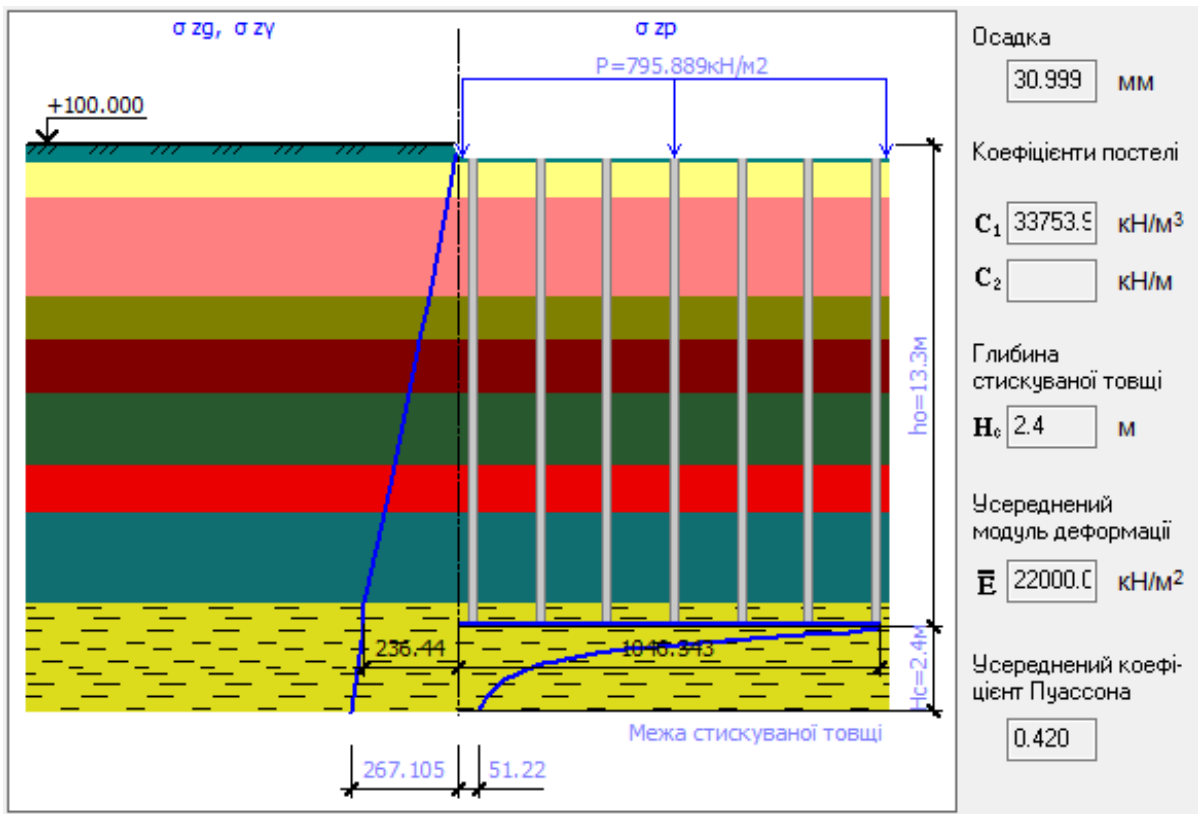


Рисунок 2.5 – Результати розрахунку в точці під палею C130.30-8 ( $S_{\max} = 31 \text{ мм}$ )

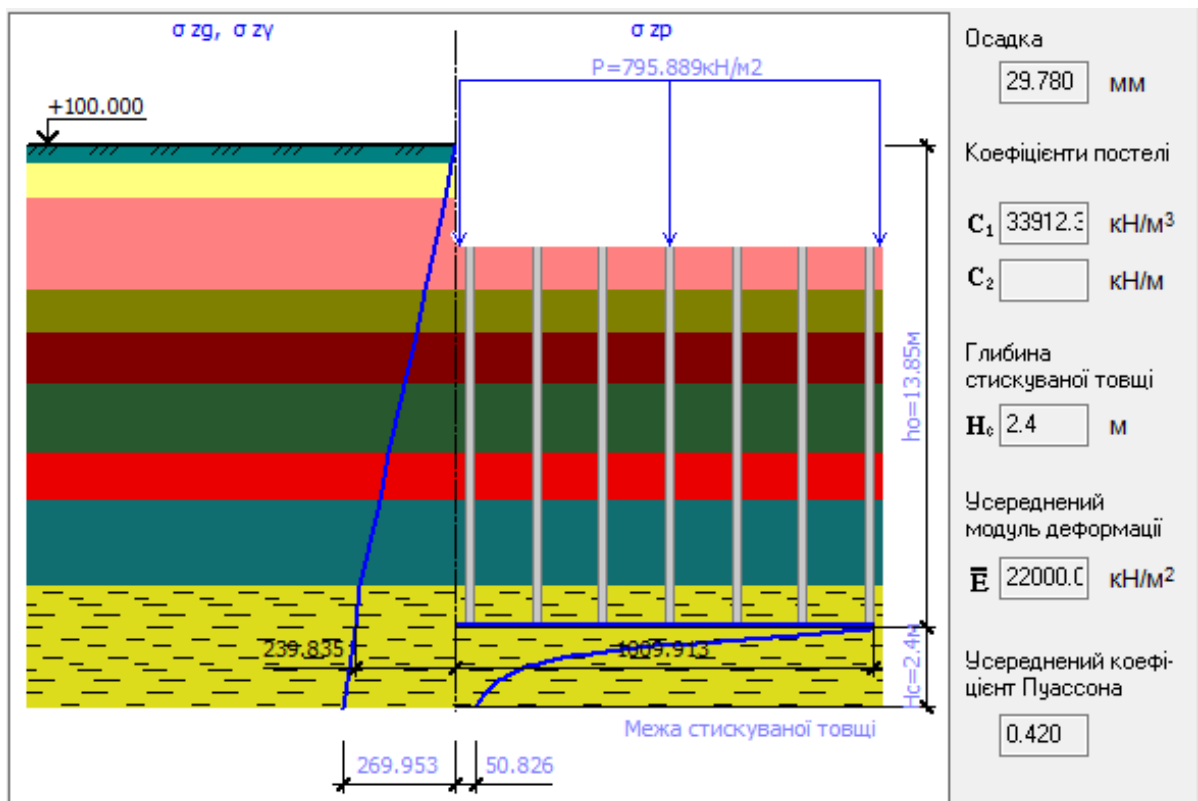


Рисунок 2.6 – Результати розрахунку в точці під палею C110.30-8 ( $S_{\max} = 29,78 \text{ мм}$ )

Результати розрахунку для одиночних паль зведено в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку одиночних паль.

Параметр	Палі	
	C130.30-8	C110.30-8
Навантаження, кН	490,5	490,5
Несуча здатність, кН	973	926
Використання палі, $N/F_d$	0,504	0,53
Зусилля опорну на рівні підшви, $R_z$ , кН	196	212
Осідання основи, мм	31	29,78
Коефіцієнт постелі, $C_1$ , $\text{кН/м}^3$	33 753	33 912
Глибина стиснутої товщі, м	2,4	2,4

Результати аналітичного розрахунку і методом МСЕ показали задовільну збіжність.

#### 2.4 Розрахунок несучої здатності та осідання куца паль методом скінчених елементів

Куц паль створюємо відповідно до плану фундаменту під силос СМВУ-275 (рис. 2.7).

Завантаження 1

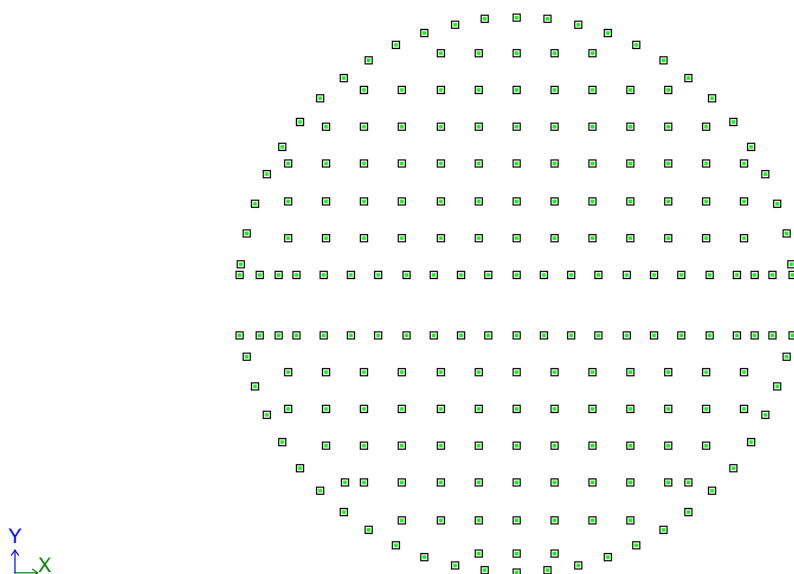


Рисунок 2.7 – Розміщення паль в куці, вид зверху

Візуалізація палей представлена на рис. 2.8.

кущ без плити з врахуванням нове.I3d

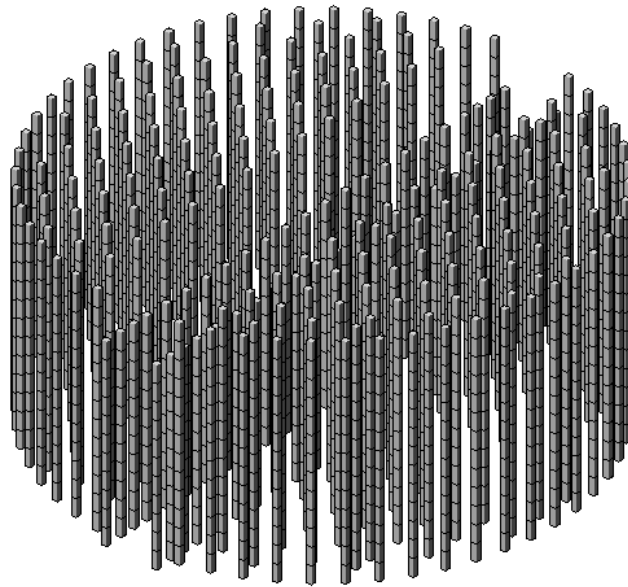


Рисунок 2.8 – 3D візуалізація куща палей

Навантаження на палі представлено на рис. 2.9. Кожна палля навантажена зосередженою силою 50 т.

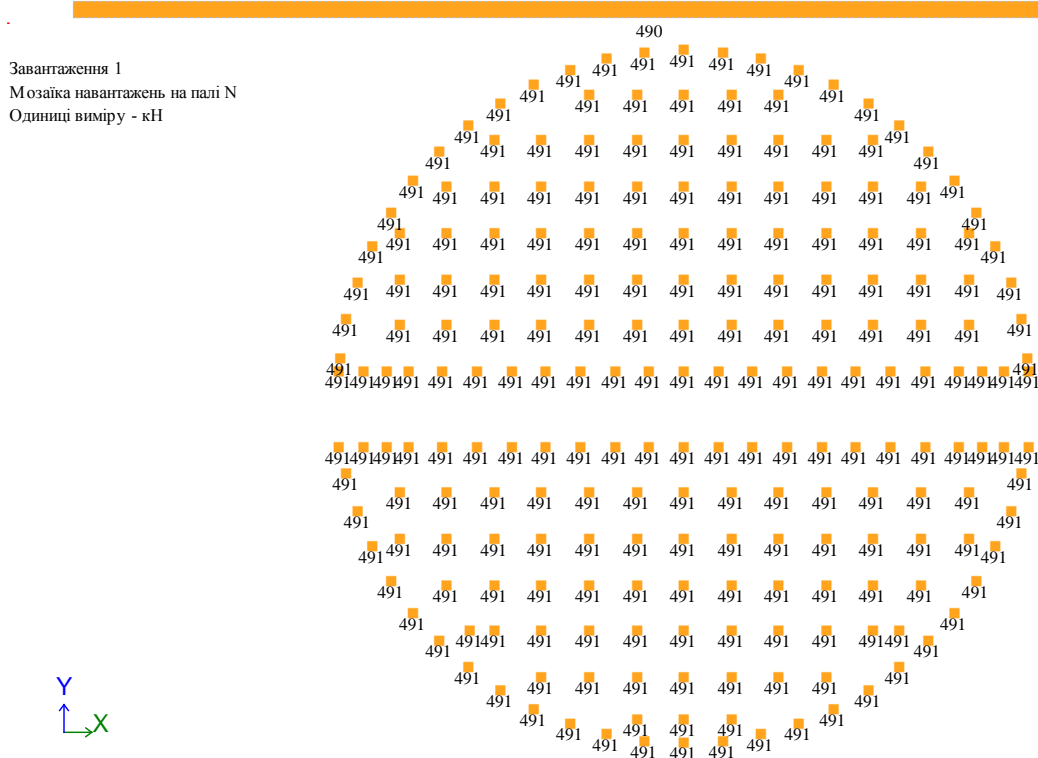


Рисунок 2.9 – Навантаження на палі, кН

Після першого ітераційного розрахунку отримуємо опір ґрунту під подошвою палей  $R_z$ . рис. 2.10. Прикладаємо його до палей, і перераховуємо модель. Отримуємо результати несучої здатності палей. число використання палей і несуча здатність палей на висмикування, рис. 2.11, 2.12 і 2.13 відповідно.

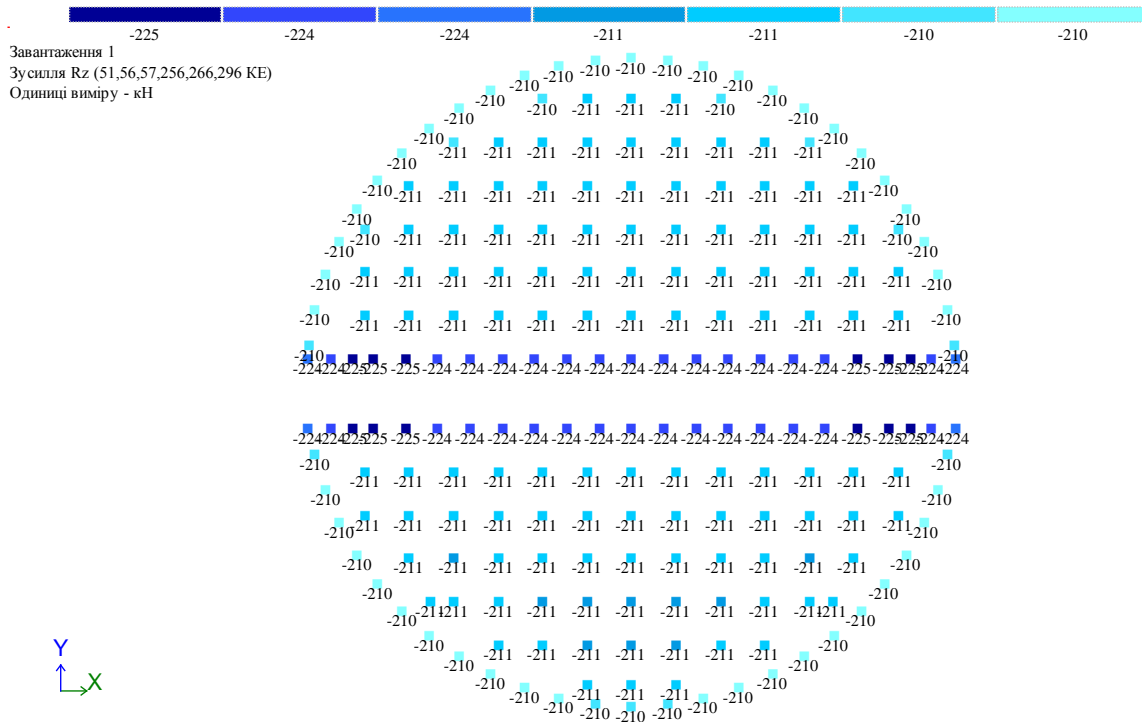


Рисунок 2.10 – Опір ґрунту під подошвою палей,  $R_z$ , кН

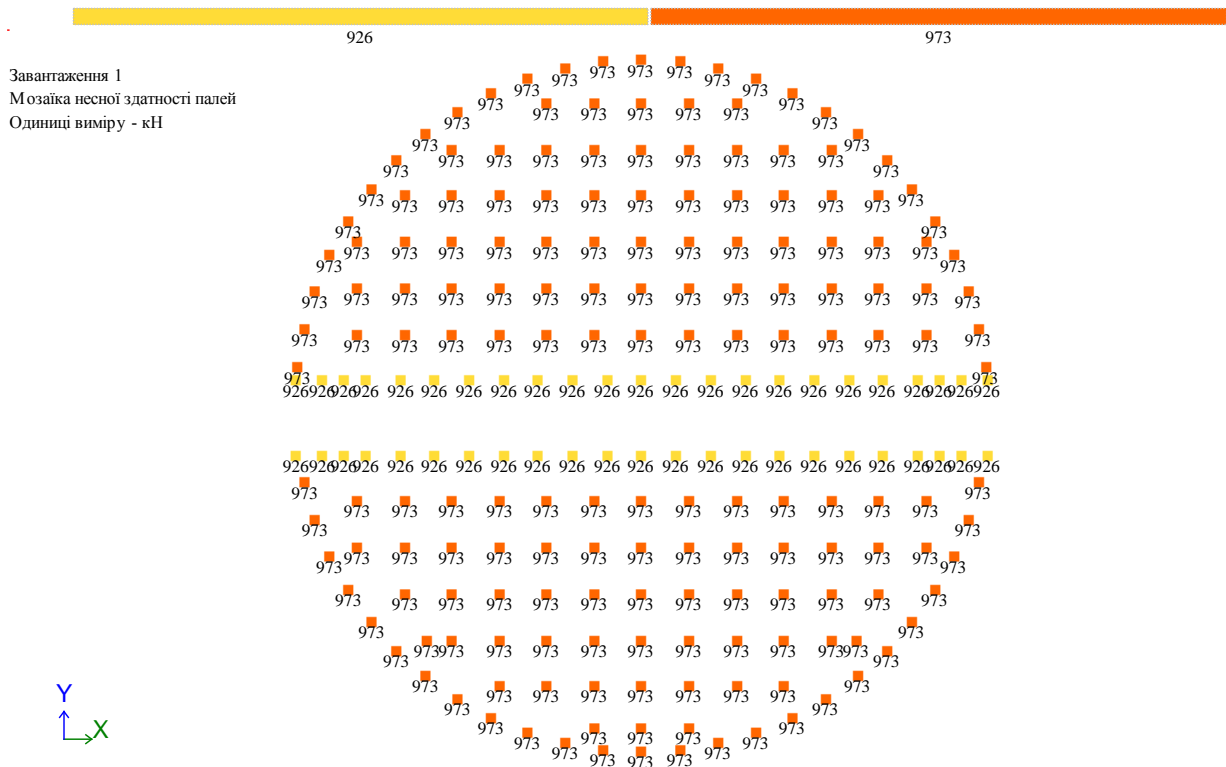


Рисунок 2.11 – Несуча здатність палей, кН



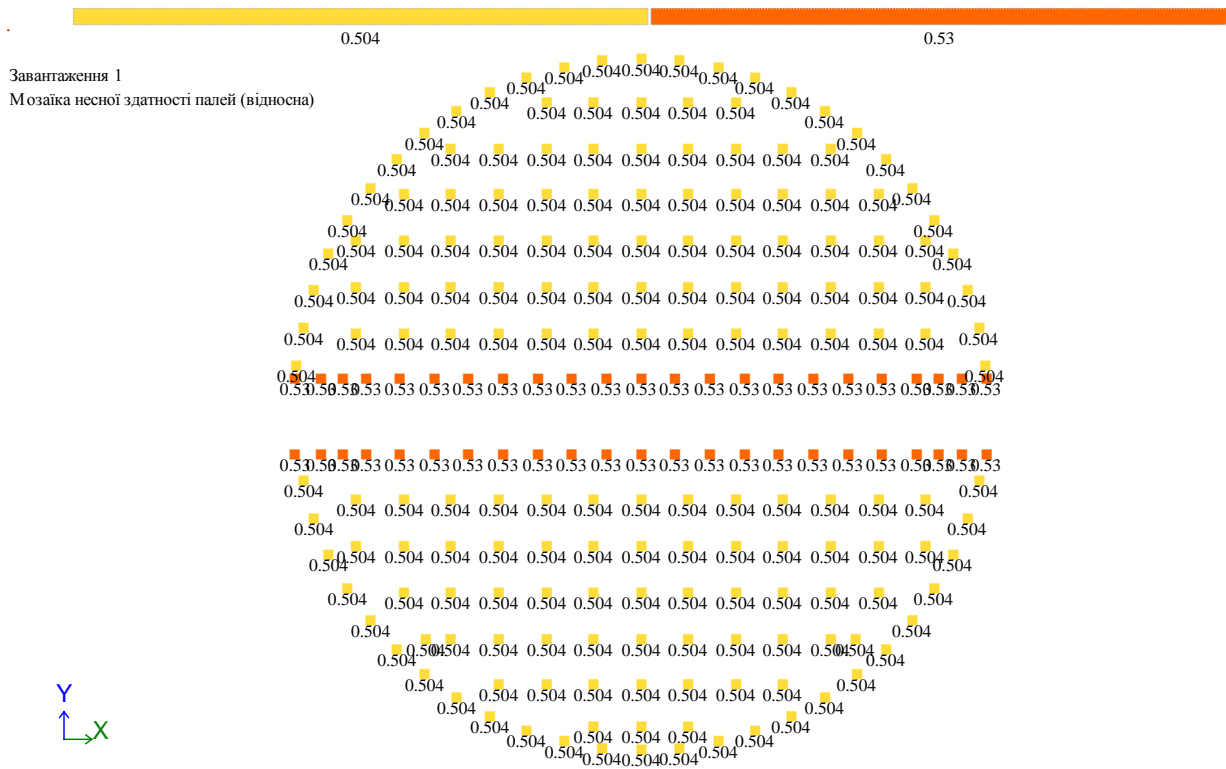


Рисунок 2.12 – Відсоток використання паль  $N/F_d$

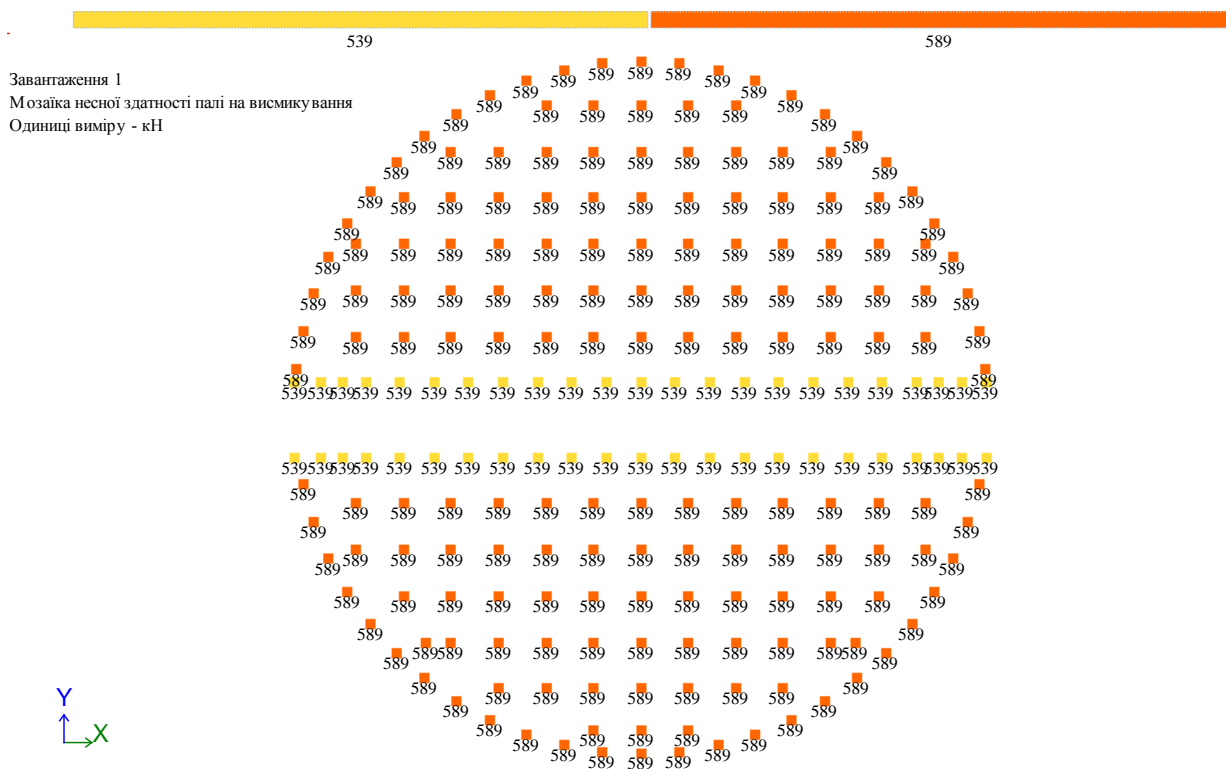


Рисунок 2.13 – Несуча здатність паль на висмикування, кН

Переходимо в модель ґрунту і за переданим навантаженням, рис. 2.14, виконуємо розрахунок за другим методом. За ним визначаємо осідання основи під палями, коефіцієнти постелі  $C_1$ , глибину стиснутої товщі, рис. 2.15, 2.16, 2.17 відповідно.

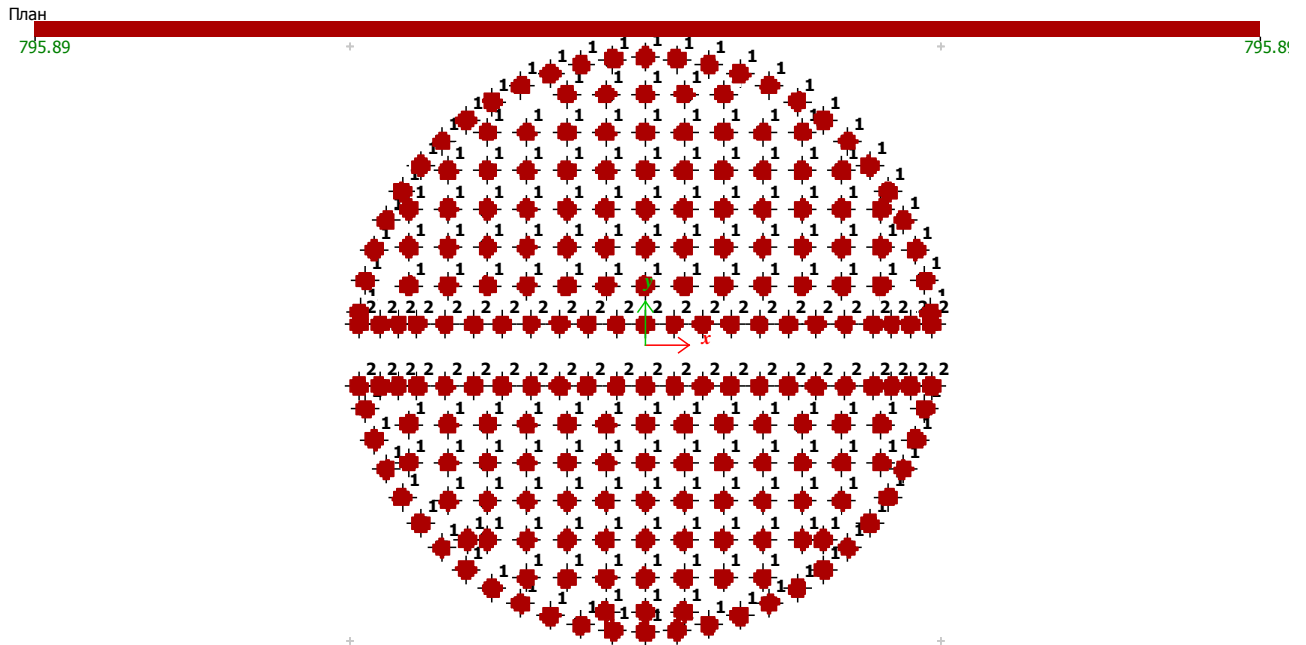


Рисунок 2.14 – Навантаження на ґрунт від паль на рівні умовної підшви, кПа

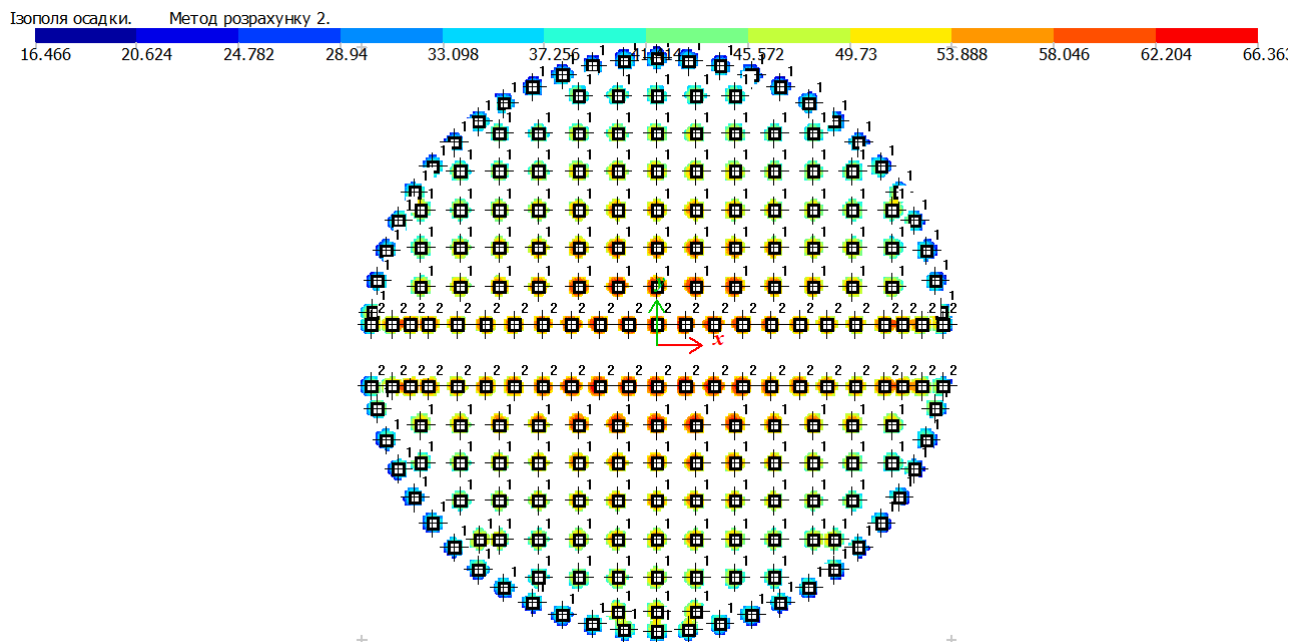


Рисунок 2.15 – Ізополя осідання основи під палями, мм

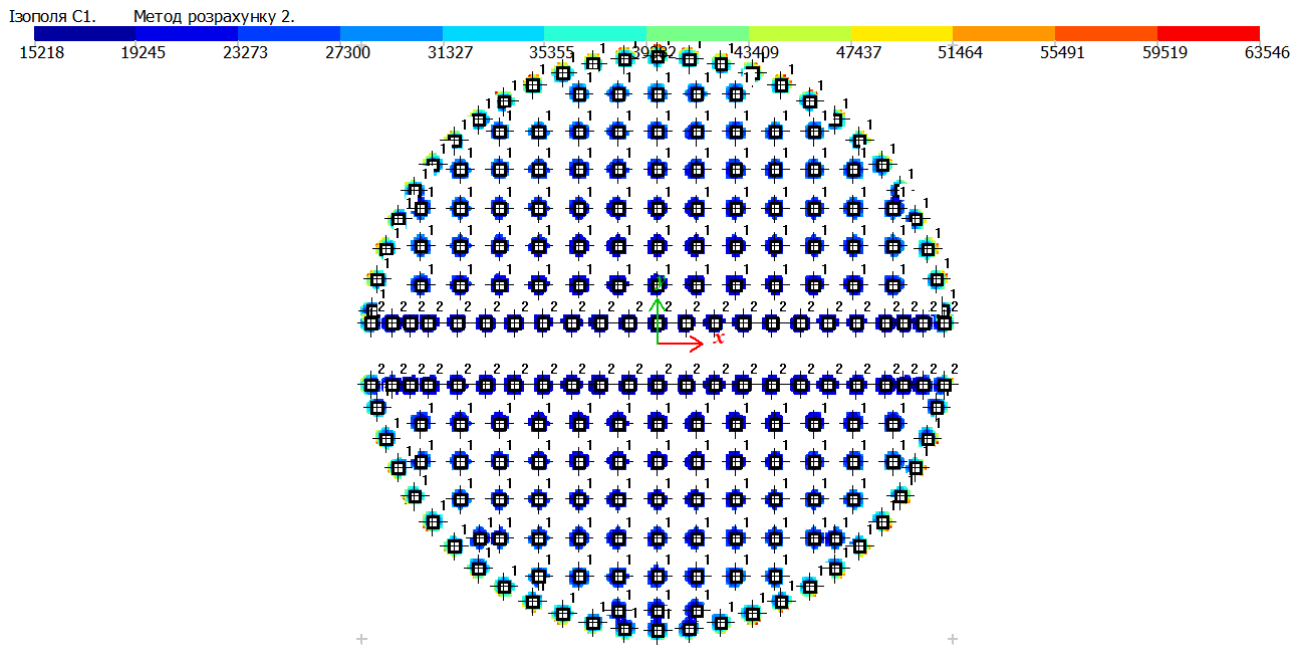


Рисунок 2.16 – Ізополя коефіцієнта постелі основи  $C_1$ ,  $\text{kN/m}^3$

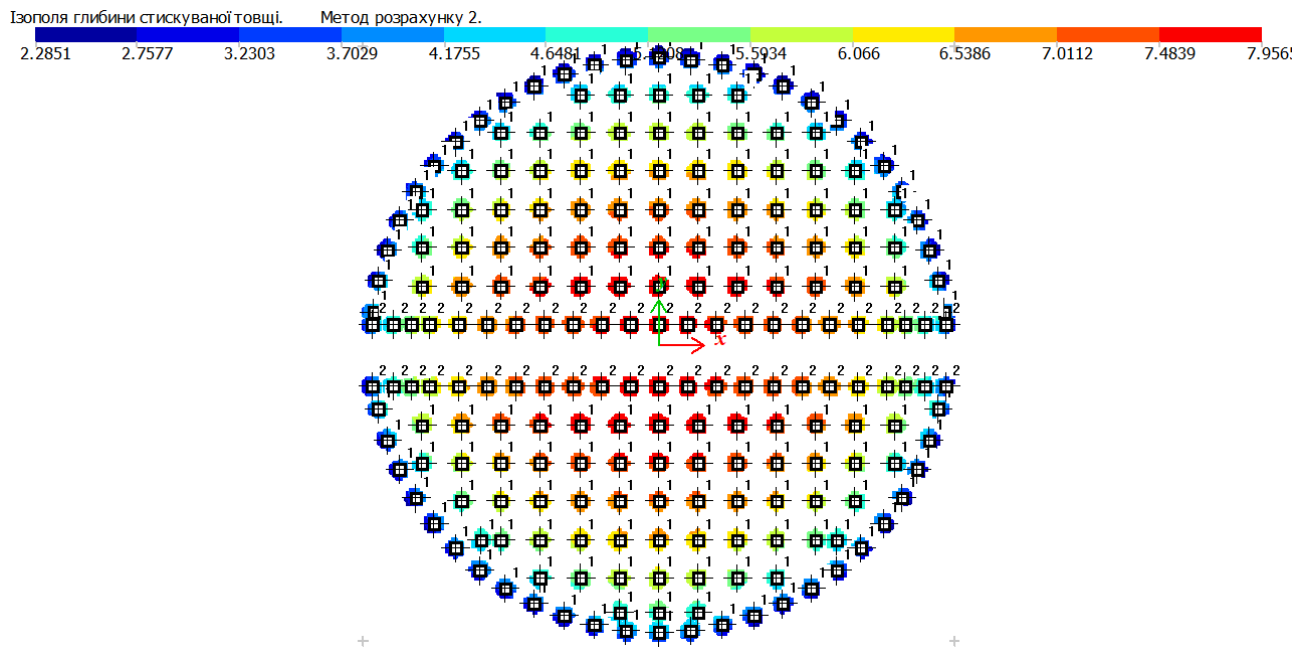


Рисунок 2.17 – Ізополя глибини стиснутої товщі основи  $H_c$ , м

Для визначення крену фундаменту потрібно визначити осідання в крайніх точках. Для цього задаємо координати для крайніх паль і центральної, в якій відбувається найбільше осідання, таб. 2.4. Максимальне осідання визначимо для паль які найближче знаходяться до центру під галереєю і під плитою.

Таблиця 2.4 – Координати точок для визначення крену і осідання

Характерна точка		X	Y
C110.30-8	Лівий край	- 13,865	1
	Правий край	13,865	1
	Центр	0	1
	Верхній край	0	13,865
	Нижній край	0	- 13,865
C130.30-8	Центр	0	2,8

Результати визначені в цих точках зведені в таблиці 2.5. Результат розрахунку в точці максимального осідання основи, зображений на рисунку 2.18.

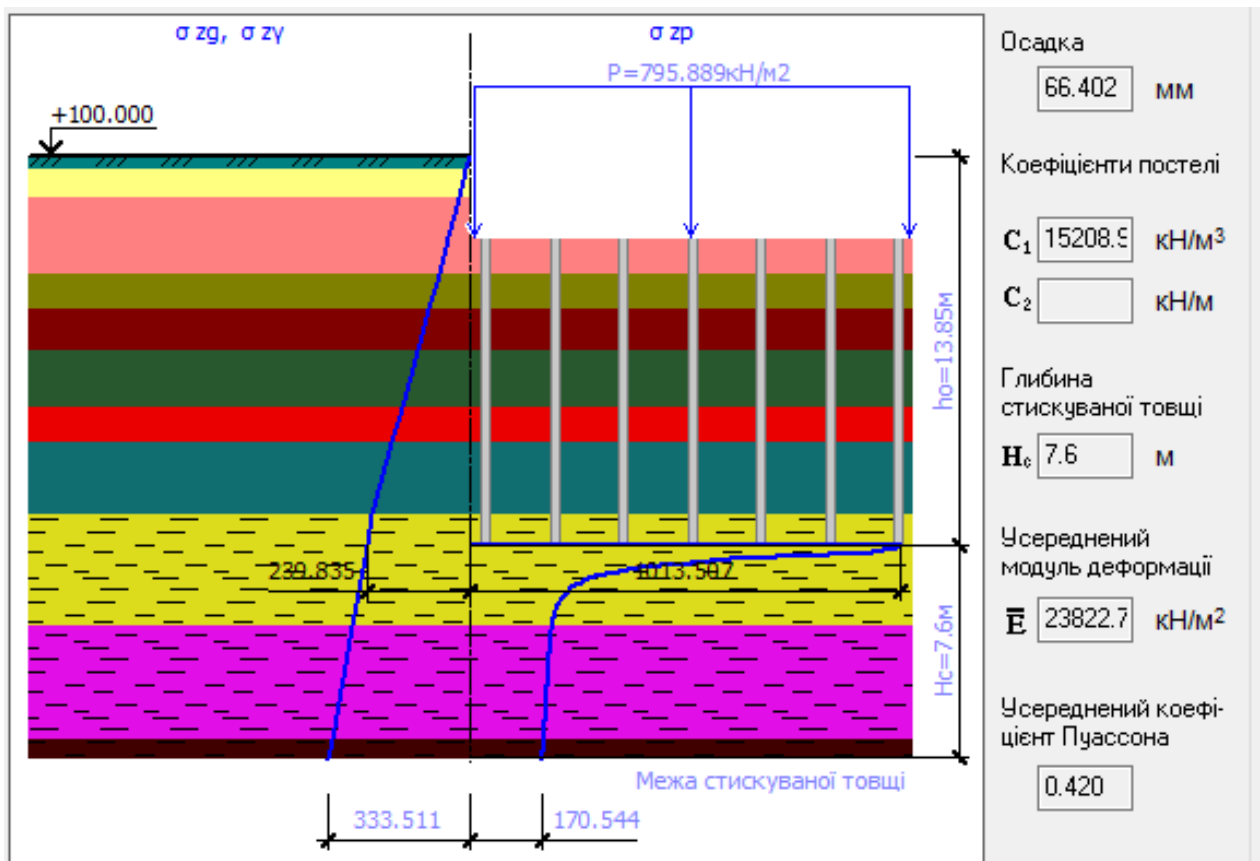


Рисунок 2.18 – Результати розрахунку основи під центральною палею,  $S_{max} = 66,402$  мм

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку основи під палями.

Характеристики	С110.30-8					С130.30-8
	Лівий	Правий	Центр	Верх	Низ	Центр
Осідання, мм	51,555	51,621	66,402	40,374	49,239	66,019
Коефіцієнт постелі $C_1$ , кН/м <sup>3</sup>	19 589	19 564	15 209	25 916	21 250	15 849
Глибина стиснутої товщі, м	3,8	3,8	7,6	3,2	4,1	7,9

#### 2.4 Розрахунок несучої здатності та осідання плитно-пального фундаменту силою СМВУ-275 методом скінчених елементів

Моделюємо плиту по всій ширині діаметром 27,73 м, рис. 2.19, з трикутних скінчених елементів Тип 12, характеристики плити рис. 2.20(а). Пливу галереї виконуємо шириною 3 м і по всій довжині, з трикутних скінчених елементів Тип 12, характеристики плити на рис. 2.20(б). Стінка галереї моделюється висотою 2,2 м, по всій довжині галереї, з трикутних скінчених елементів Тип 22, характеристики стінки на рис. 2.20(в).

Завантаження 1

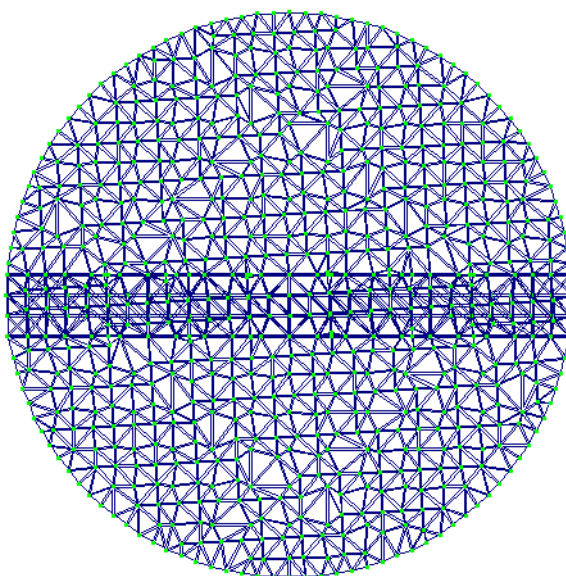


Рисунок 2.19 – Фундаментна плита з трикутних скінчених елементів

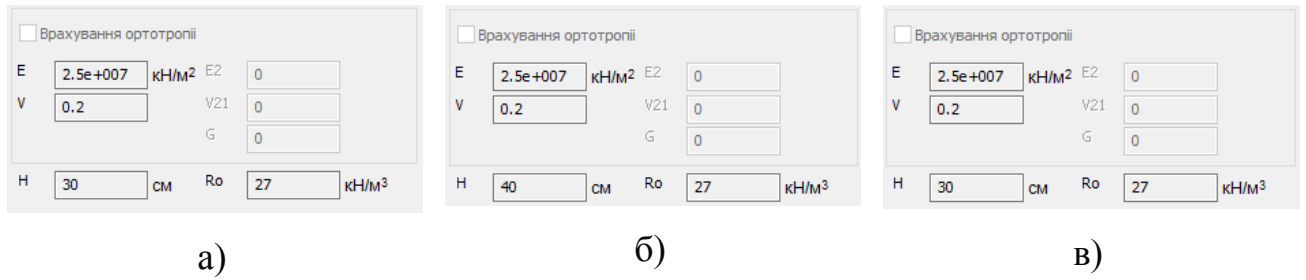


Рисунок 2.20 – Характеристики: а) плити фундаменту; б) плити галереї; в) стінки галереї

Завантаження 1

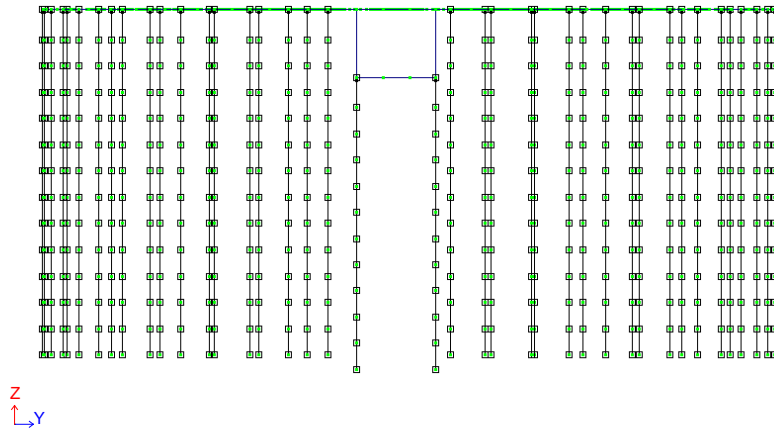
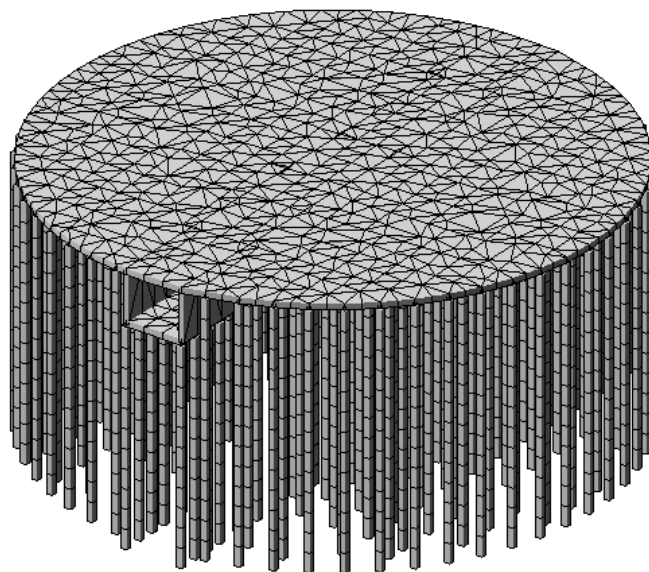


Рисунок 2.21 – Модель розрізу фундаменту

под силос 50 т спільна нове.13d



## Рисунок 2.22 – 3D модель фундаменту

Навантаження на фундамент призначаємо рівно розподіленим по всій плиті, виходячи з попередніх розрахунків, що на палю діяло 490,5 кН (50 т).

Розподілене навантаження визначаємо за наступною формулою:

$$p = \frac{N \cdot n}{A} = \frac{490,5 \cdot 220}{3,14 \cdot 13,865^2} = 178,77 \text{ кН/м}^2$$

де,  $N$  – навантаження на одну палю;

$n$  – кількість паль в куці;

$A$  – площа фундаментної плити.

Задаємо визначене навантаження на плиту, рис. 2.23.

179

Завантаження 1  
Мозаїка q(площ.) уздовж осі Z(G)  
Одиниці виміру - кН/м<sup>2</sup>

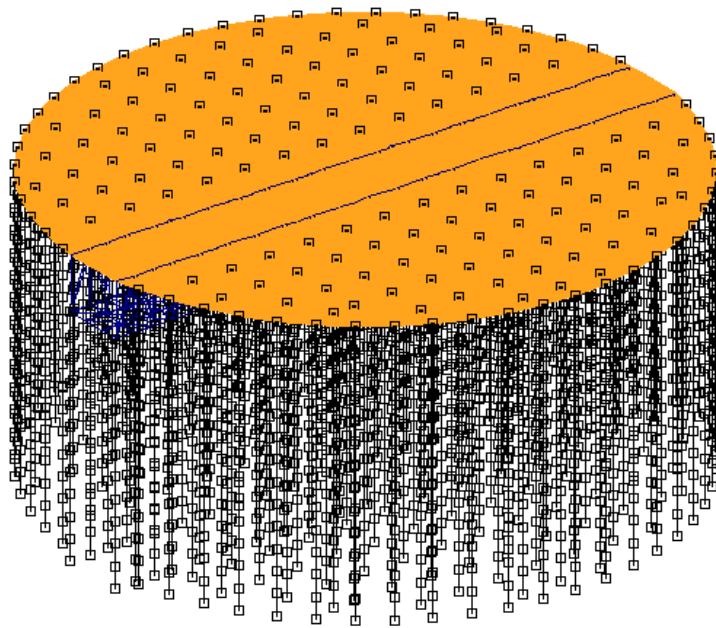


Рисунок 2.23 – Розподілене навантаження на фундаментну плиту, кН/м<sup>2</sup>

Виконуємо перший ітераційний розрахунок, для визначення опору ґрунту на підшву палі, рис. 2.24, і призначаємо його.

Після цього виконуємо розрахунок моделі і визначаємо навантаження на палі, несучу здатність паль, відсоток використання, рис. 2.25, 2.26, 2.27 відповідно.

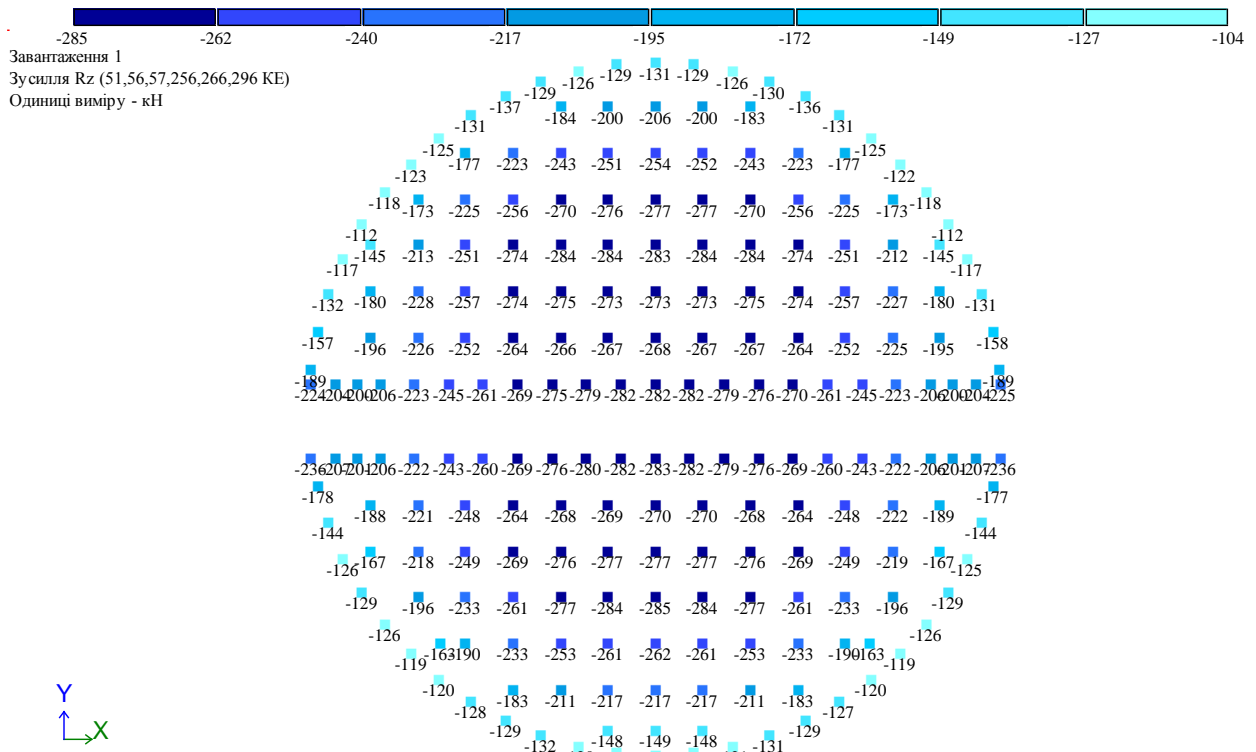


Рисунок 2.24 – Опір ґрунту під подошвою палі,  $R_z$ , кН

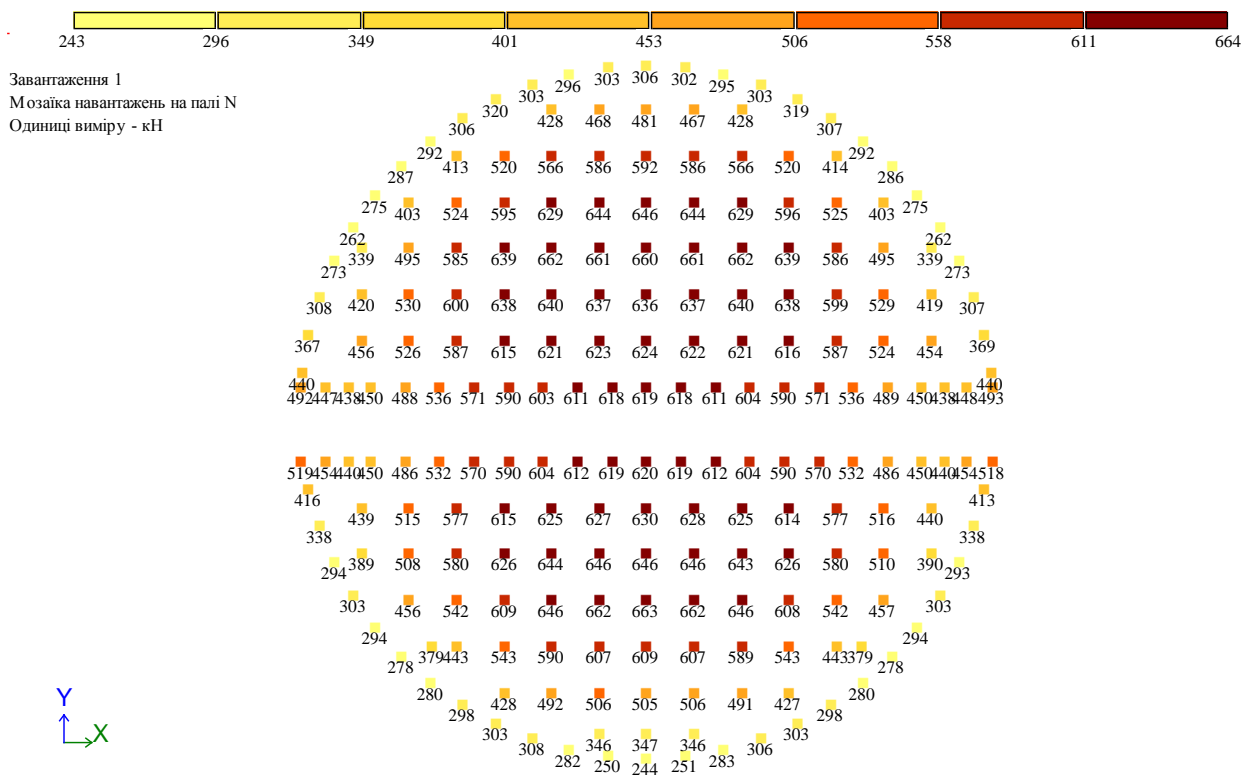


Рисунок 2.25 – Навантаження на палі, кН



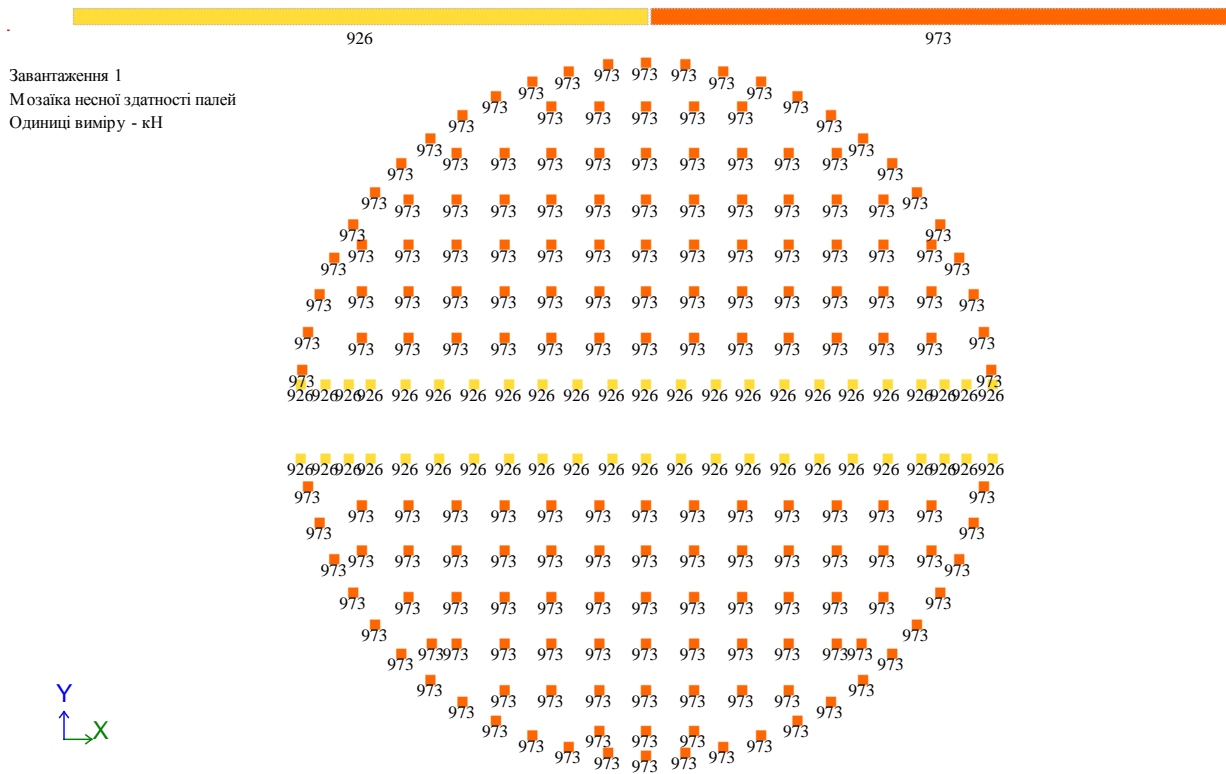


Рисунок 2.26 – Несуча здатність палей, кН

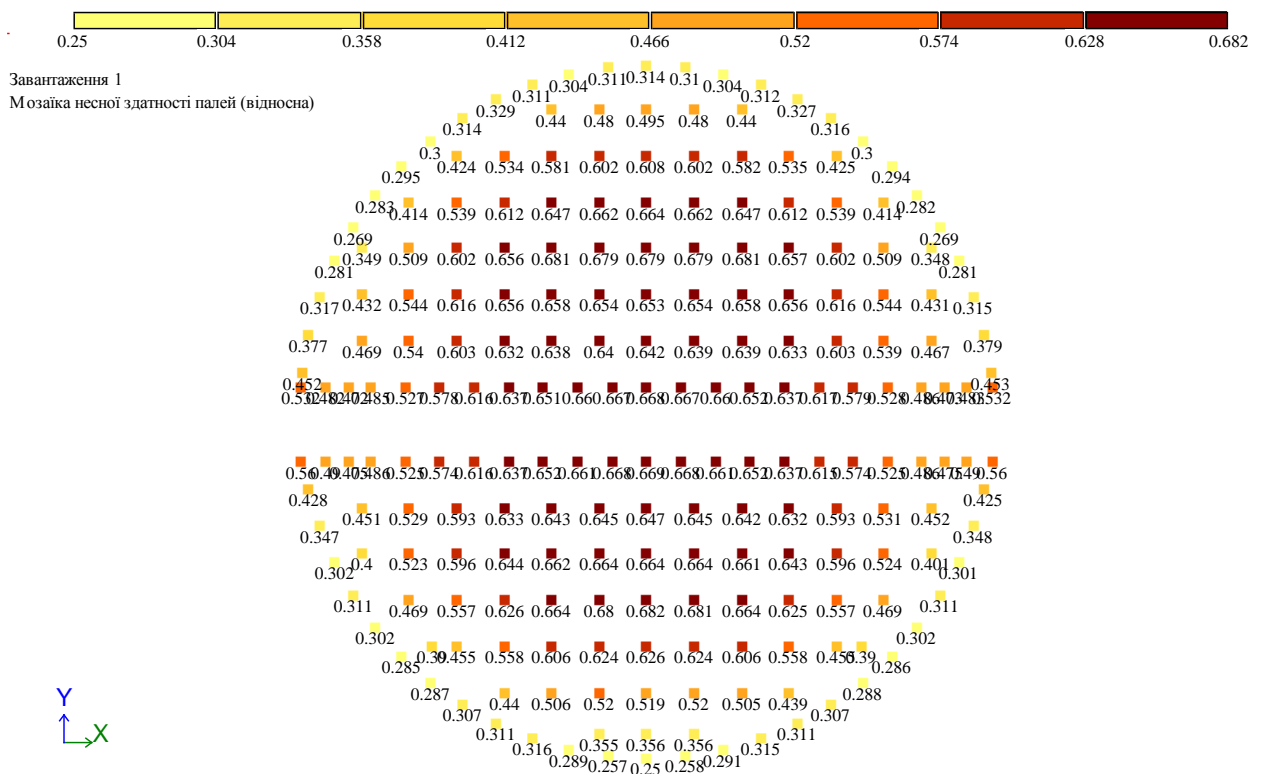


Рисунок 2.27 – Відсоток використання палей  $N/F_d$

Передаємо результати в середовище ГРУНТ, з наступними параметрами розрахунку, рис. 2.28.

Параметри		Норми	
Коефіцієнт глибини стискуваної товщі	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="radio"/> СНиП 2.02.01 - 83	
Мінімальна глибина стискуваної товщі	<input type="text" value="0"/>	<input type="radio"/> СП 50 - 101 - 2004	
Додаткове постійне напруження по всій глибині	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="radio"/> ДБН В.2.1-10:2009	
		<input type="radio"/> СП 22.13330.2011/2016	
		<input type="radio"/> СП РК 5.01-102-2013	
<input checked="" type="checkbox"/> Враховувати вагу ґрунту вище відмітки прикладання навантаження			
<input type="checkbox"/> Обчислювати результати в межах площі імпортованих навантажень по укрупненій прямокутній сітці			
крок сітки	<input type="text" value="0"/>		

Рисунок 2.28 – Параметри розрахунку куца паль

Переходимо в модель ґрунту і за переданим навантаженням, рис. 2.29, виконуємо розрахунок по моделі Вінклера-Фусса. За ним визначаємо осідання основи під палями, коефіцієнти постелі  $C_1$ , глибину стиснутої товщі, рис. 2.30, 2.31, 2.32 відповідно.

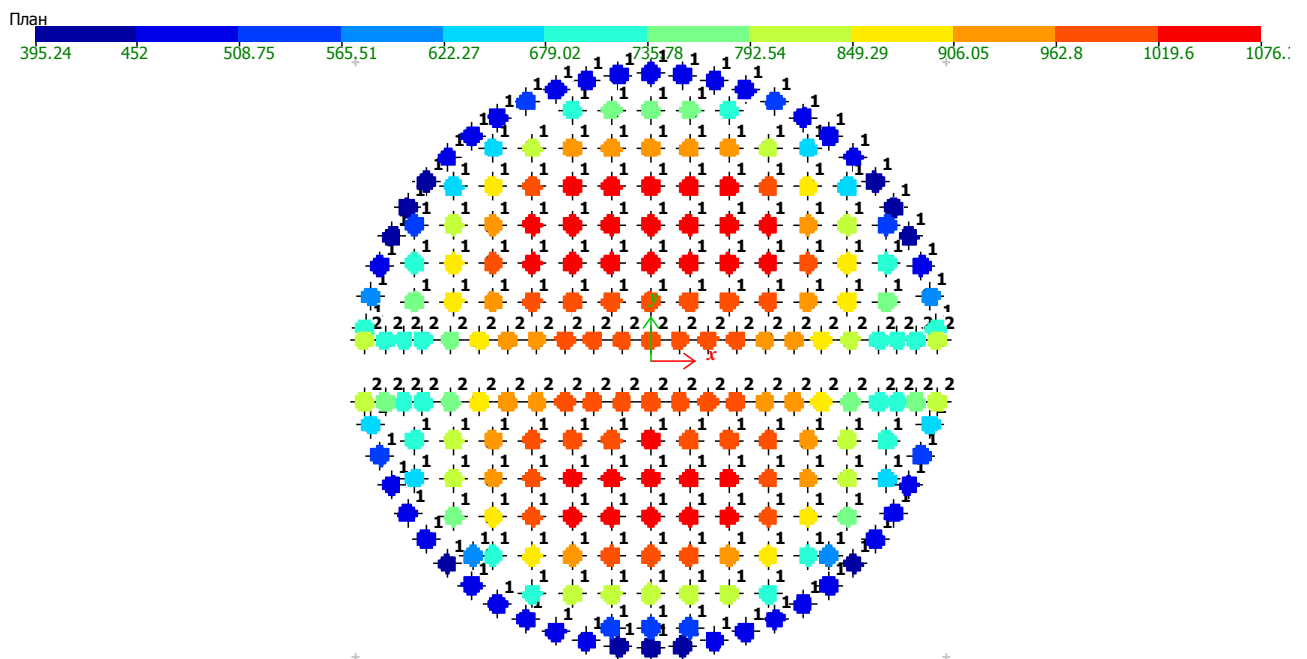


Рисунок 2.29 – Навантаження на ґрунт від паль на рівні умовної підшви, кПа

Ізополя осадки. Метод розрахунку 2.

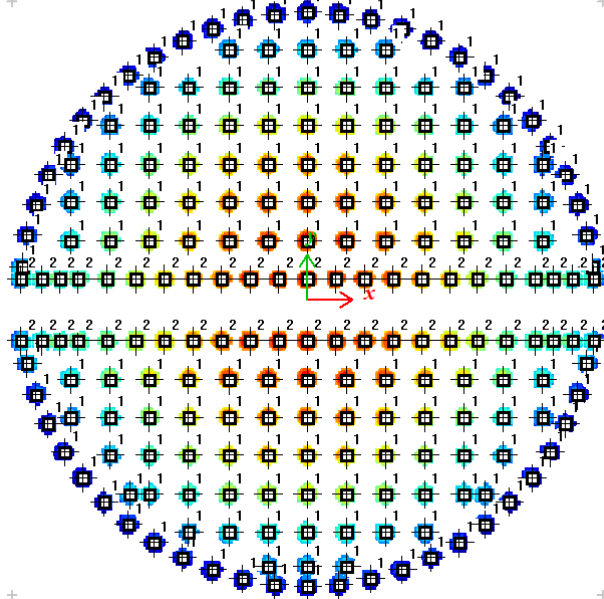
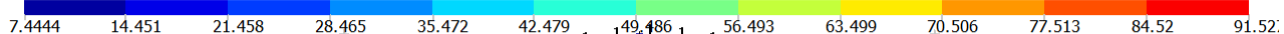


Рисунок 2.30 – Ізополя осідання основи під палями, мм

Ізополя  $C_1$ . Метод розрахунку 2.

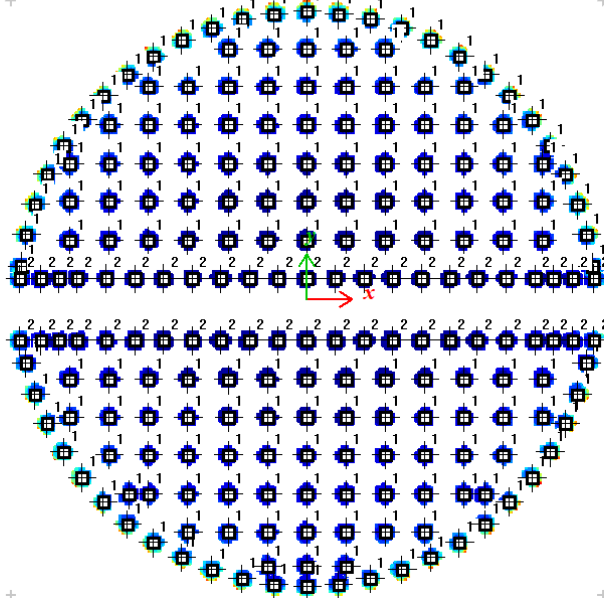
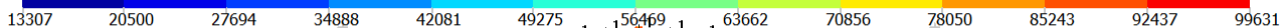


Рисунок 2.31 – Ізополя коефіцієнта постелі основи  $C_1$ ,  $\text{kH/m}^3$

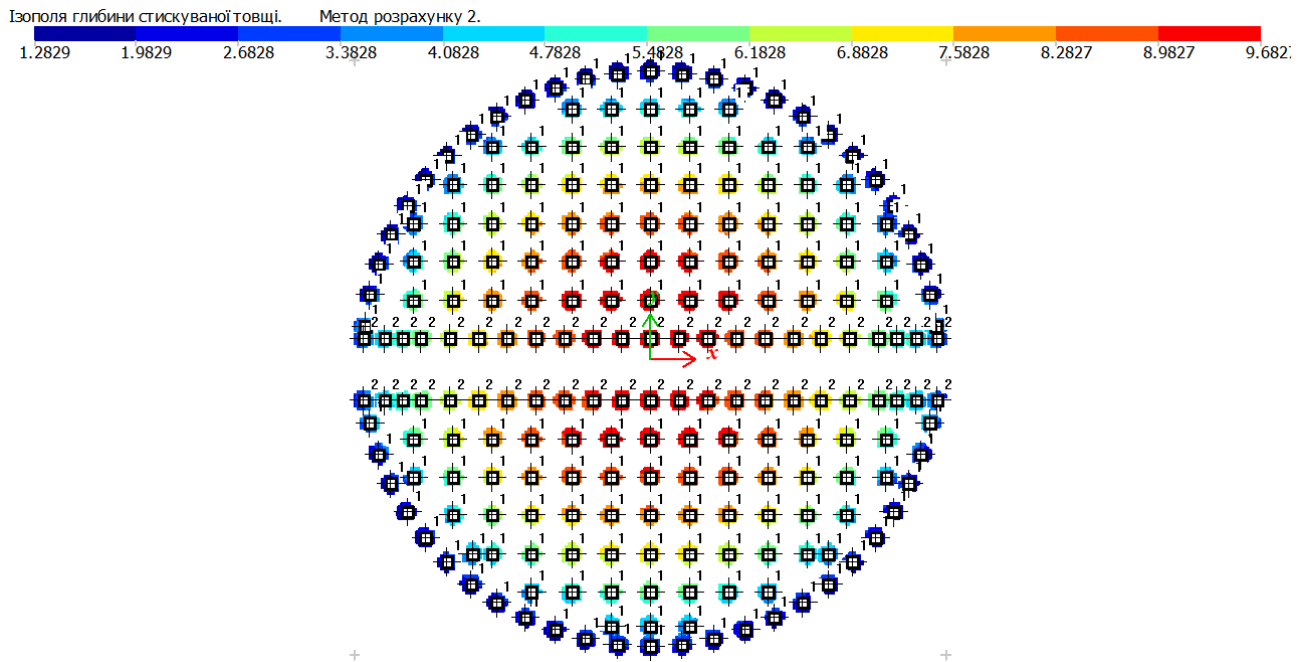


Рисунок 2.32 – Ізополя глибини стиснутої товщі основи  $H_C$ , м

Для визначення крену фундаменту потрібно визначити осідання в крайніх точках. Для цього задаємо координати для крайніх паль і центральної, в якій відбувається найбільше осідання, таб. 2.6. Максимальне осідання визначимо для паль які найближче знаходяться до центру під галереєю і під плитою.

Таблиця 2.6 – Координати точок для визначення крену і осідання

Характерна точка		X	Y
С110.30-8	Лівий край	- 13,865	1
	Правий край	13,865	1
	Центр	0	1
	Верхній край	0	13,865
	Нижній край	0	- 13,865
С130.30-8	Центр	0	2,8

Результати визначені в цих точках зведені в таблиці 2.7. Результат розрахунку в точці максимального осідання основи, зображений на рисунку 2.33.

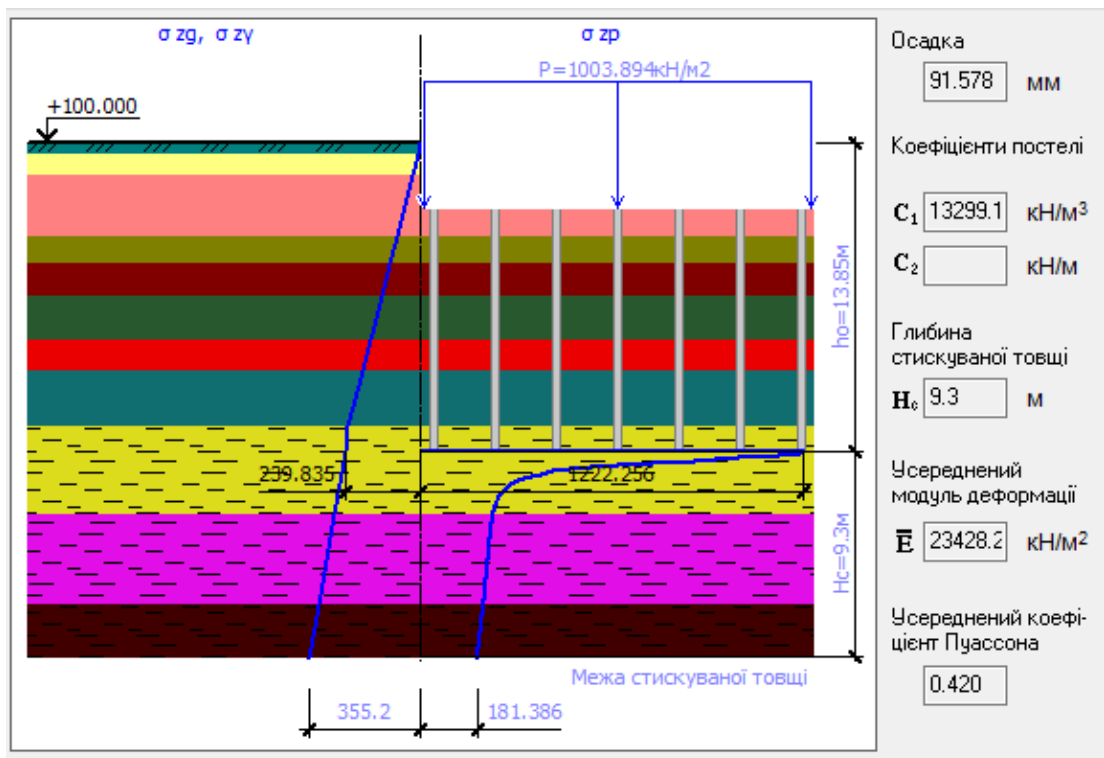


Рисунок 2.33 – Результати розрахунку основи під центральною палею,  $S_{\max} = 91,578$  мм

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку основи під палями.

Характеристики	С110.30-8					С130.30-8
	Лівий	Правий	Центр	Верх	Низ	Центр
Осідання, мм	48,596	48,719	91,578	25,238	27,311	91,383
Коефіцієнт постелі $C_1$ , кН/м <sup>3</sup>	20 843	20 815	13 299	29 580	23 642	13 827
Глибина стиснутої товщі, м	3,4	3,4	9,3	2,2	2,7	9,6
Крен, %	0,0004		-	0,0075		-

Отже, фундаментна плита перерозподіляє навантаження на палі, в основі під центром фундаментом виникає найбільше осідання, яке не перевищує граничного.

Зведені результати розрахунків представлено в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку осідання основи для різних поєднань паль

Характеристики	Одинична паля		Кущ без плити		Кущ з плитою	
	C110	C130	C110	C130	C110	C130
Осідання, мм	29,78	31	66,402	66,019	91,578	91,383
Коефіцієнт постелі, $C_1$ , кН/м <sup>3</sup>	33 912	33 753	15 209	15 849	13 299	13 827
Глибина стиснутої товщі $H_c$ , м	2,4	2,4	7,6	7,9	9,3	9,6

На основі розробленої методики отримуємо результати розрахунку напружено-деформівного стану у фундаментній плиті, плиті-галереї та стінці (табл. 2.8)

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку НДС скінченних елементів та арматури.

Вид результату		Фундаментна плита		Плита галереї		Стінка галереї	
		max	min	max	min	max	min
прогин, мм		32,6	13,8	31,5	22	31,7	22,2
напруження	$M_x$ , (кН·м)/м	67,1	-22,9	5,97	-4,07		
	$M_y$ , (кН·м)/м	158	-76,2	1,27	-2,03		
	$M_{xy}$ , (кН·м)/м	79,7	-77,5	1,1	-1,16		
	$Q_x$ , кН/м	215	-140	83,5	-82,3		
	$Q_y$ , кН/м	279	-515	24,5	-23,1		
	$N_x$ , кПа					1 620	-3 500
	$N_z$ , кПа					-2 190	-1 060
	$\tau_{xz}$ , кПа					1 030	1 120
верхня арматура	X, см <sup>2</sup> /м s/d, мм	15,7 s200d20	2,52 s200d8	2,52 s200d8	2,52 s200d8		
	Y, см <sup>2</sup> /м s/d, мм	15,7 s200d20	2,52 s200d8	2,52 s200d8	2,52 s200d8		
нижня арматура	X, см <sup>2</sup> /м s/d, мм	12,7 s200d18	2,52 s200d8	2,52 s200d8	2,52 s200d8		
	Y, см <sup>2</sup> /м s/d, мм	24,5 s200d25	2,52 s200d8	2,52 s200d8	2,52 s200d8		
середня арматура	X, см <sup>2</sup> /м s/d, мм					40,2 s200d32	2,52 s200d8

### 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Вплив товщини фундаментної плити на характер перерозподілу зусиль у пальному полі

В даному дослідженні беремо модель створену в розділі 2, і поступово змінюємо товщину фундаментної плити з метою визначення перерозподілу навантажень на палі.

В цьому дослідженні розміри товщини плити змінюємо в межах від 1000 мм до 150 мм. Плита під галереєю, стінка і самі палі залишаються незмінними.

Навантаження від силосу приймаємо незмінним, а навантаження від зміни товщини плити враховувати не будемо для кращої кореляції результатів.

Для кожного наступного розрахунку створюємо нову модель.

#### Приймаємо плиту товщиною 1000 мм.

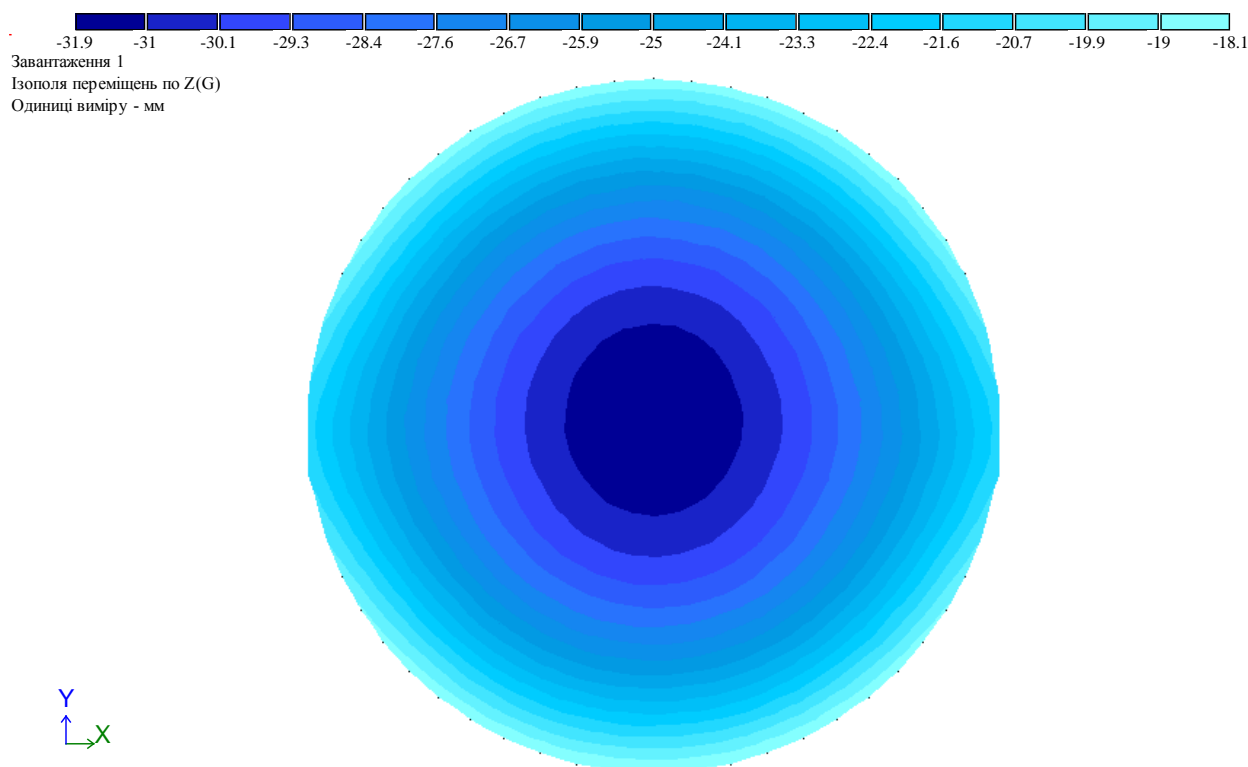


Рисунок 3.1 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм



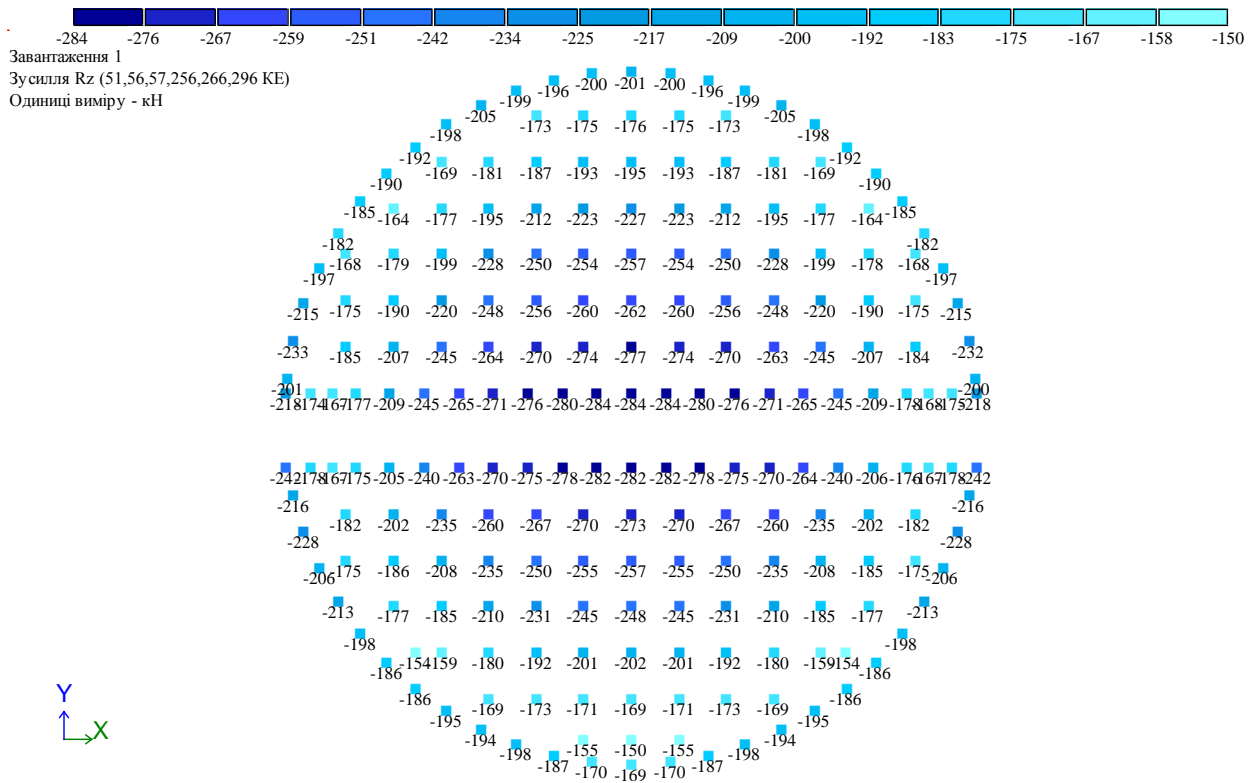


Рисунок 3.2 – Опір ґрунту на підшву паль Rz, кН

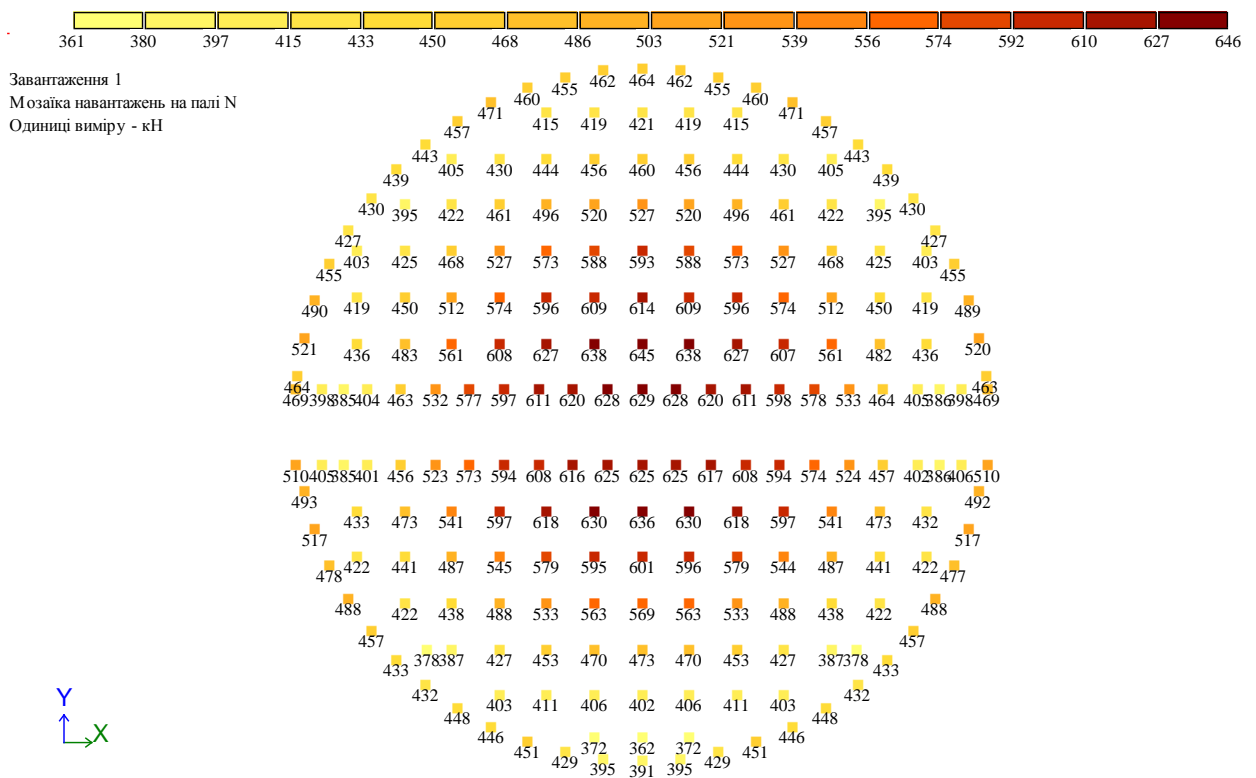


Рисунок 3.3 – Навантаження на палі, кН

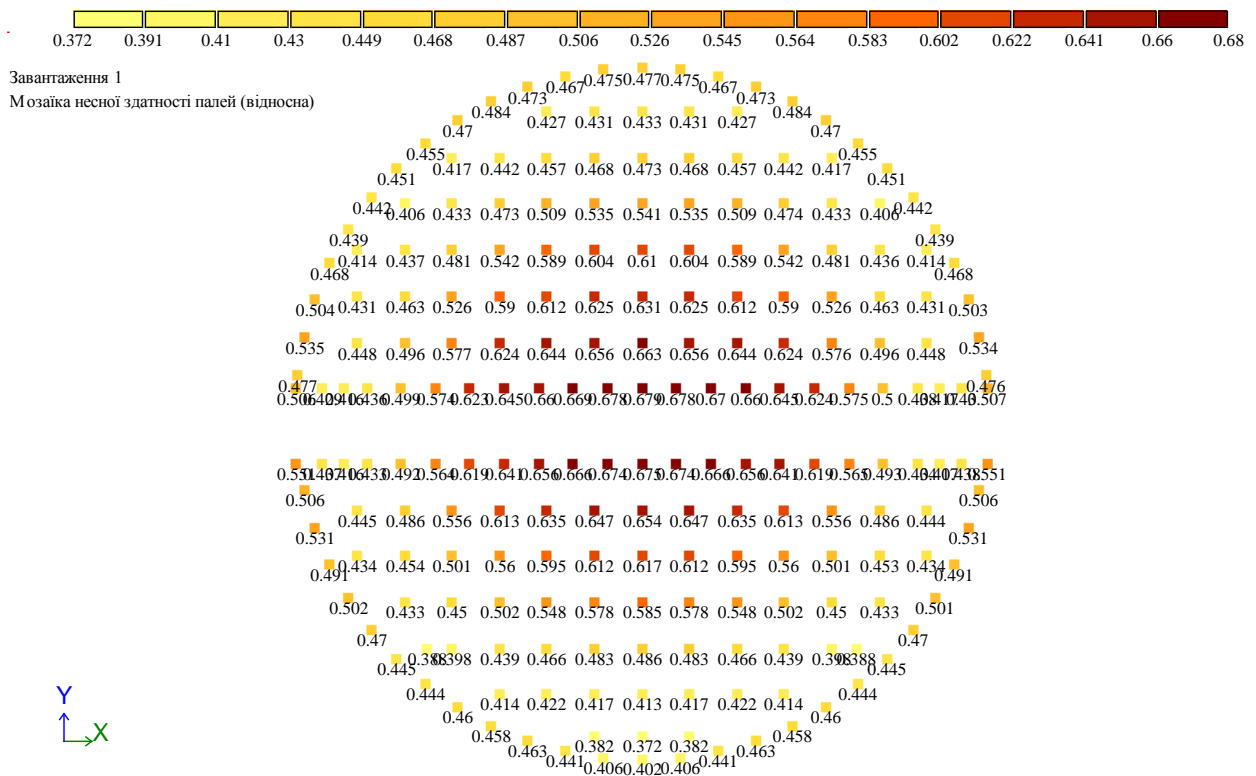


Рисунок 3.4 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 800 мм.**

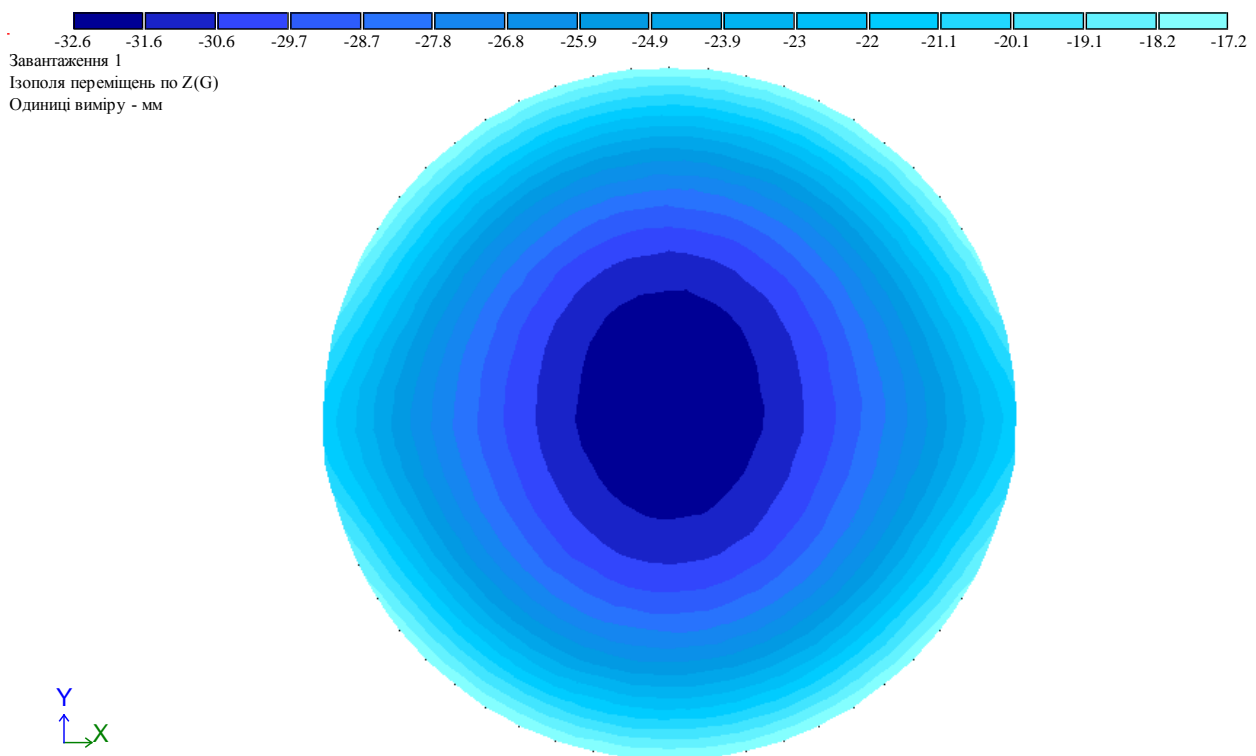


Рисунок 3.5 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм

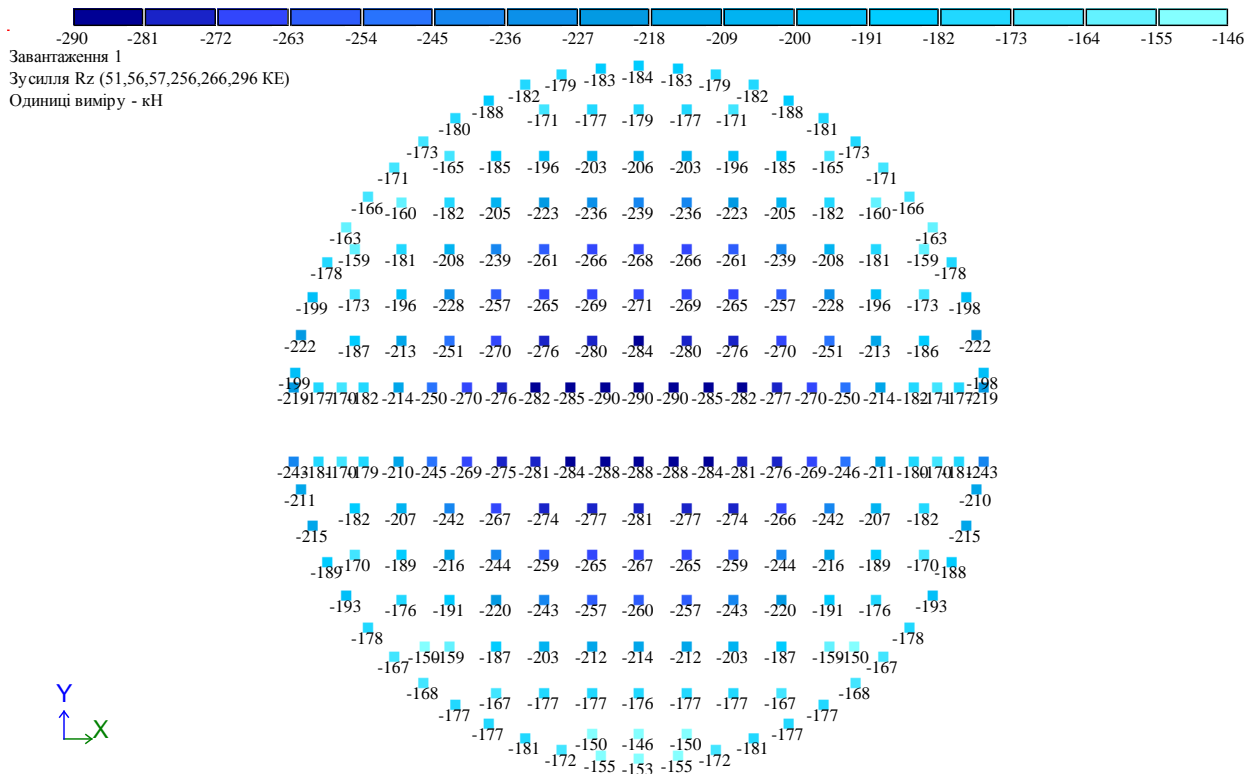


Рисунок 3.6 – Опір ґрунту на підшву паль  $R_z$ , кН

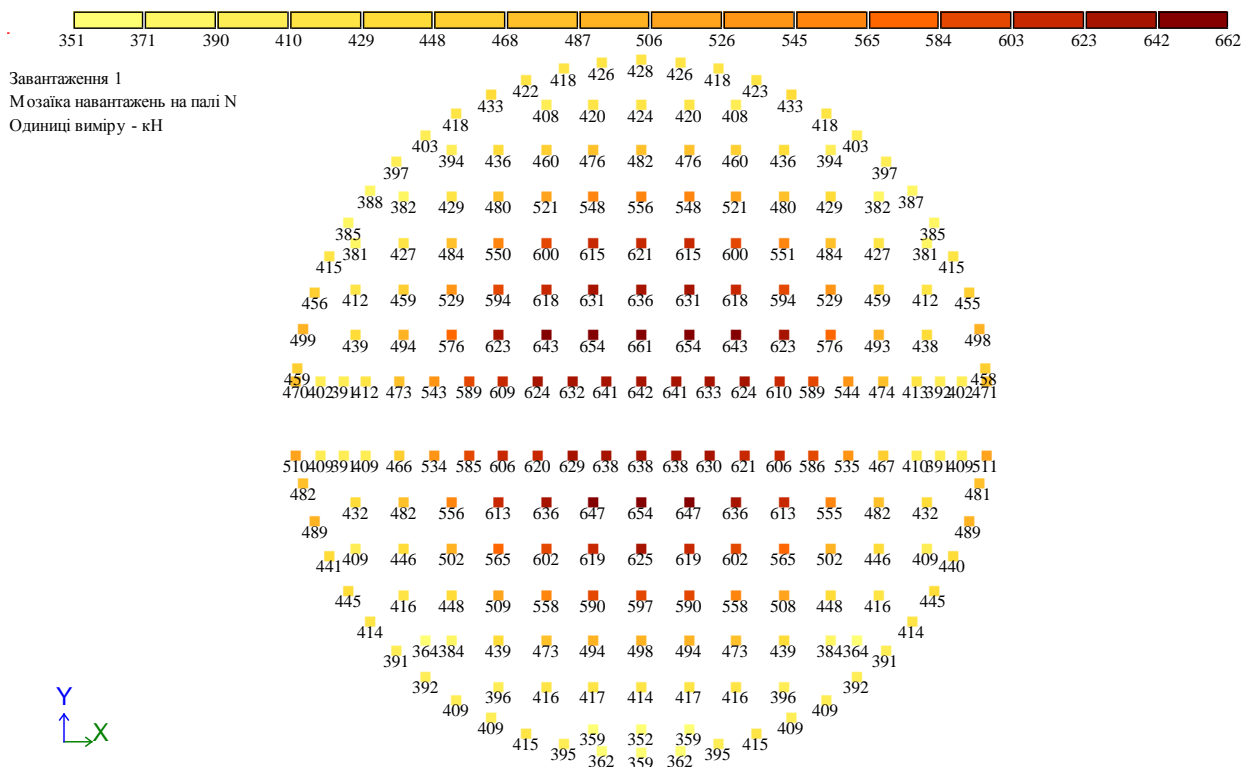


Рисунок 3.7 – Навантаження на палі, кН

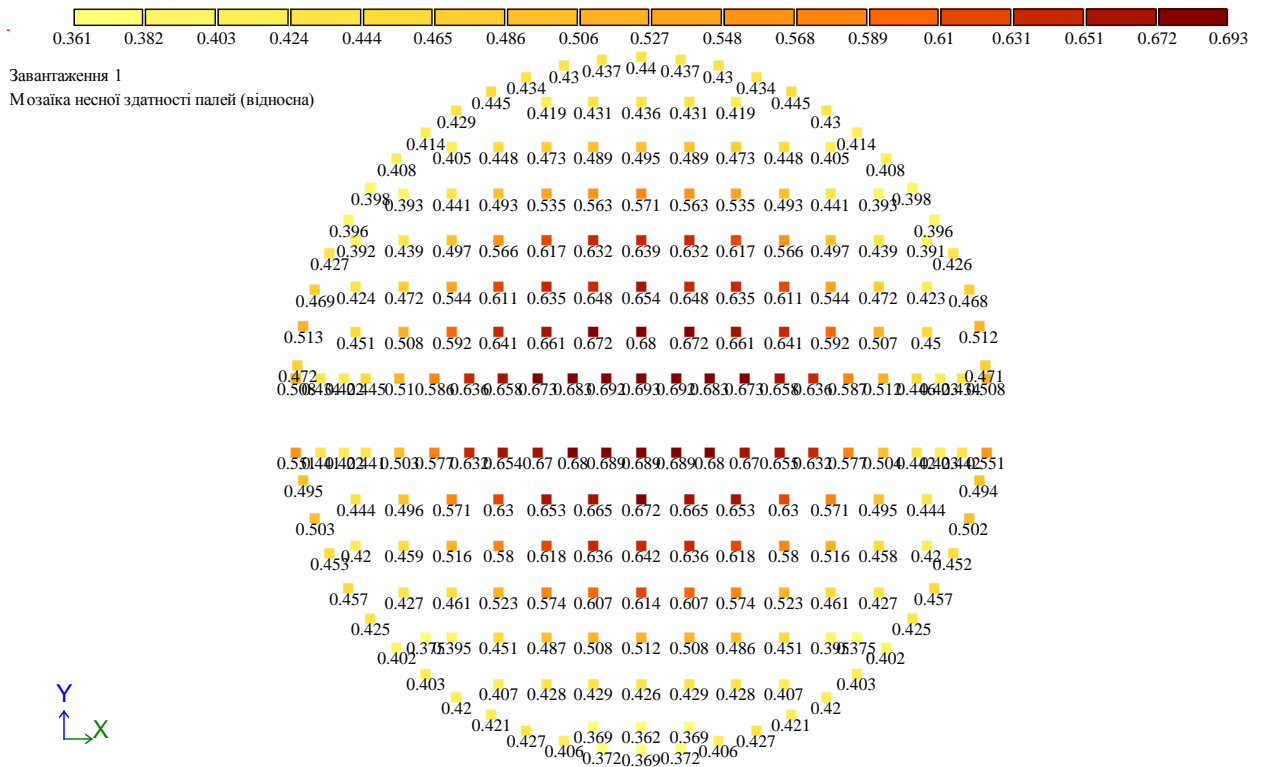


Рисунок 3.8 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 600 мм.**

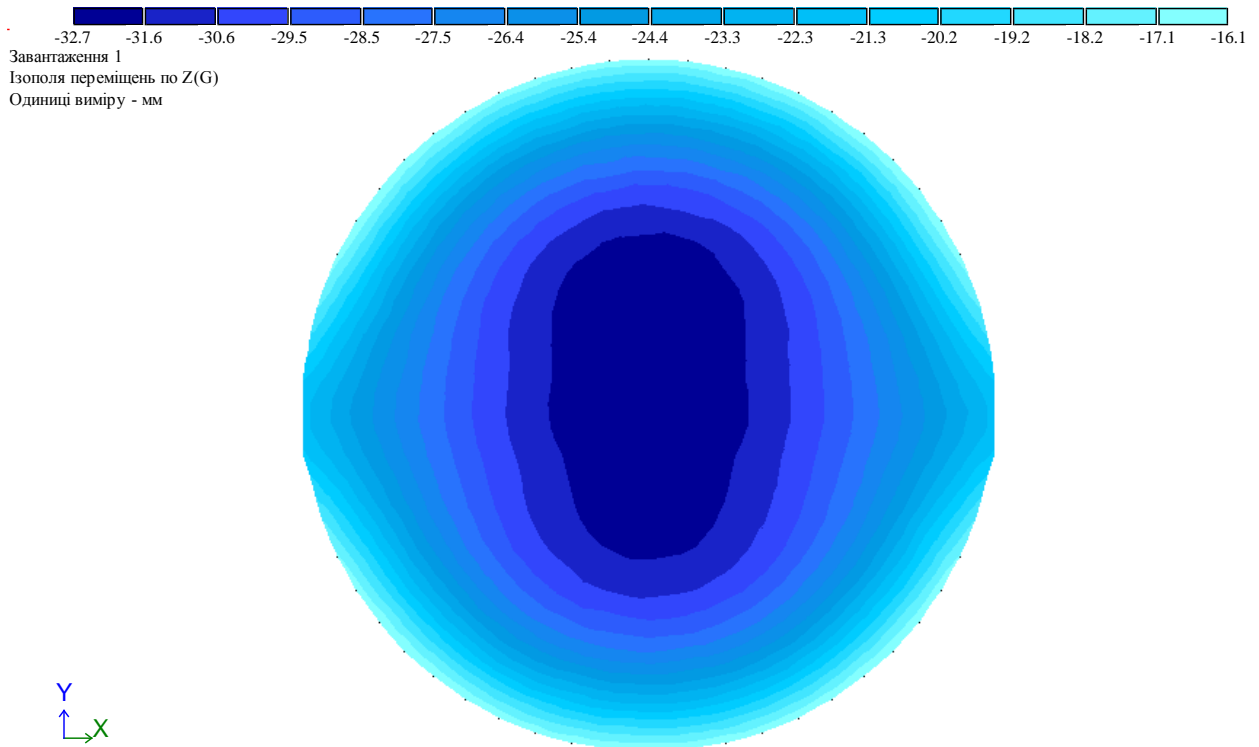


Рисунок 3.9 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм

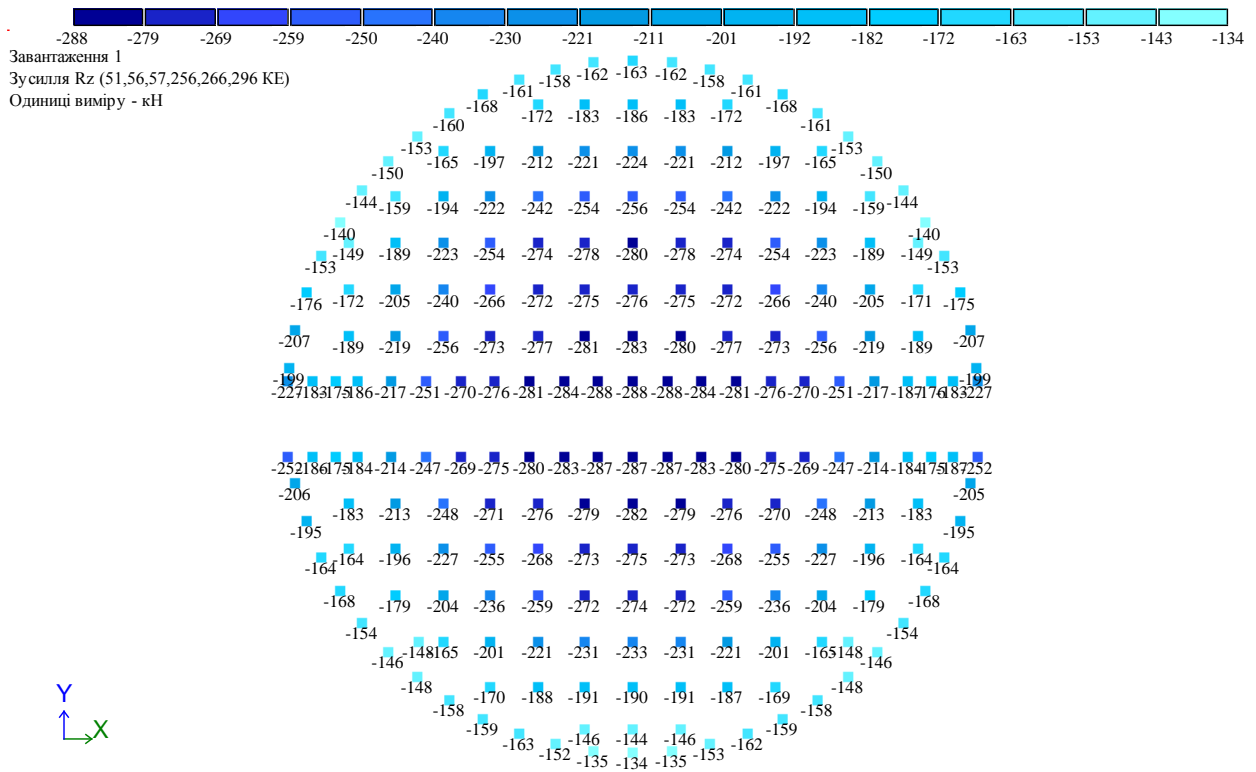


Рисунок 3.10 – Опір ґрунту на підшву палі  $R_z$ , кН

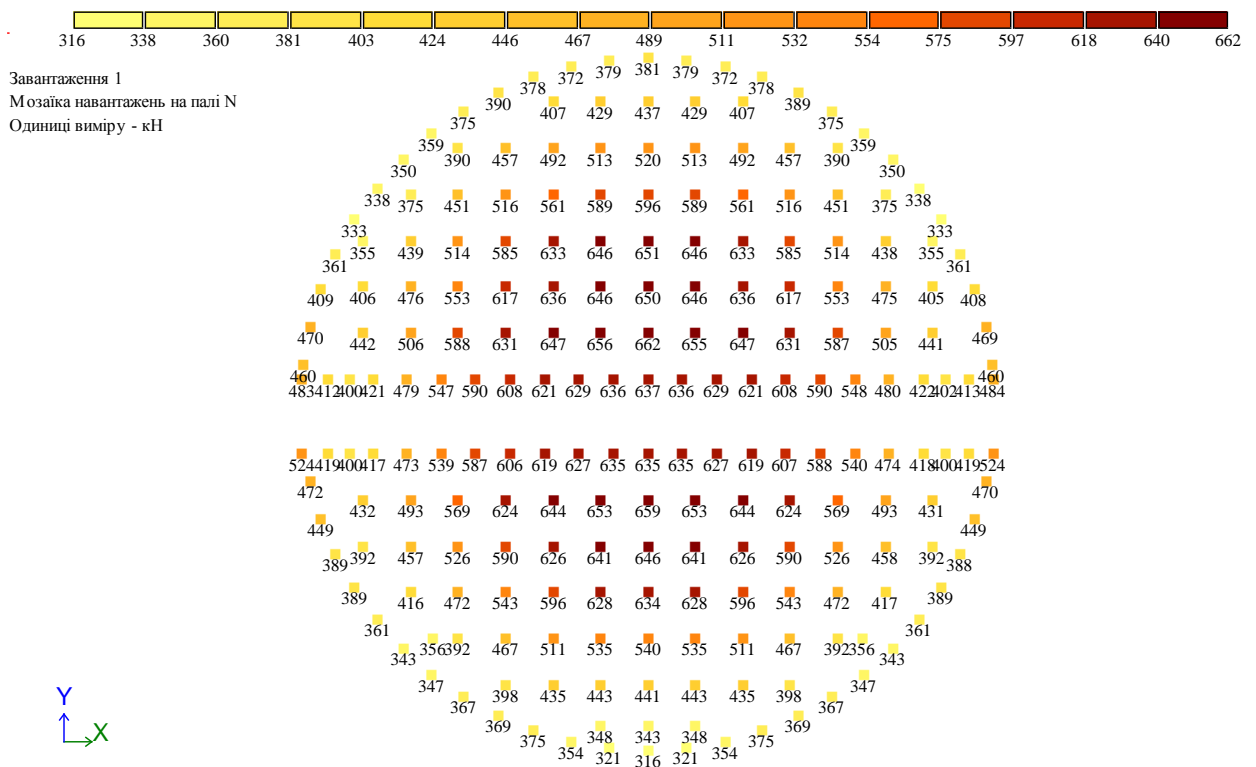


Рисунок 3.11 – Навантаження на палі, кН

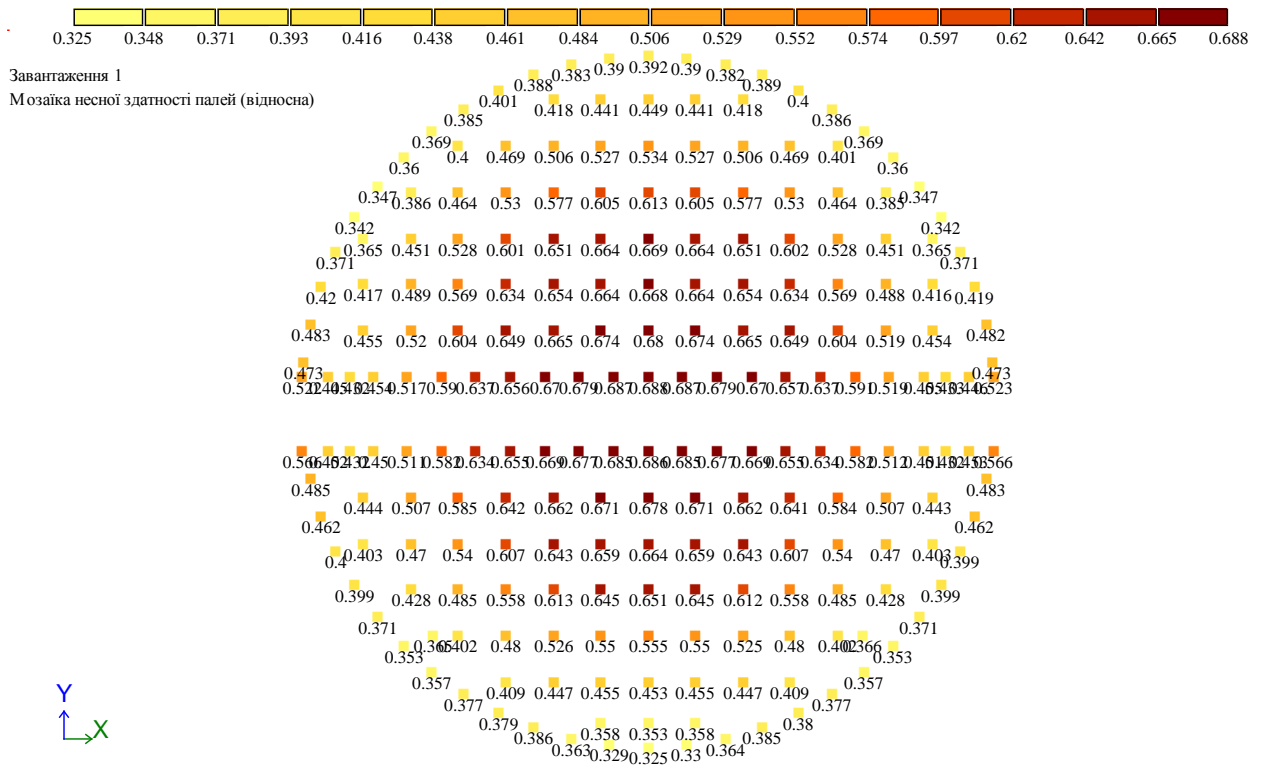


Рисунок 3.12 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 500 мм.**

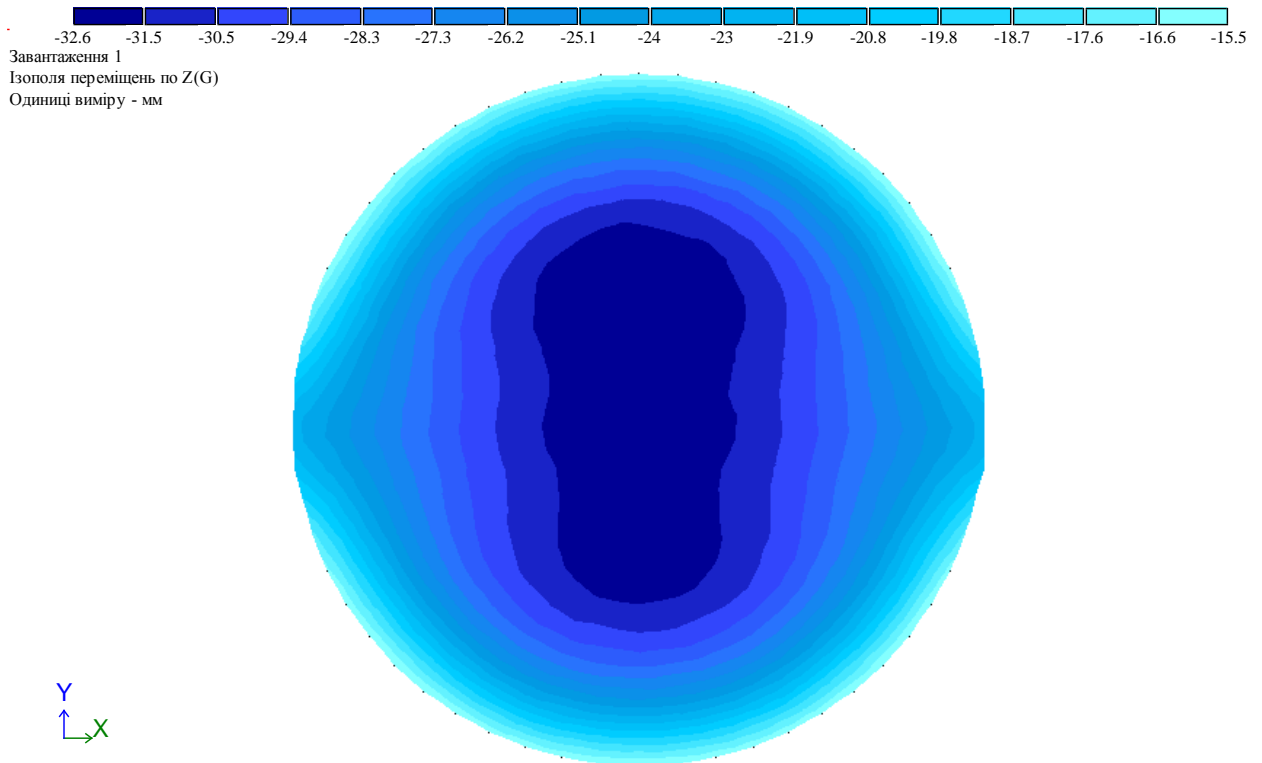


Рисунок 3.13 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм

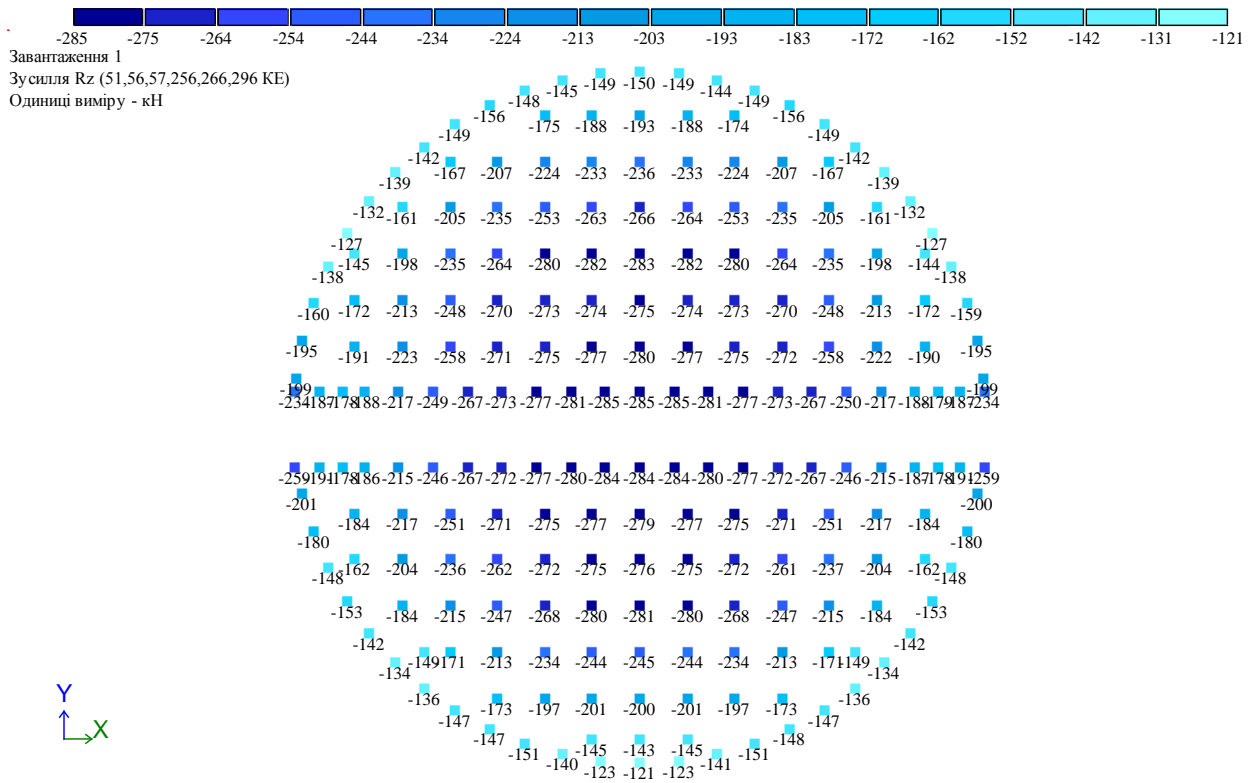


Рисунок 3.14 – Опір ґрунту на підшву палі  $R_z$ , кН

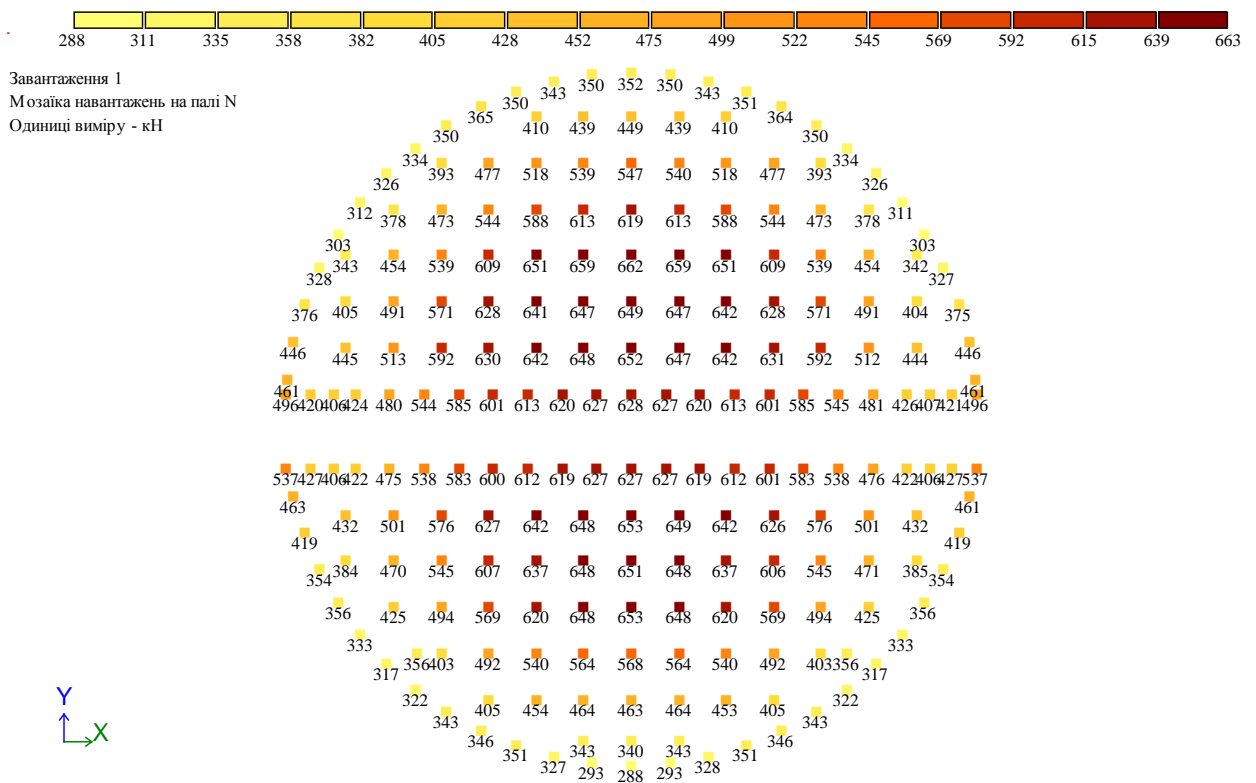


Рисунок 3.15 – Навантаження на палі, кН

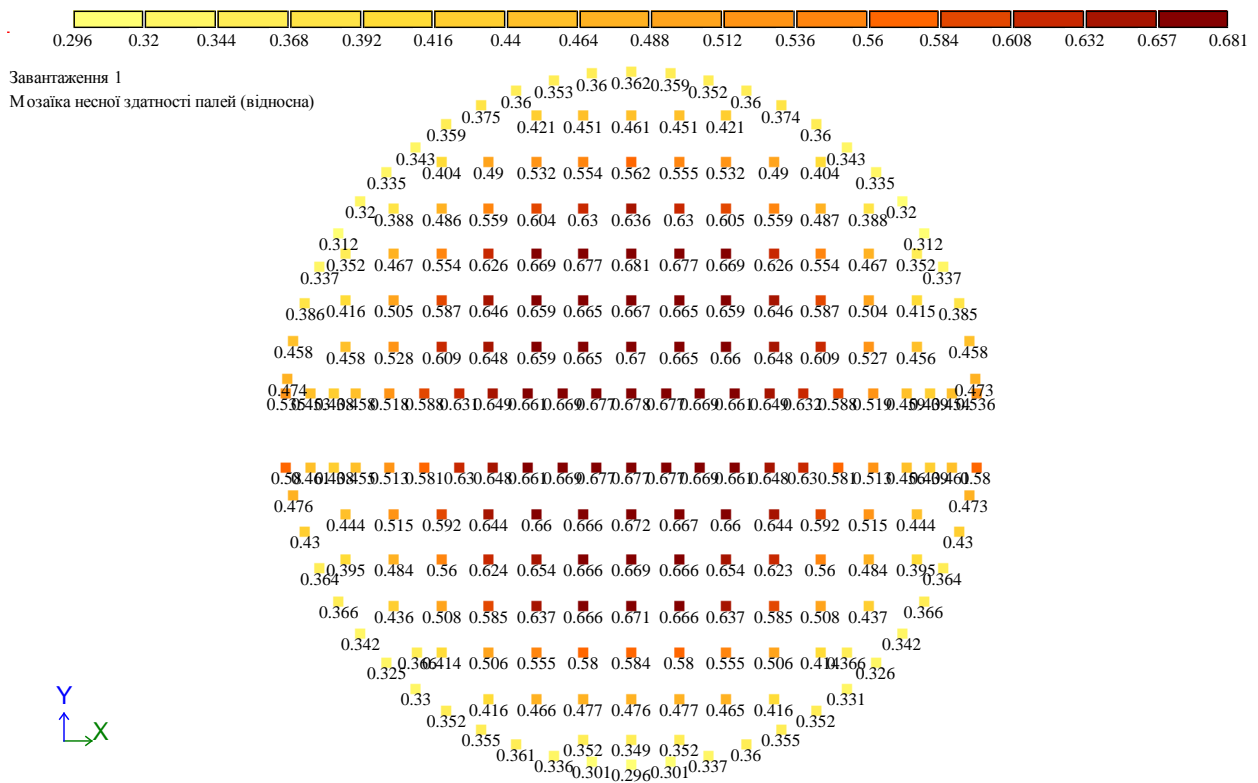


Рисунок 3.16 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 400 мм.**

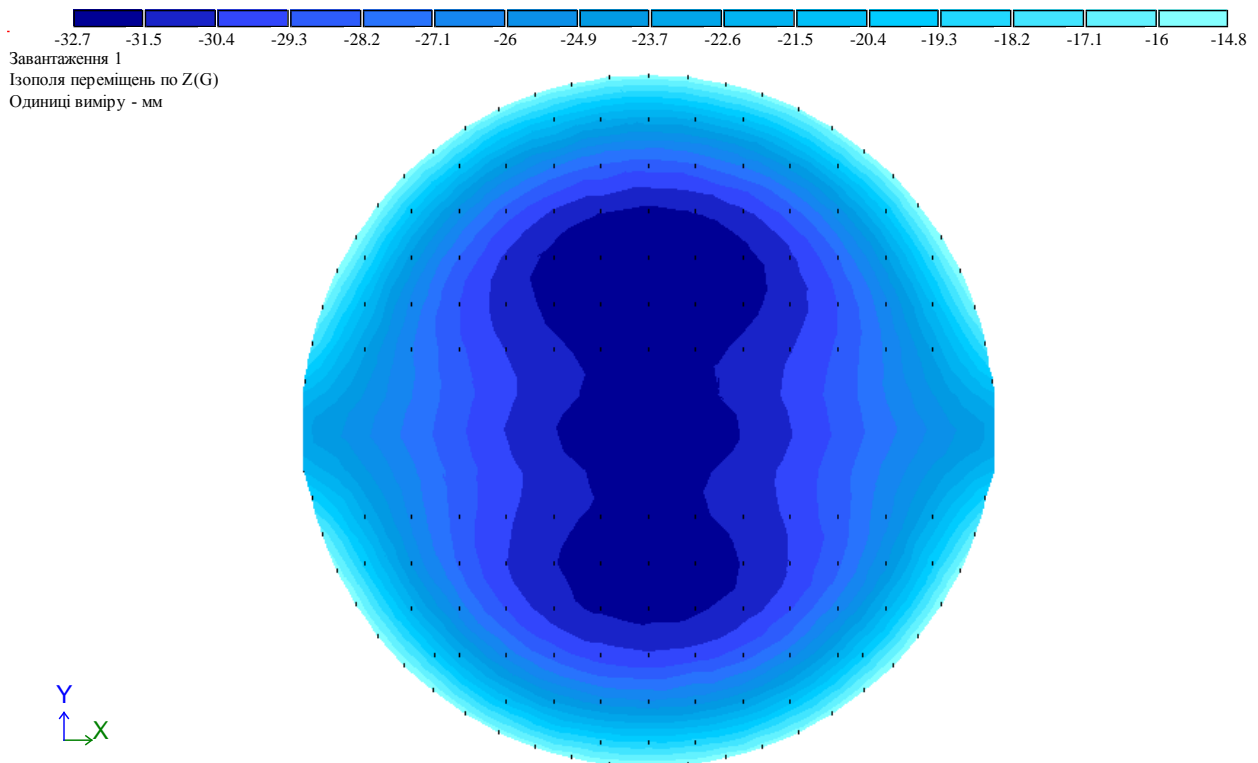


Рисунок 3.17 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм



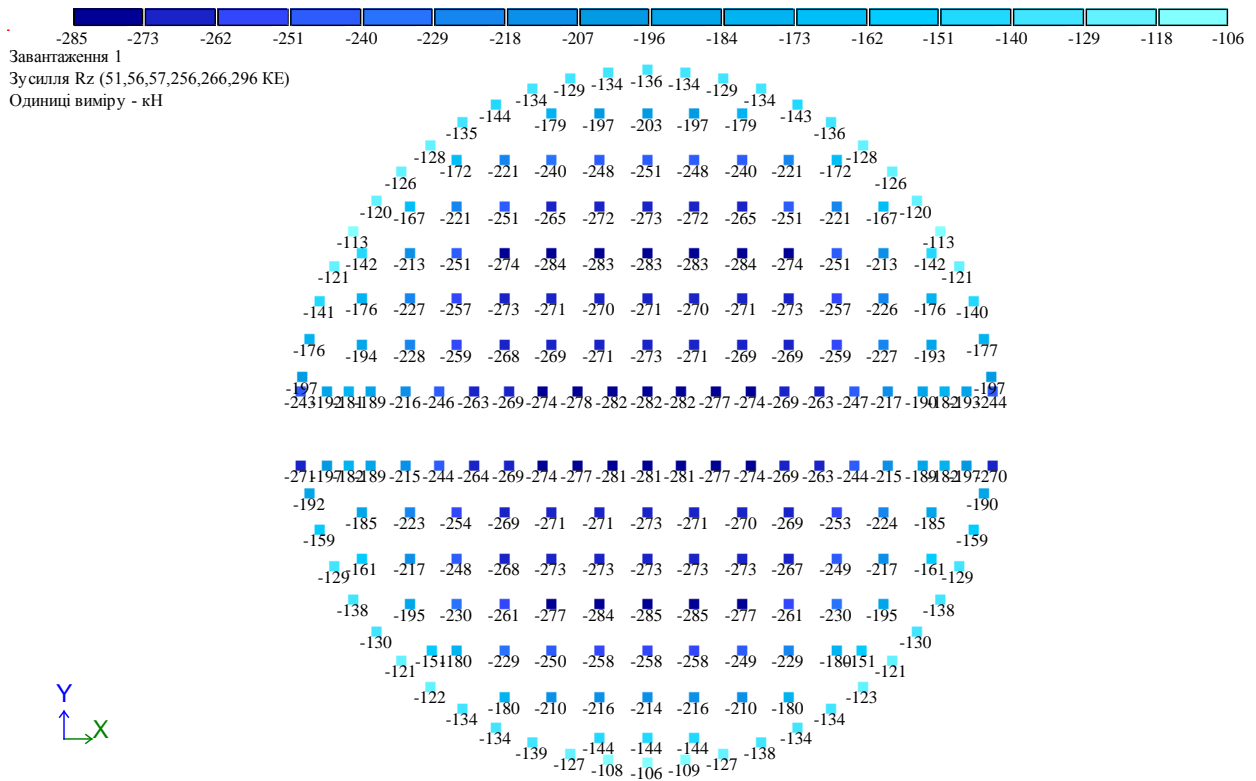


Рисунок 3.18 – Опір ґрунту на підшву палі  $R_z$ , кН

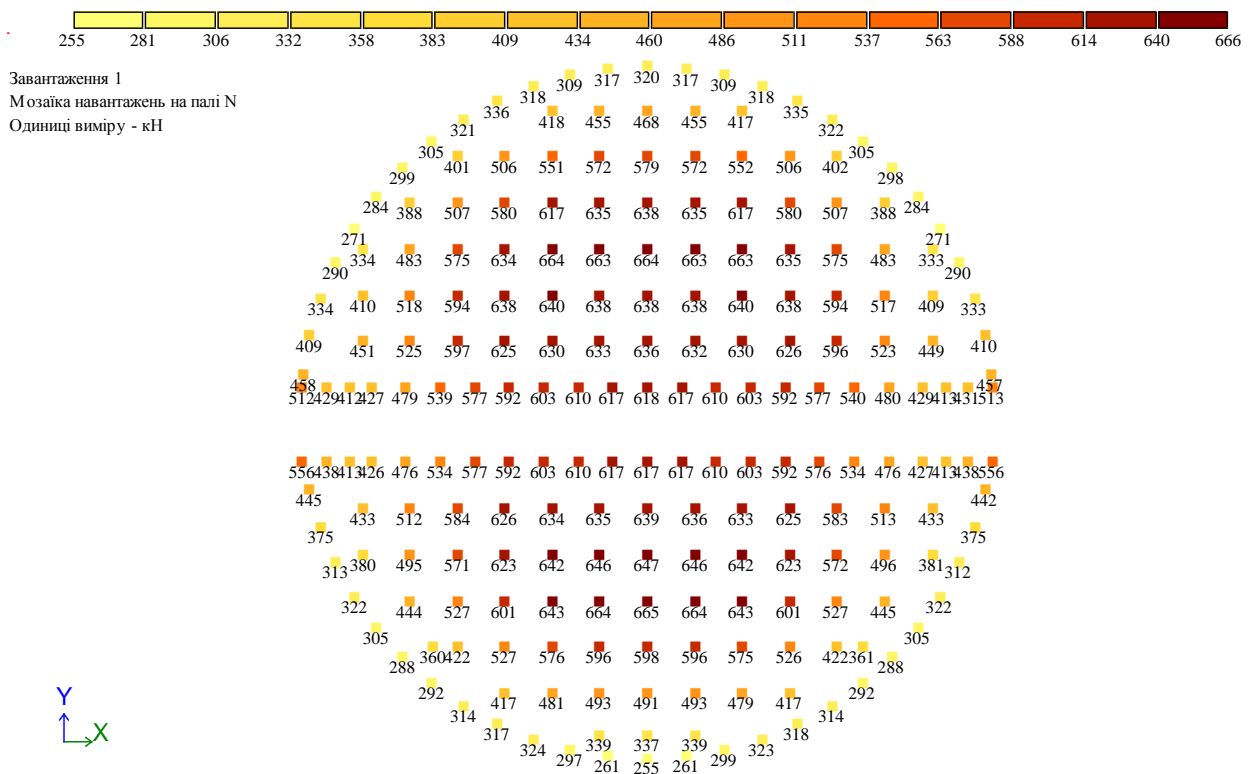


Рисунок 3.19 – Навантаження на палі, кН

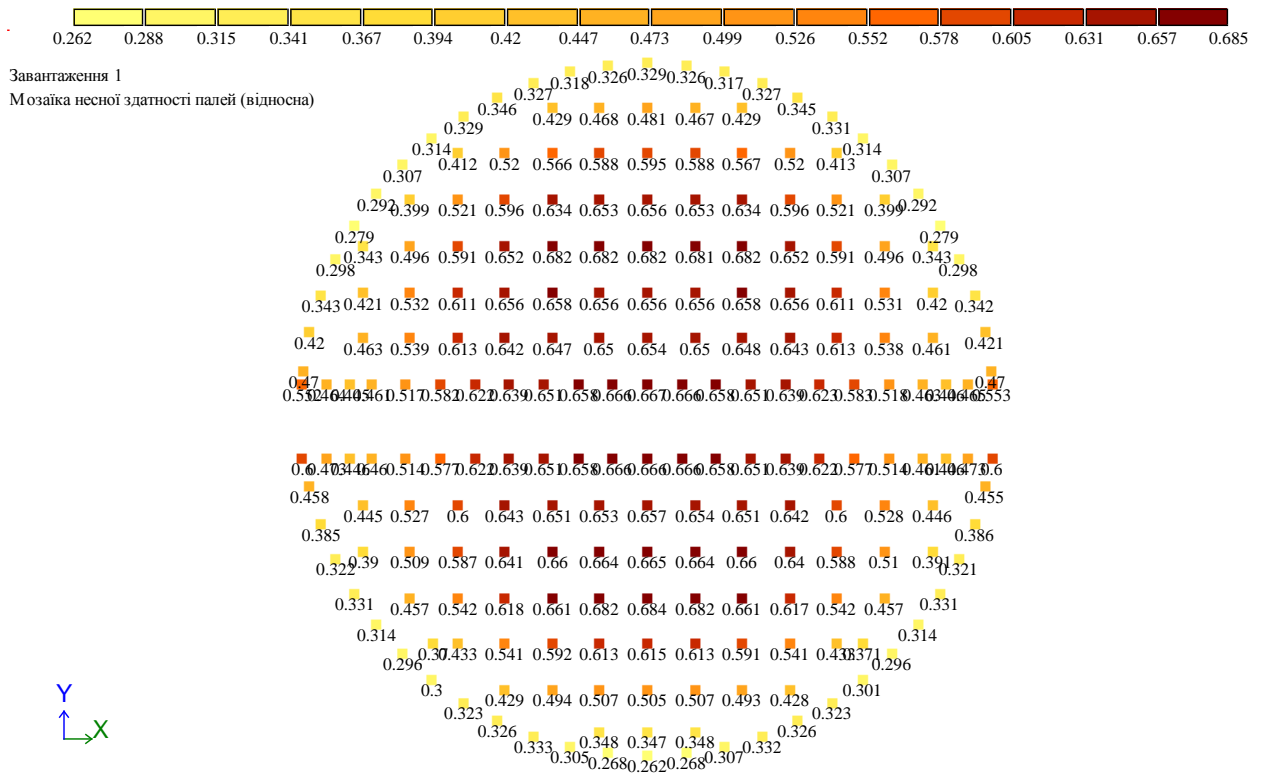


Рисунок 3.20 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 300 мм.**

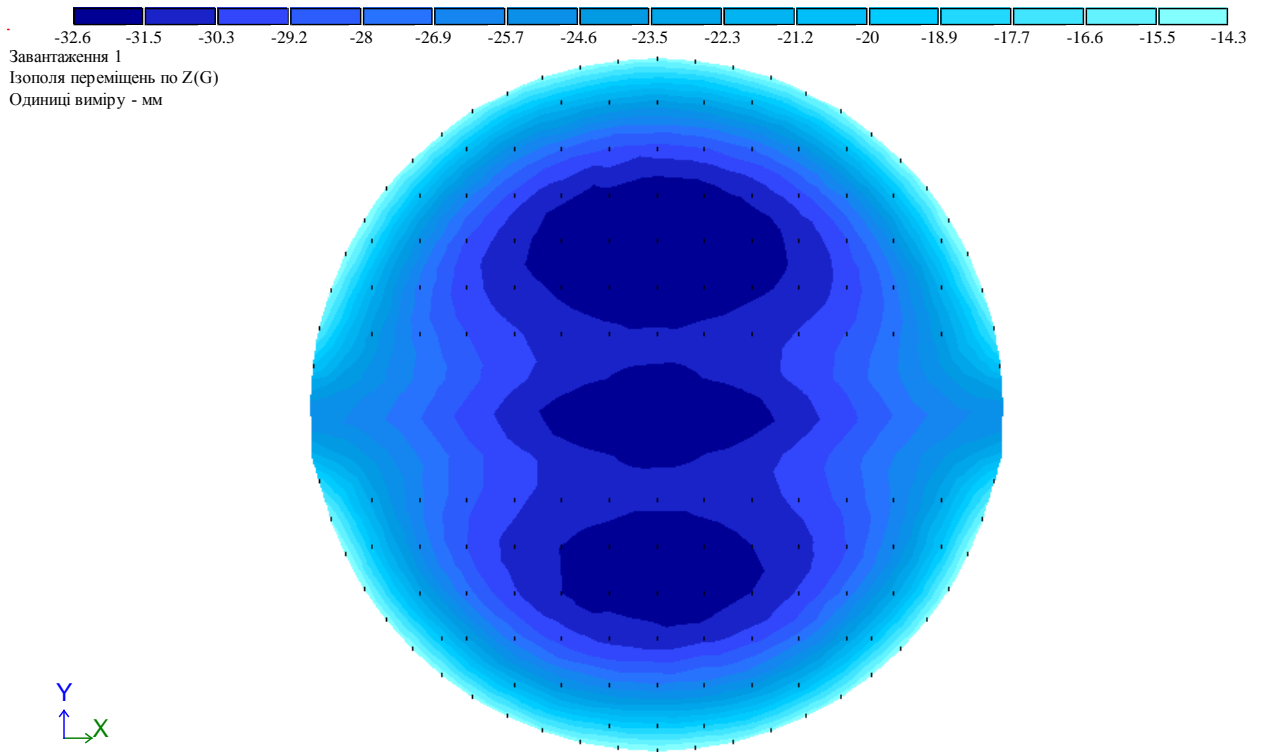


Рисунок 3.21 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм

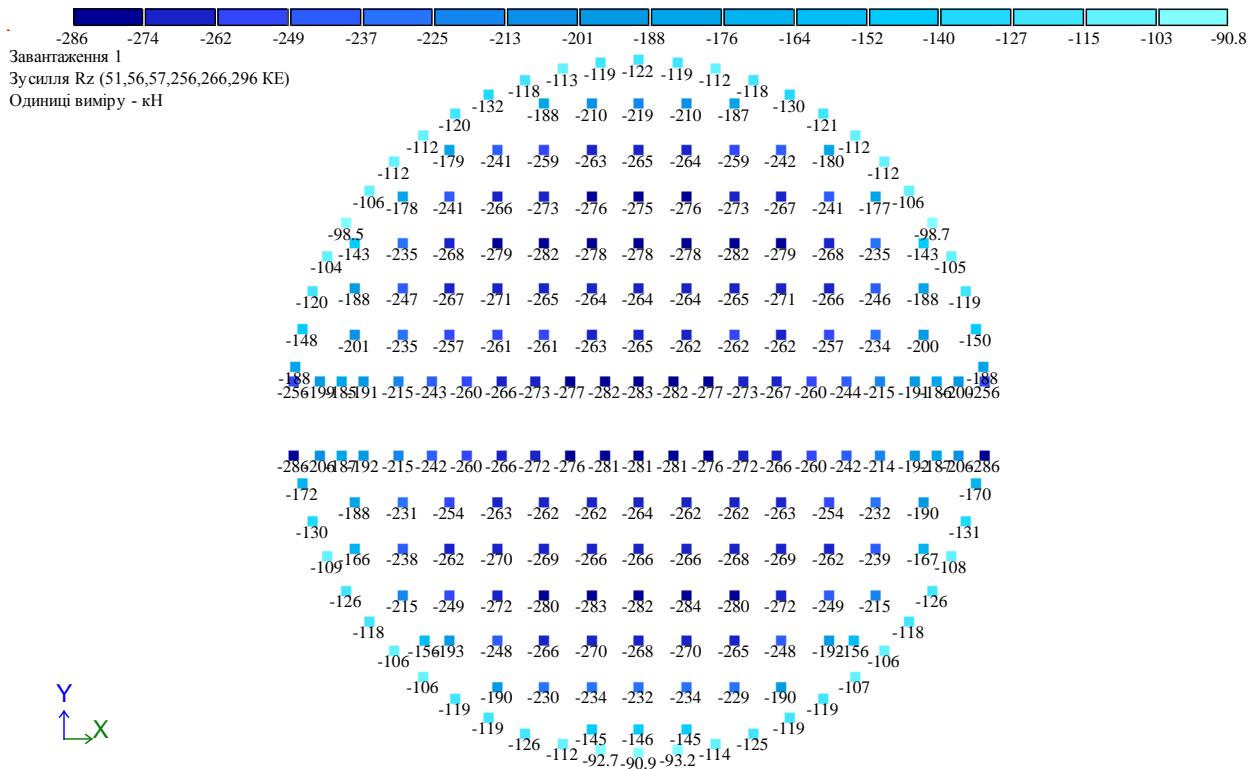


Рисунок 3.22 – Опір ґрунту на підшву паль  $R_z$ , кН

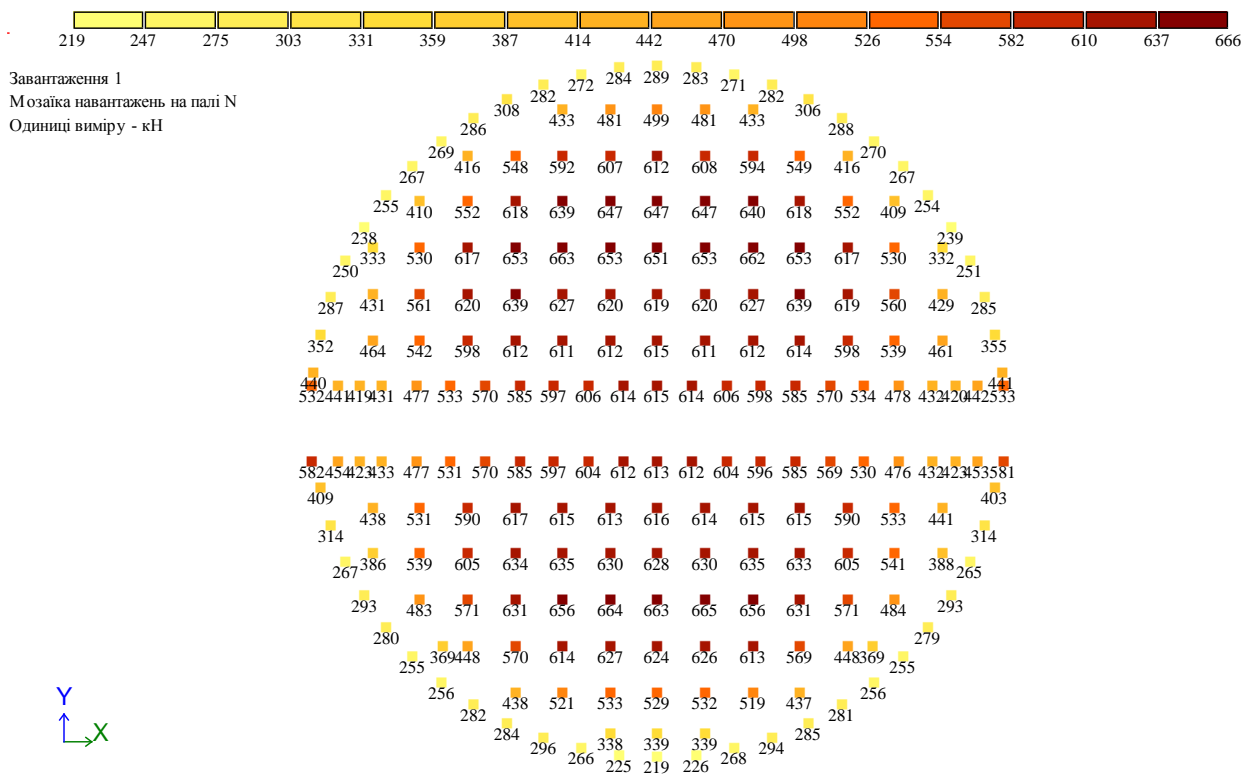


Рисунок 3.23 – Навантаження на палі, кН

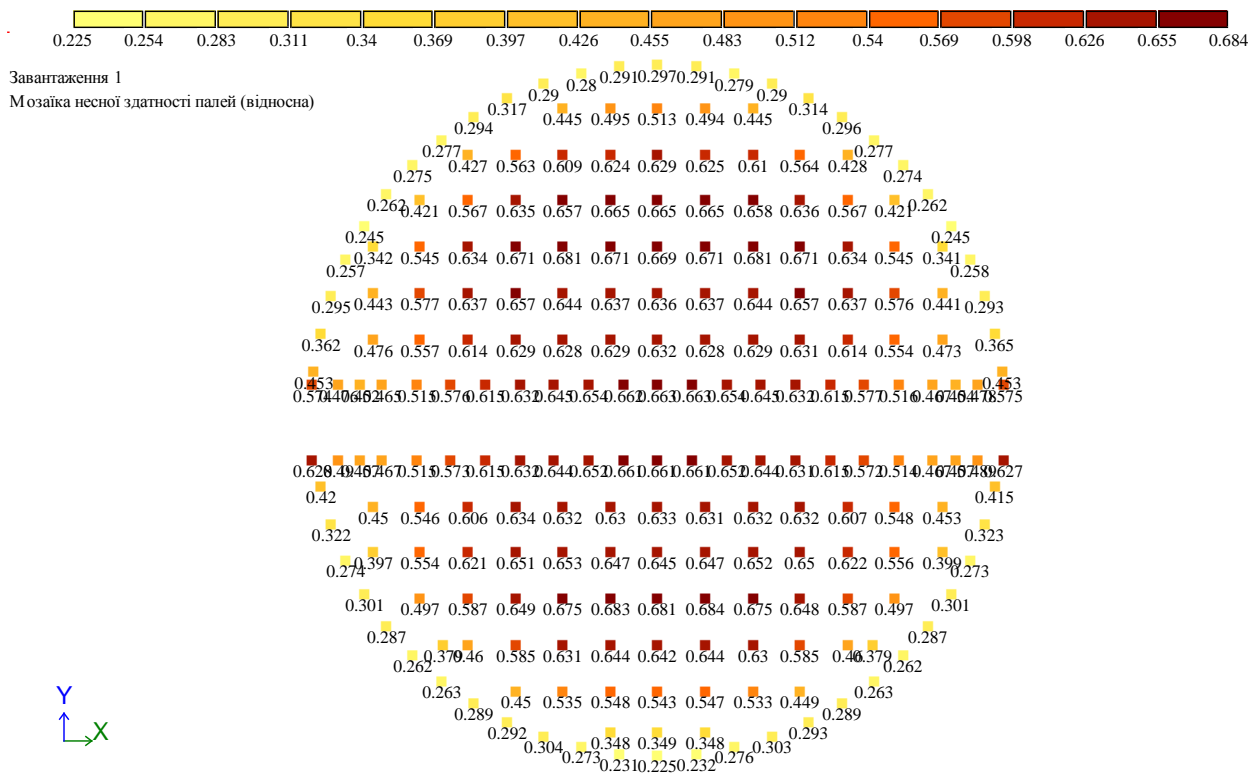


Рисунок 3.24 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 250 мм.**

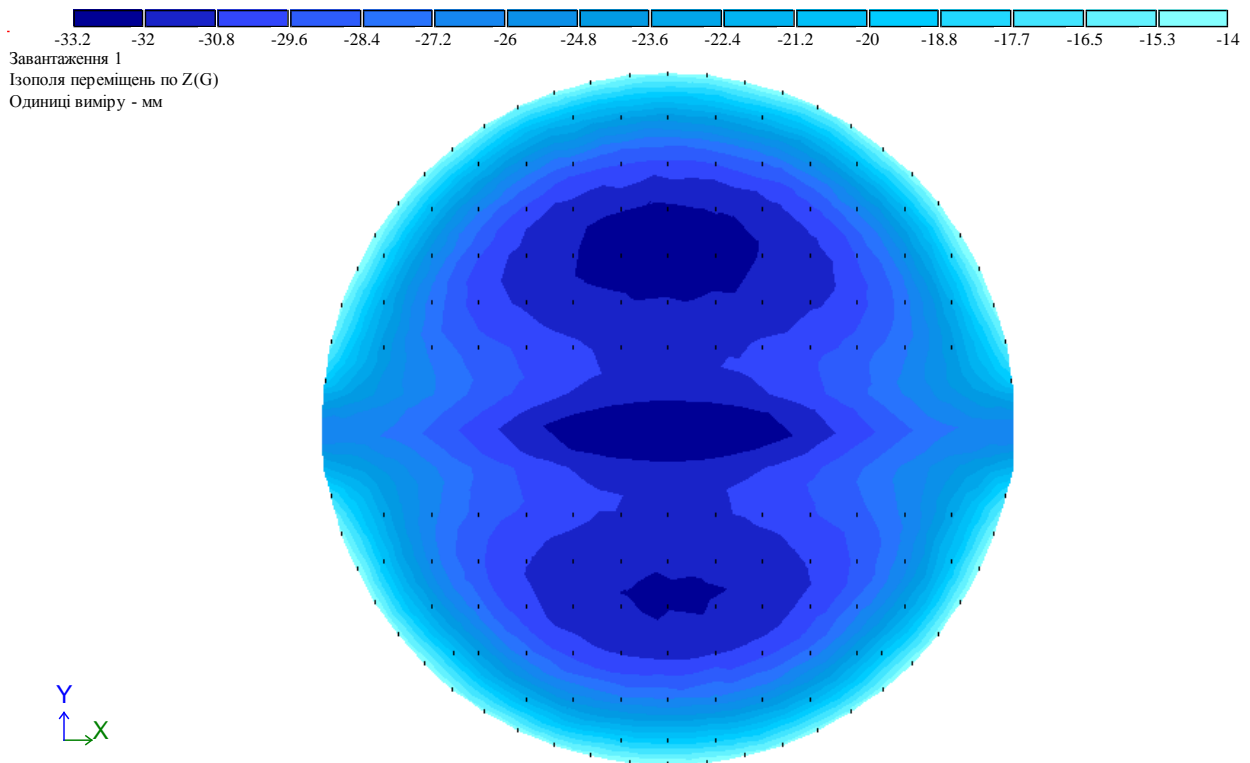


Рисунок 3.25 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм

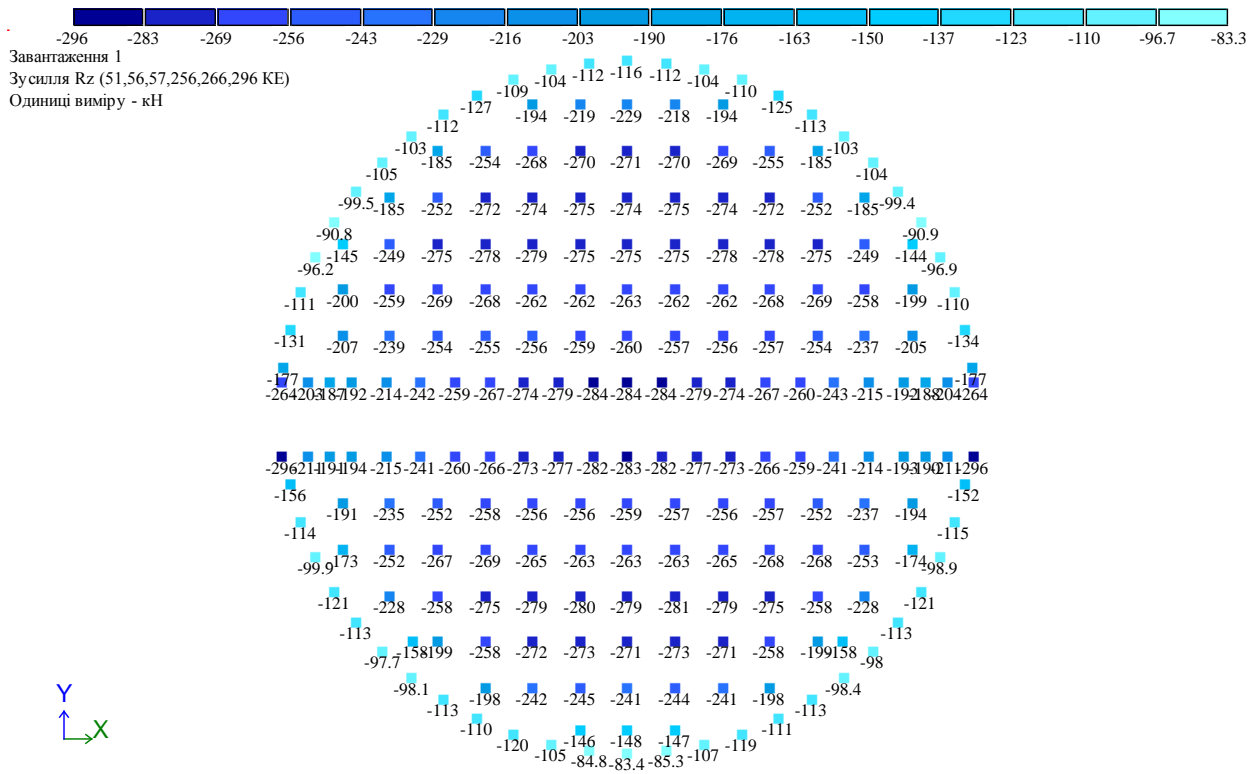


Рисунок 3.26 – Опір ґрунту на підшву паль  $R_z$ , кН

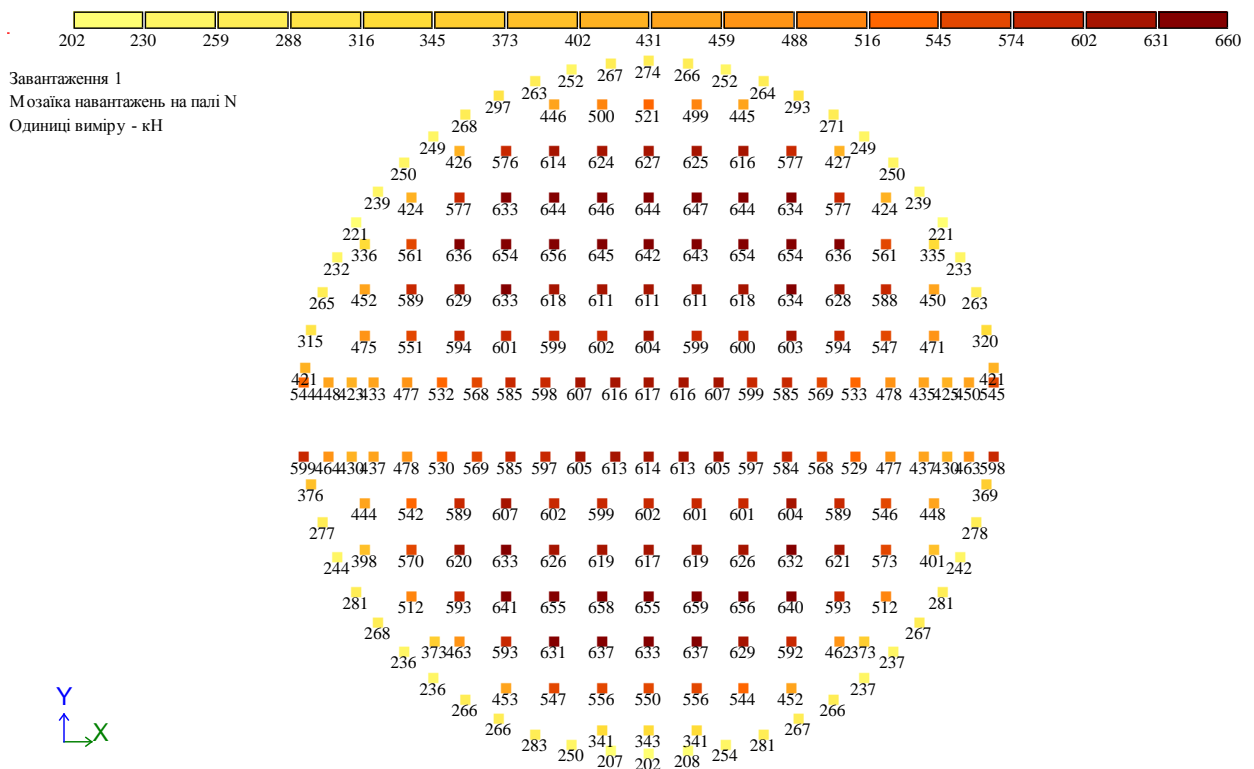


Рисунок 3.27 – Навантаження на палі, кН

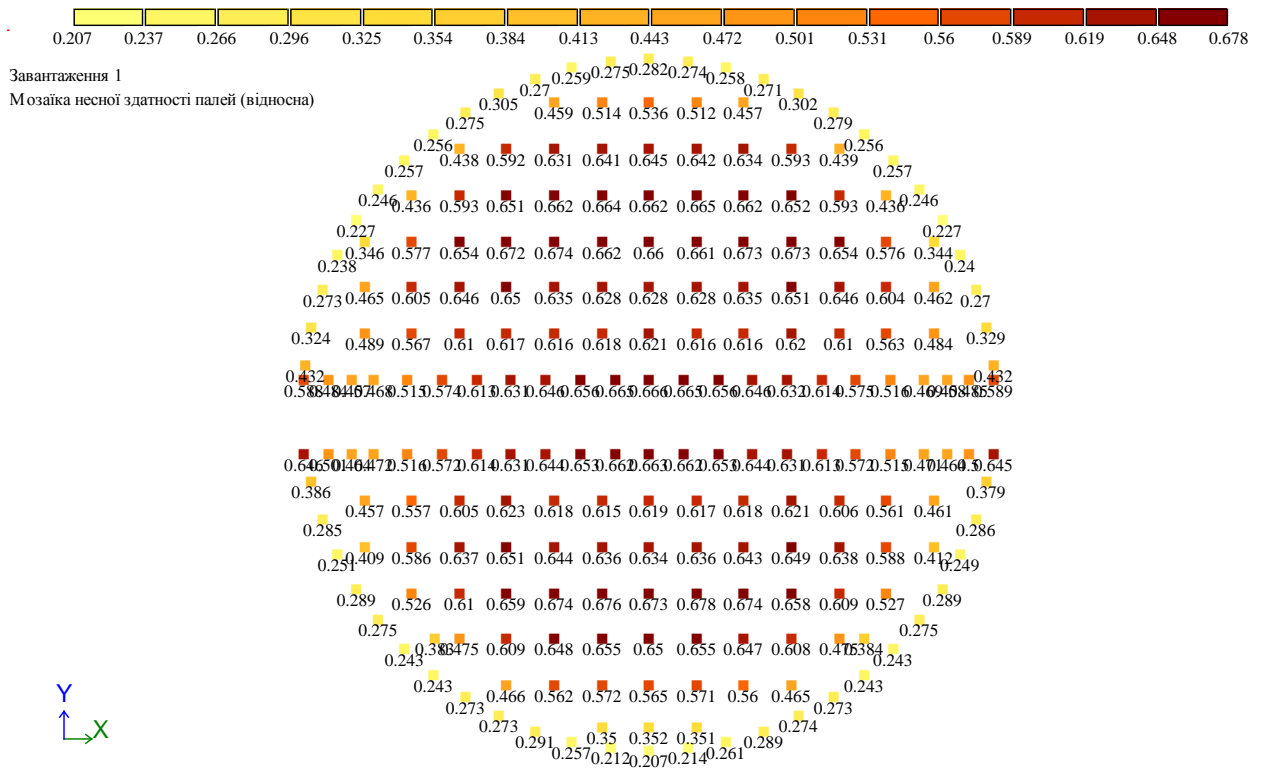


Рисунок 3.28 – Використання паль  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 200 мм.**

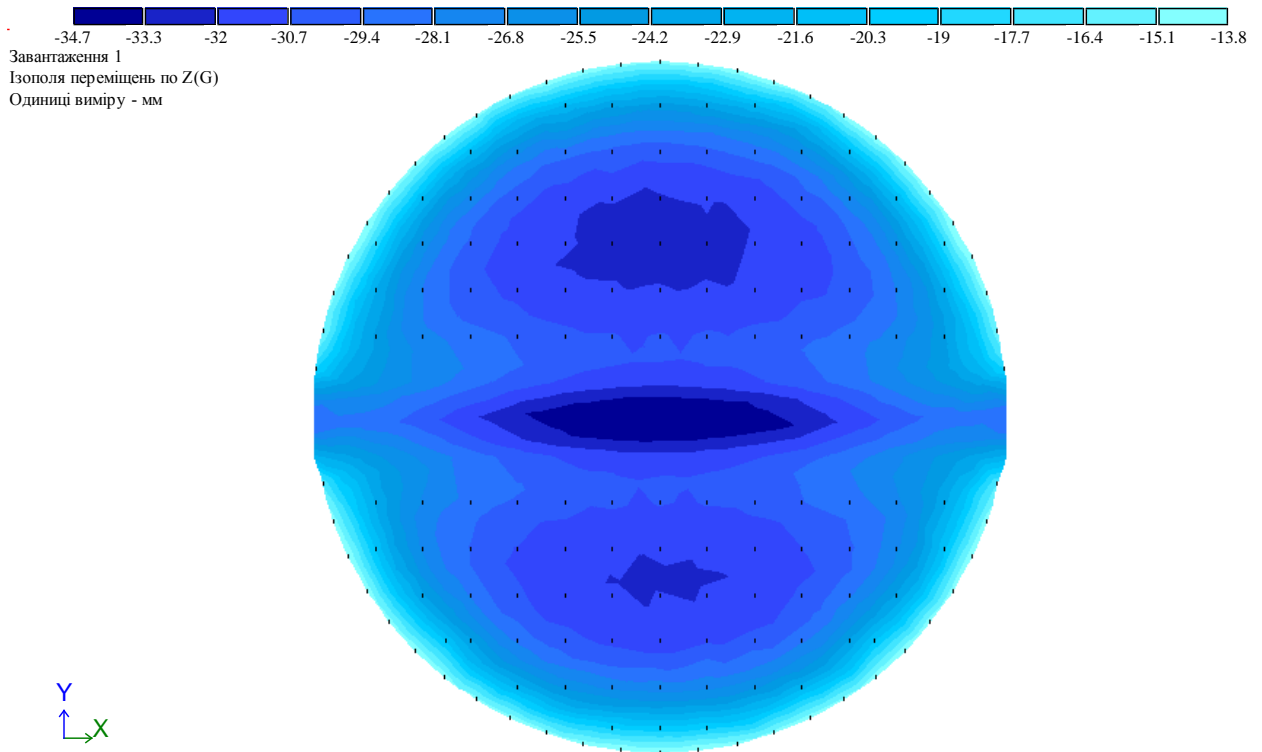


Рисунок 3.29 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм

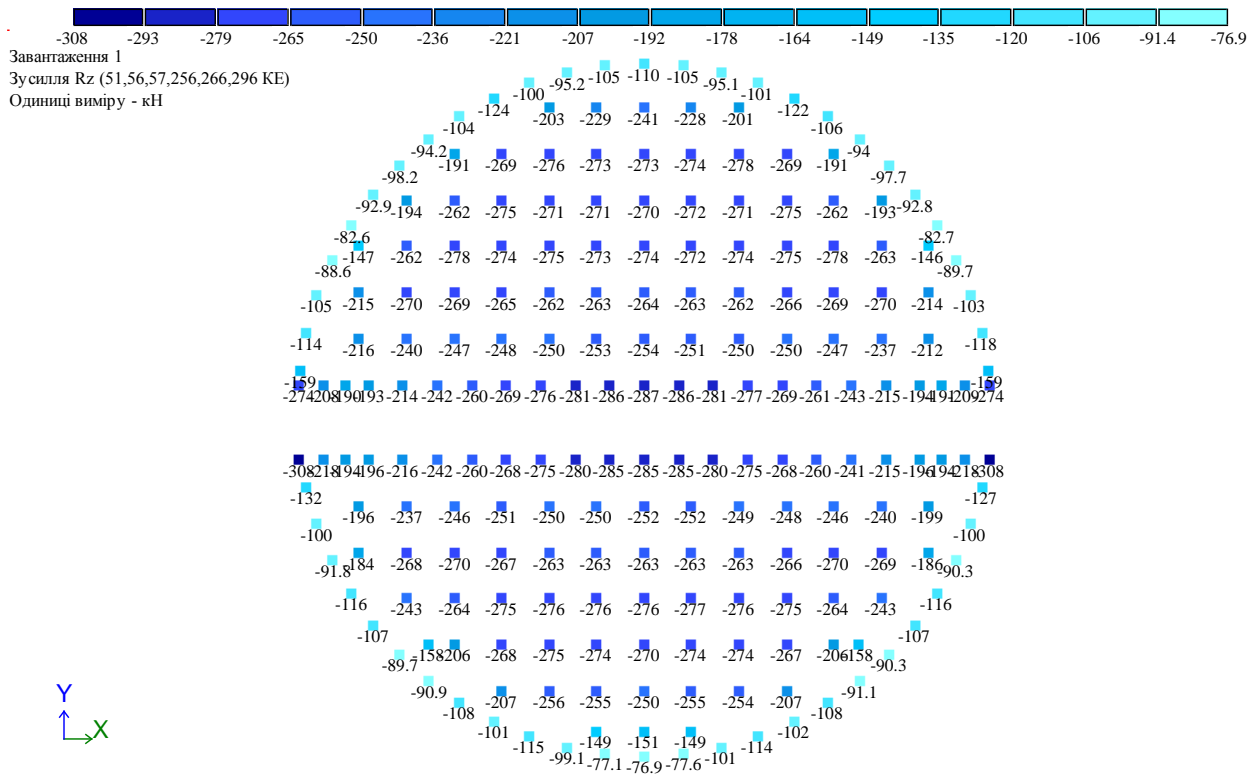


Рисунок 3.30 – Опір ґрунту на підшві паль  $R_z$ , кН

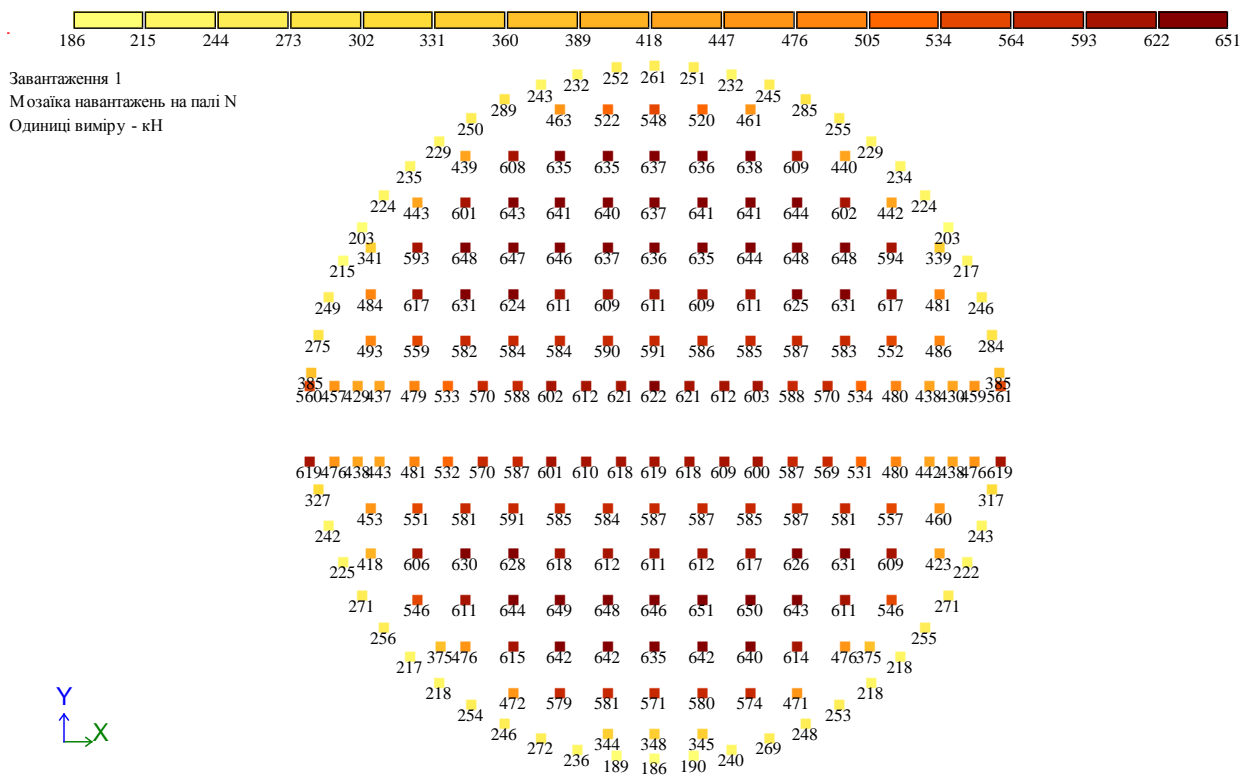


Рисунок 3.31 – Навантаження на палі, кН

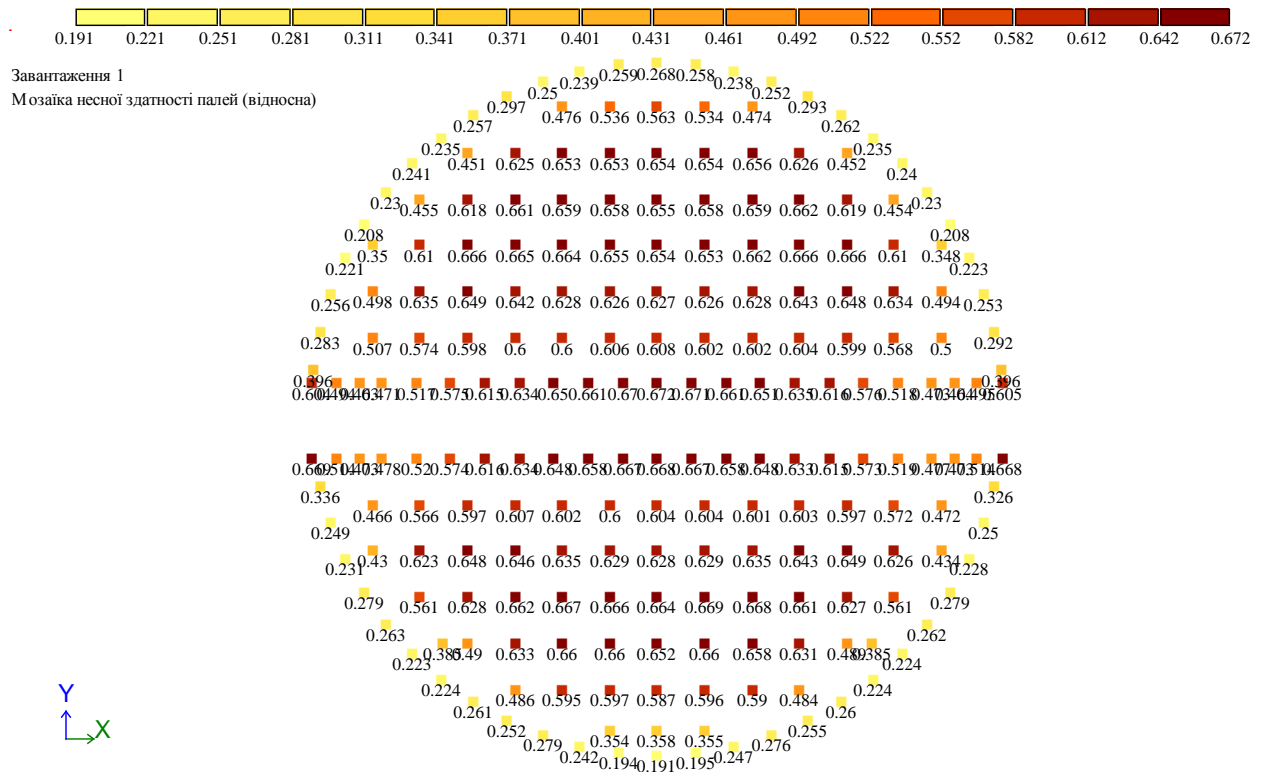


Рисунок 3.32 – Використання палей  $N/F_d$

**Приймаємо плиту товщиною 150 мм.**

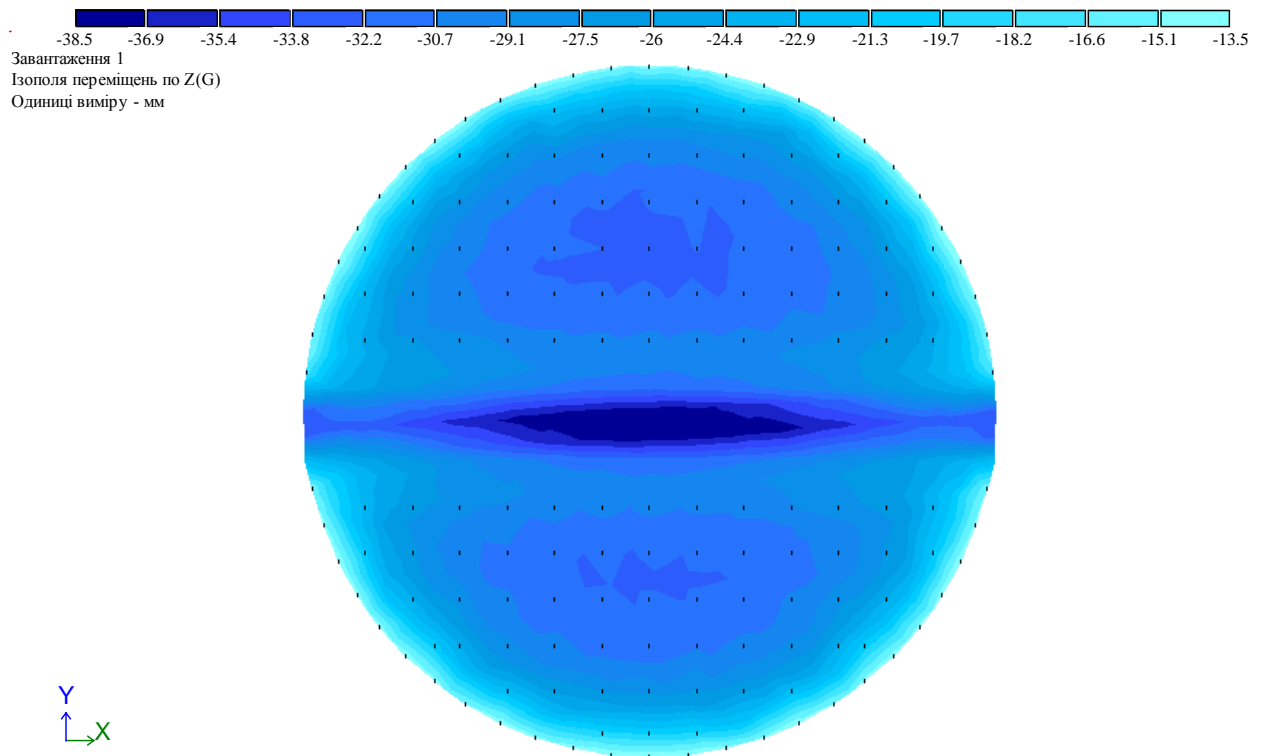


Рисунок 3.33 – Ізополя переміщення фундаментної плити по осі Z, мм



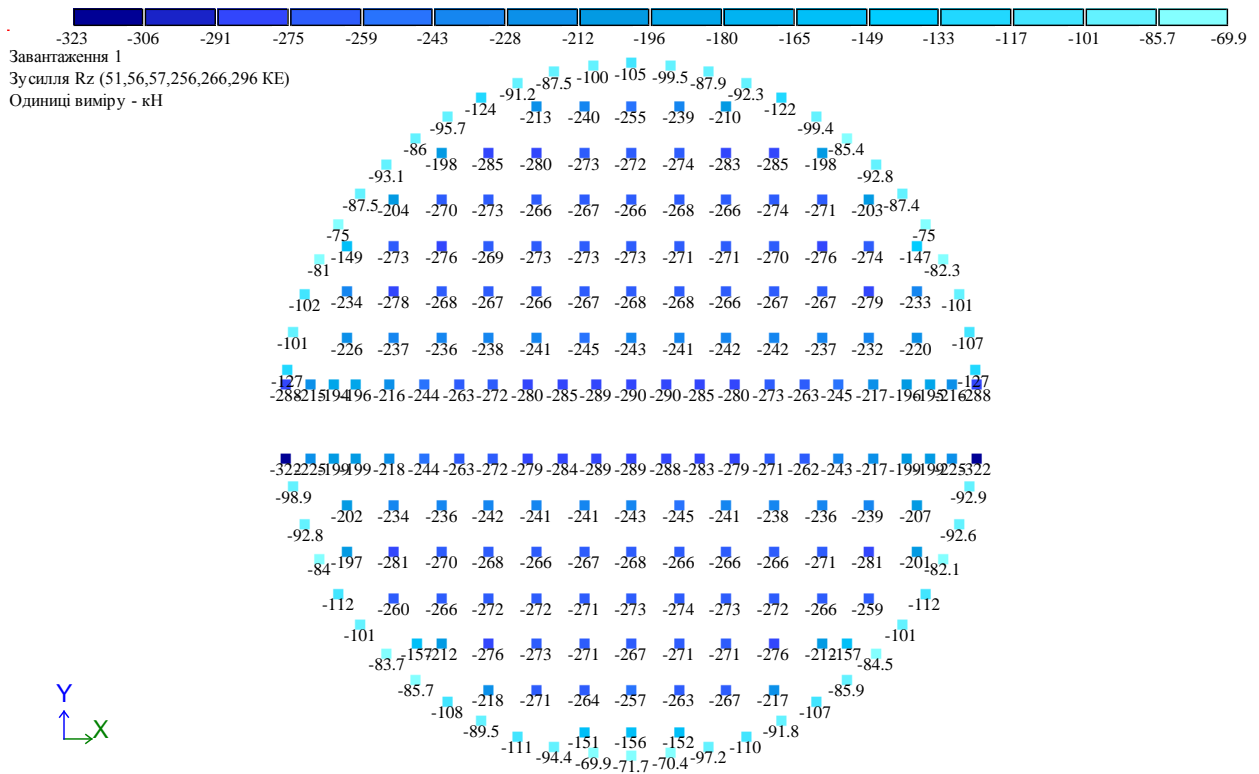


Рисунок 3.34 – Опір ґрунту на підшву паль  $R_z$ , кН

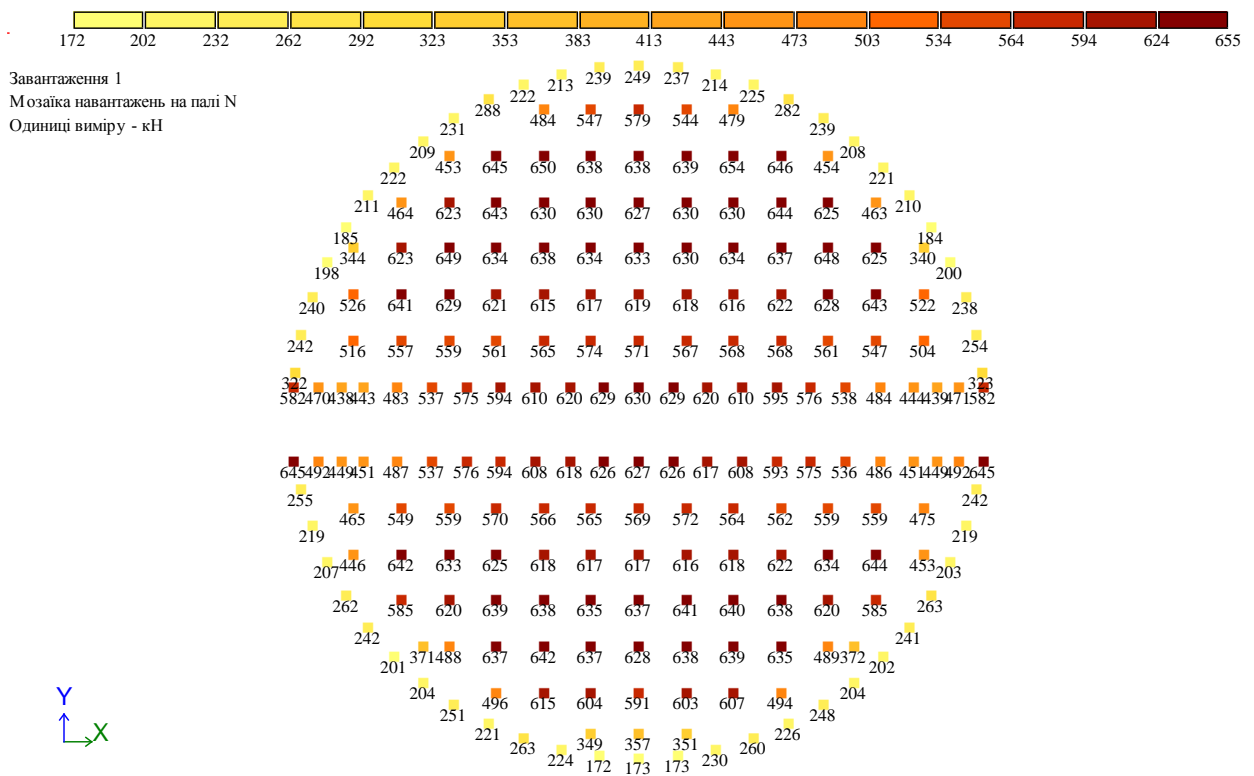


Рисунок 3.35 – Навантаження на палі, кН

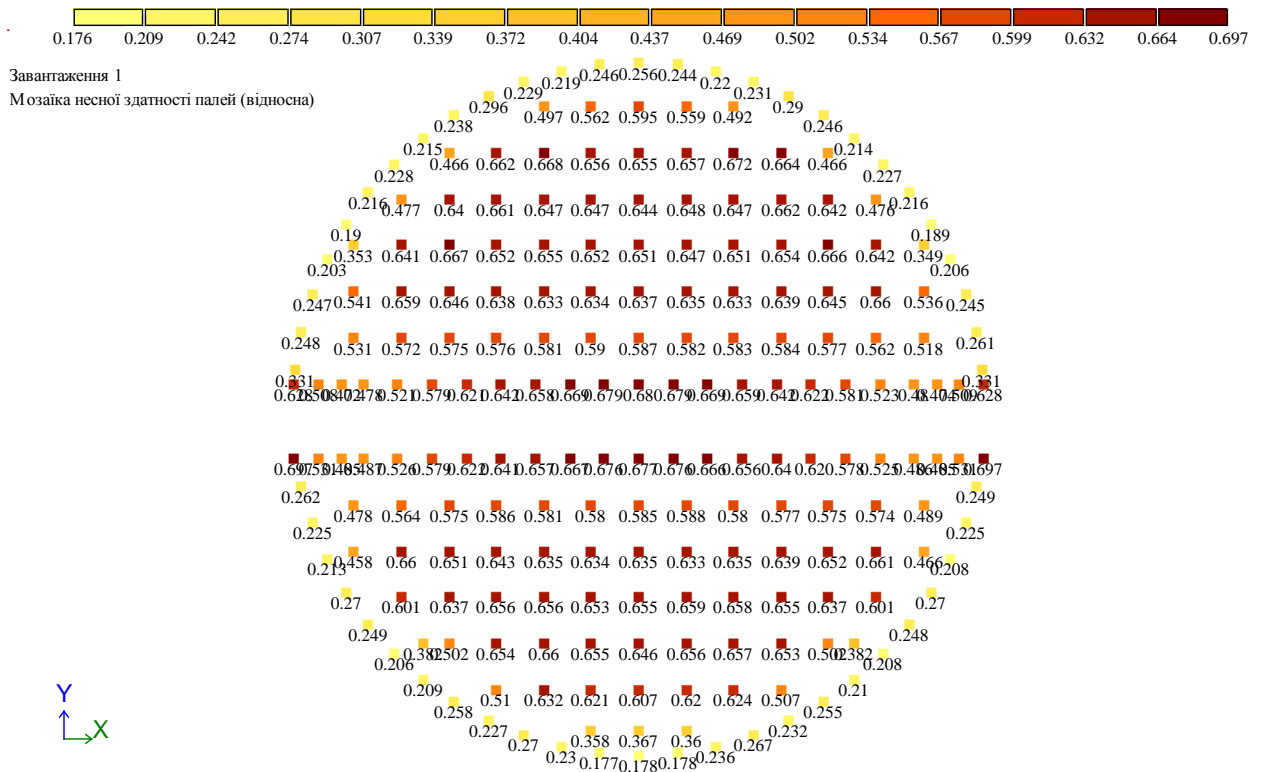


Рисунок 3.36 – Використання паль  $N/F_d$

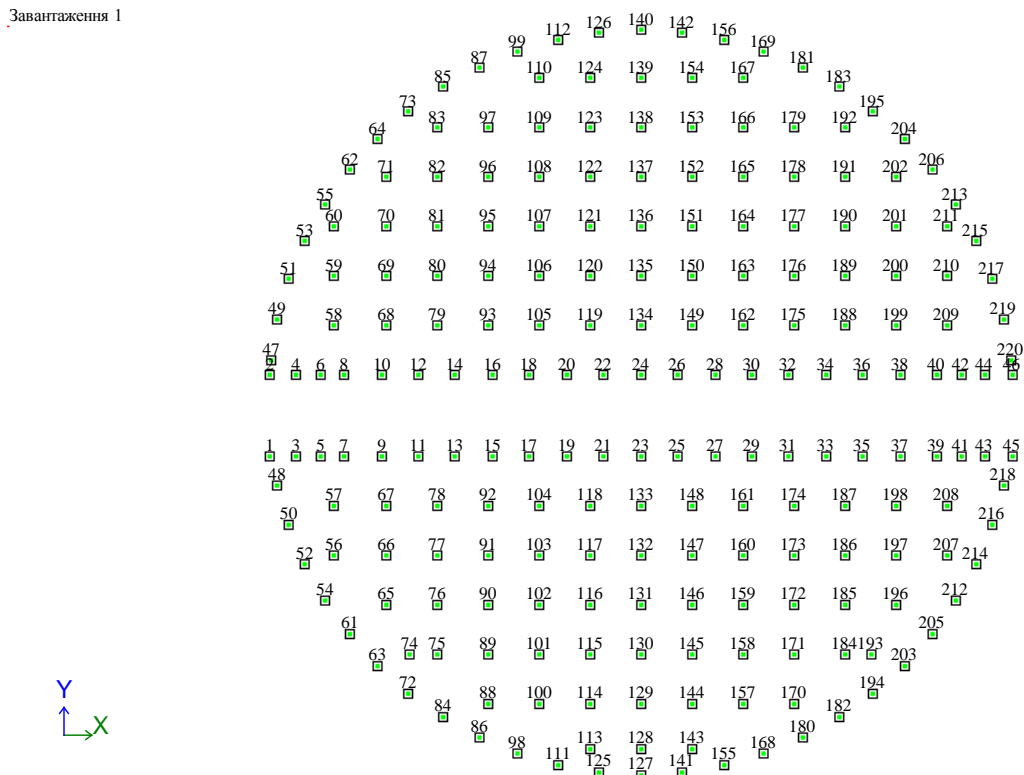


Рисунок 3.37 – Нумерація паль

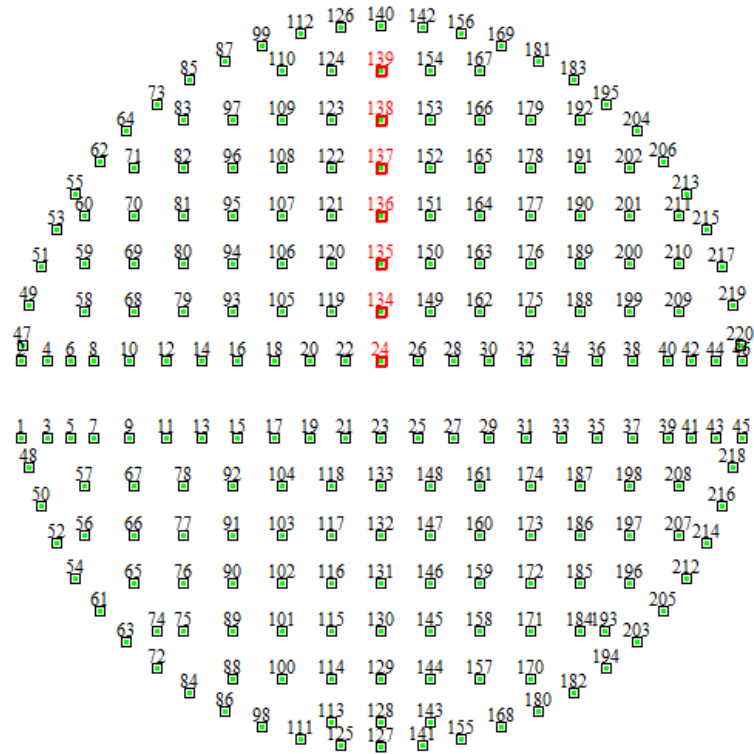


Рисунок 3.38 – Виділені елементи для створення таблиці 3.1

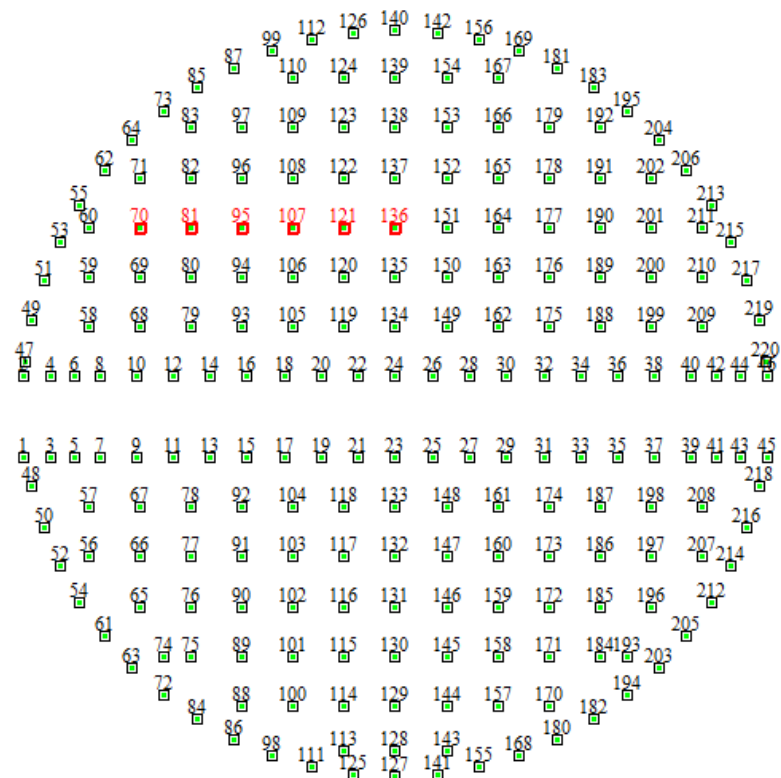


Рисунок 3.39 – Виділені елементи для створення таблиці 3.2

Для першого дослідження вибираємо вузли з рис. 3.38, вузли №24, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, що знаходяться по осі У.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження зміни навантаження на палі від товщини фундаментної плити (по осі У).

№ палі		Товщина плити, мм								
		1000	800	600	500	400	300	250	200	150
Навантаження на палю, кН	24	629	642	637	628	618	615	617	622	630
	134	645	661	662	652	636	615	604	591	571
	135	614	636	650	649	638	619	611	611	619
	136	593	621	651	662	664	651	642	636	633
	137	527	556	596	619	638	647	644	637	627
	138	460	482	520	550	579	612	627	637	638
	139	421	424	437	449	468	499	521	548	579

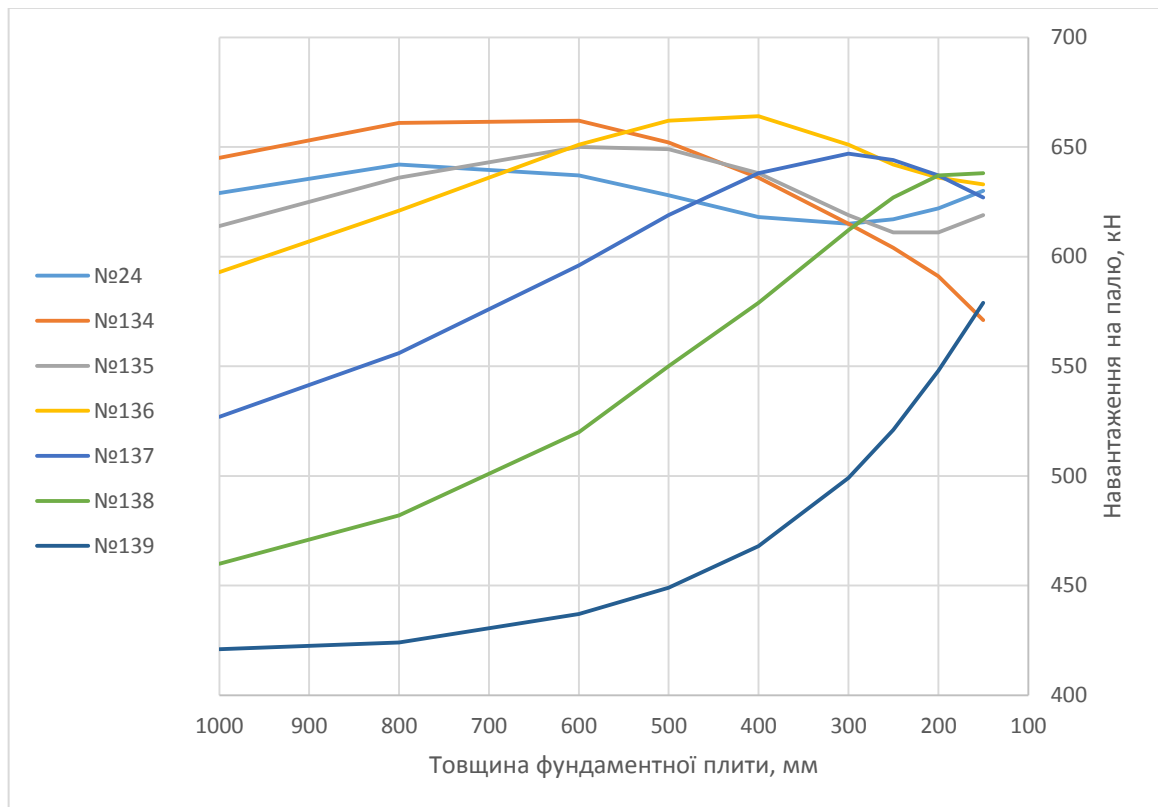


Рисунок 3.40 - Залежність навантаження на палю від товщини плити (по осі У)

Отже, з рис. 3.40 видно, що при зменшенні товщини плити (зменшенні жорсткості), навантаження перерозподіляється від центру фундаменту вздовж осі У. При зміні товщини від 1000 мм до 600 мм, навантаження на палі зростає, від 600 мм і менше, палі що знаходились ближче до центру, стають менш навантаженими, а в тих, які знаходяться ближче до краю, стрімко зростає навантаження.

Для другого дослідження вибираємо вузли з рис. 3.39, вузли №136, 121, 107, 95, 81, 70, що знаходяться по осі Х.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження зміни навантаження на палі від товщини фундаментної плити (по осі Х).

№ палі		Товщина плити, мм								
		1000	800	600	500	400	300	250	200	150
Навантаження на палю, кН	136	593	621	651	662	664	651	642	636	633
	121	588	615	646	659	663	653	645	637	634
	107	573	600	633	651	664	663	656	646	638
	95	527	550	585	609	634	653	654	647	634
	81	468	484	514	539	575	617	636	648	649
	70	425	427	439	454	483	530	561	593	623

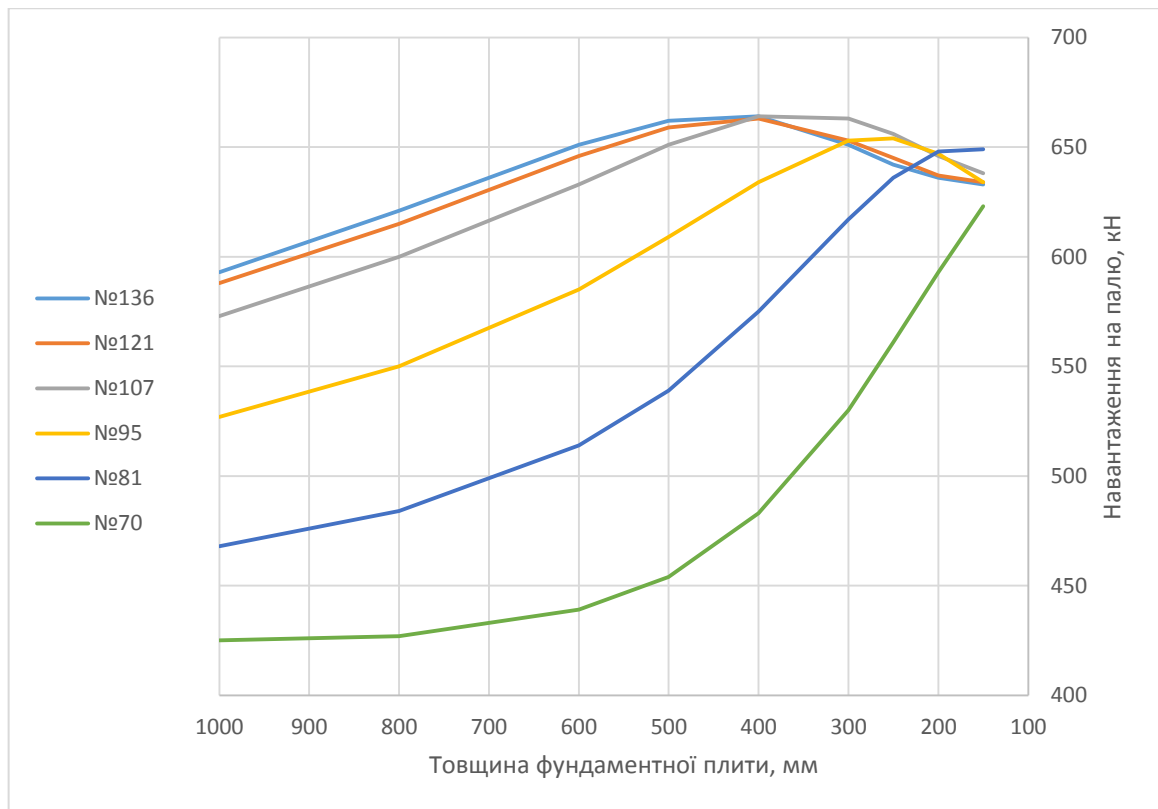


Рисунок 3.41 - Залежність навантаження на палю від товщини плити (по осі X)

Отже, з діаграми видно, що при зменшенні товщини плити, навантаження перерозподіляється від середини фундаменту до його чверті, по осі X.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Охорона праці. Промислова безпека**

Будівельно-монтажні роботи повинні виконуватися по спеціально розробленому проекту виконання робіт із проведенням технічних і організаційних мір, що регламентуються відповідними главами нормативних матеріалів.

Роботи повинні виконуватися в строгій відповідності із спеціально розробленим проектом виконання робіт з дотриманням правил техніки безпеки. Відповідальність за виконання всіх заходів по безпечній організації робіт і за дотримання персоналом вимог охорони праці, пожежної безпеки, за відповідність кваліфікації персоналу необхідної для виконання роботи несе керівник Підрядної організації.

Перед допуском до роботи всі працівники повинні пройти позачерговий інструктаж на робочому місці з питань техніки безпеки і промислової санітарії. Допуск сторонніх осіб, а також робітників у нетверезому стані на територію будівельного майданчика, у побутові приміщення і на робочі місця забороняється.

Перед початком робіт необхідно оформити наряд-допуск на їх виконання із зазначенням заходів, які забезпечують безпечні і нешкідливі умови праці. Члени бригади повинні пройти цільовий інструктаж з безпечних методів виконання робіт, маршруту руху по будівлі на робоче місце та в санітарно-побутові приміщення.

До початку виконання будівельних робіт на будівельному майданчику Замовник або керівник будівництва у відповідності до НПАОП 45.2-7.03-17 забезпечує складання плану з охорони праці, не пізніше ніж за 30 календарних днів до початку будівництва подає у територіальний орган Держпраці попередню інформацію про виконання будівельних робіт та призначає координатора з питань охорони праці.

Склад плану з охорони праці, обов'язки керівника будівництва, підрядника, вимоги до робочих та небезпечних зон викладені в НПАОП 45.2-7.03-17.

Персонал, який виконує роботи, повинен бути забезпечений захисними касками, спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до вимог ДСТУ 7238:2011 та ДСТУ 7239:2011. Робітники та ІТП без захисних касок та інших необхідних засобів індивідуального захисту до виконання робіт не допускаються.

Весь персонал, залучений до виконання будівельно-монтажних робіт, зобов'язаний пройти медичний огляд і бути допущений до виконання робіт після проходження навчання, перевірки знань та інструктажу з охорони праці. До самостійної роботи допускаються особи не молодше 18 років, які мають стаж роботи не менше одного року і не мають медичних протипоказань.

При організації ділянок робіт, робочих місць, проїздів транспортних засобів і будівельних машин повинні бути встановлені, огорожені і позначені небезпечні зони для перебування людей із відповідними попереджувальними написами.

На всіх небезпечних місцях повинні бути встановлені попереджувальні знаки, на видних місцях повинні бути вивішені плакати з безпечних методів ведення робіт і техніки безпеки.

Експлуатацію крана і інших вантажопідіймальних механізмів виконувати згідно з вимогами НПАОП 0.00-1.80-18 «Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання».

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні проводитися під керівництвом посадової особи або працівника, відповідального за безпечне проведення цих робіт, яка повинна:

- визначити спосіб навантаження і розвантаження;
- зробити розміщення робочої сили;



- перевірити справність пристосувань і засобів індивідуального захисту;
- встановити порядок обміну умовними сигналами між стропальщиком, що подає сигнали, і машиністом підйимально-транспортного устаткування при провадженні робіт механічним способом;
- провести інструктаж працівникам перед початком робіт.

Складування матеріалів, конструкцій і виробів робити на тимчасових майданчиках складування відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.75-15.

Біля кожного штабеля виробів і матеріалів з боку проходу повинні бути встановлені знаки із вказівкою схеми стропування, марок і ваги виробів. Конструкції й матеріали необхідно розміщати на вирівняних площадках, вживаючи заходів проти самовільного зсуву, осідання, опадання й розкочування складованих матеріалів і конструкцій.

Електробезпеку виконання робіт забезпечити відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-13:2011. Роботи з електроінструментом необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.71-13. До роботи з електроінструментом допускаються особи, що пройшли навчання і перевірку знань інструкції з охорони праці і ті, що мають запис у посвідченні про перевірку знань і про допуск до виконання робіт із застосуванням електроінструмента.

Рівень освітленості на робочих місцях повинний відповідати вимогам ДСТУ Б А.3.2-15:2011. Освітлення будівельного майданчика повинне бути виконане до початку будівельних робіт.

Зварювальне устаткування, установлене на відкритому майданчику, повинне бути захищене від атмосферних опадів і механічних ушкоджень. Підключати в електромережу і відключати з мережі зварювальне устаткування повинні електрики. Забороняється виконувати електрозварювальні роботи під відкритим небом під час дощу, грози чи сильного снігопаду. Електрозварювальні роботи організовувати і виконувати відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 і НАПБ А.01.001-2014.

Робочі місця і проходи до них на висоті 1,3 м і більше, і на відстані менше 2 м від межі перепаду по висоті, повинні бути огорожені тимчасовими

огорожами відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.8-43:2011. При неможливості влаштування цих огорожень, роботи на висоті слід виконувати з використанням запобіжних поясів.

Усі роботи необхідно виконувати відповідно до вказівок ДБН А.3.2-2-2009.

### **Земляні роботи**

Установка і рух будівельних машин і автомобілів у межах призми обвалення ґрунту забороняється.

При розміщенні робочих місць у виїмках їх розміри, прийняті в проекті, повинні забезпечувати розміщення конструкцій, обладнання, оснащення, а також проходи на робочих місцях і до робочих місць завширшки у проясненні не менше 0,6 м.

Для проходу на робочі місця через канави і траншеї повинні бути встановлені трапи або маршові сходи шириною не менше 0,6 м з огорожами.

Усі переходи, огороження і попереджувальні написи в нічний час повинні бути освітлені. Котловани, колодязі та інші виїмки в ґрунті в місцях можливого доступу людей повинні бути огорожені.

При виконанні робіт за допомогою бульдозера забороняється знаходження персоналу на ділянці виконання робіт. Особливої обережності необхідно дотримуватися персоналу і машиністові бульдозера під час руху заднім ходом.

При роботі екскаватора не дозволяється перебування персоналу в радіусі дії робочого органу екскаватора плюс 5 м. Небезпечна зона на кожній стоянці екскаватора виділяється переносним сигнальним огороженням. Розробку котлованів і траншей без влаштування кріплень необхідно вести з укосами.

Виконання земляних робіт у зоні діючих підземних комунікацій слід здійснювати під безпосереднім керівництвом виконроба або майстра, а в охоронній зоні кабелів, що знаходяться під напругою і діючим газопроводом, крім того, під наглядом співробітників електро- і газового господарства.

Земляні роботи необхідно виконувати в строгому дотриманні правил і вказівок, наведених у ДБН А.3.2-2-2009 та ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013.

### **Бетонні і залізобетонні роботи**

Опалубку, яка використовується для зведення монолітних залізобетонних конструкцій, необхідно застосовувати відповідно до проекту виконання робіт, затвердженим в установленому порядку. При установці елементів опалубки в декілька ярусів кожен подальший ярус слід встановлювати тільки після закріплення нижнього ярусу.

Розміщення на опалубці устаткування і матеріалів, не передбачених проектом виконання робіт, а також перебування людей, що безпосередньо не беруть участі у виробництві робіт на настилі опалубки, не допускається.

Розбирання опалубки повинно проводитися (після досягнення бетоном заданої міцності) з дозволу виконавця робіт, а особливо відповідальних конструкцій (за переліком, встановленим проектом) - з дозволу технічного керівника робіт.

Заготівля та обробка арматури повинна виконуватися в спеціально призначених для цього і відповідно обладнаних місцях.

Щодня перед початком укладання бетону в опалубку необхідно перевіряти стан бункера, опалубки і засобів підмошування. Виявлені несправності слід негайно усувати.

При укладанні бетону відстань між нижньою кромкою бадді або бункера і раніше укладеним бетоном або поверхнею, на яку укладається бетон, має бути не більше 1 м, якщо інші відстані не передбачені проектом виробництва робіт.

При ущільненні бетонної суміші електровібраторами переміщати вібратор за струмопровідні шланги не допускається, а при перервах в роботі і при переході з одного місця на інше електровібратори необхідно вимикати.

Персонал, що укладає бетонну суміш на поверхні, що має ухил понад 20°, повинні користуватися запобіжними поясами.

Бетонні роботи необхідно виконувати відповідно до вказівок розділу 13 ДБН А.3.2-2-2009 та ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015.

### **Монтажні роботи**

Монтажні роботи слід виконувати під безпосереднім керівництвом особи, відповідальної за безпечне виконання даних робіт. На ділянці, де ведуться монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт і знаходження сторонніх осіб.

До монтажних робіт повинні допускатися особи, які пройшли навчання і здали екзамен з перевірки знань правил з техніки безпеки.

Перед початком виконання робіт необхідно встановити порядок обміну умовними сигналами між особою, керівним монтажем, і машиністом крана. Всі сигнали подаються тільки однією особою (бригадиром монтажної бригади, ланковим, такелажником- стропальником), крім сигналу «Стоп», який може бути поданий будь-яким працівником, що помітили явну небезпеку.

При переміщенні конструкцій відстань між ними й іншими конструкціями повинні бути: по горизонталі не менше 1,0 м, а по вертикалі - 0,5 м.

Для забезпечення безпеки при переміщенні вантажів краном роботи необхідно виконувати в такій послідовності:

- строповка вантажу;
- вихід робітників з небезпечної зони при підйомі і переміщенні вантажів краном;
- переміщення вантажу краном в необхідне положення над місцем вивантаження або установки. При цьому перебування людей у небезпечній зоні можливого падіння вантажу заборонено;
- опускання вантажу краном на висоту не більше 1,0 м над місцем вивантаження або установки;
- прохід робочих до вантажу (підйом на підмостки) і приймання його;
- опускання і расстроповка вантажу.

Стропальник може перебувати біля вантажу при його підйомі або опусканні, якщо вантаж знаходиться на висоті не більше 1 м від рівня майданчика, на якому стоїть стропальник.

Піднімати конструкції краном слід у два прийоми: спочатку на висоту 20-30 см, потім, після перевірки надійності стропування, виконати подальший підйом. Якщо стропи зісковзують або натягнуті нерівномірно, вантаж необхідно опустити і строповку виправити.

Встановлені в проектне положення елементи конструкцій повинні бути закріплені так, щоб забезпечувалася їх стійкість і геометрична незмінність. Розстропування елементів конструкцій, встановлених в проектне положення, слід проводити після постійного або тимчасового надійного їх закріплення.

При навантаженні (вивантаженні) елементів з транспортних засобів шофер повинен виходити з кабіни. Переміщати вантаж над нею забороняється. Не дозволяється проносити краном конструкції над робочим місцем монтажників.

Небезпечну зону при роботі крана необхідно обгороджувати сигнальним огороженням з установкою знаків безпеки «Обережно! Працює кран».

Під час перерв у роботі не допускається залишати піднятий вантаж на вазі.

В процесі монтажу конструкцій монтажники повинні перебувати на надійно закріплених конструкціях або засобах підмоцнування.

Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкцій і їх елементів (фермам, ригелів і т.п.), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв.

Не допускається виконувати монтажні роботи на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, що виключає видимість в межах фронту робіт.

Монтажні роботи необхідно виконувати відповідно до вказівок розділу 14 ДБН А.3.2-2-2009 та ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015.

## **4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1 Заходи щодо протидії пожежам на будівельному об'єкті**

Усі технічні рішення повинні відповідати вимогам по пожежній безпеці, що приведені у наступних нормативних матеріалах: НАПБ А.01.001-2014, ДБН В.1.1-7-2016., ГОСТ 12.1.004-91, ПУЕ Правила устроюства електроустановок.

Всі ІТП і робітники, що беруть участь у будівництві, повинні бути навчені правилам пожежної безпеки і проінструктовані.

З метою виключення причин виникнення пожежі на будмайданчику і при виконанні робіт необхідно дотримуватися встановленого протипожежного режиму. Протипожежний режим в основному зводиться до таких заходів:

- на будівельному майданчику повинні бути дотримані протипожежні розриви між будівлями і спорудами у відповідності зі ступенем їхньої вогнестійкості;
- до всіх тимчасових будинків і споруд до моменту введення їх в експлуатацію повинні и прокладені автодороги і пожежні під'їзди;
- паління допускається лише в спеціально відведеному місці з написами «Місце для паління», обладнаних урнами для недокурків і бочками з водою;
- при вході на територію будівництва, а також у середині території, де паління не допускається, вивішуються плакати з попереджувальними написами «Палити забороняється»;
- будівельні відходи (обрізки лісоматеріалів, тирса, кора, стружки, обпилювання) щодня по закінченні робіт повинні видалятися з території будмайданчика в спеціально передбачені місця;
- протипожежне водопостачання будівельного майданчика повинне бути забезпечене з урахуванням вимог нормативно-правових актів;

- усі роботи, пов'язані з застосуванням відкритого вогню, наприклад, зварювання металу і т.д. допускаються тільки з письмового дозволу особи, що відповідає за пожежну безпеку даної ділянки будівництва, що зобов'язаний забезпечити місця роботи засобами пожежогасіння;

- дроти, підключені до зварювальних апаратів і конструкцій, що зварюються, повинні мати надійну ізоляцію, і в необхідних місцях захищені, від дії високої температури і механічних ушкоджень;

- для енергопостачання зварювальних апаратів і освітлення робочих місць повинні використовуватися кабелі з індексом «НГ»;

- силова і освітлювана електропроводка, а також тимчасові електротехнічні установки на будівництво повинні відповідати вимогам до постійних установок.

На будівельному майданчику необхідно встановити додаткові пояснюючі таблички, які вказують на аварійні проходи (шляху доступу), схеми евакуації. Робочі місця повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння.

На території будівельного майданчика необхідно встановити пожежні щити, які повинні бути укомплектовані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014. Пожежні щити (стенди) повинні встановлюватись з розрахунку один щит (стенд) на 5000 м<sup>2</sup> захищеної площі. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на пожежному щиті, входять: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., протипожежне покривало - 1 шт., багор або лом та гак - 2 шт., лопати - 2 шт., сокири - 2 шт.

На в'їзді на будівельний майданчик необхідно встановлювати (вивішувати) плани з нанесеними на них будинками та спорудами, що будуються, а також допоміжними будинками і спорудами, в'їздами, під'їздами, вододжерелами, засобами пожежогасіння та зв'язку.

Протипожежне водопостачання майданчика будівництва забезпечується за рахунок існуючих мереж протипожежного водопостачання I-ої черги

будівництва та за рахунок проектних мереж протипожежного водопостачання після їх прокладання

Проїзди і під'їзди до будівель і пожежним резервуарів, а також доступи до пожежного інвентарю та обладнання завжди утримуються вільними. Не допускається використовувати протипожежні розриви між будівлями під складування матеріалів, устаткування, пакувальної тари і для стоянки автомобілів.

Застосовувані для будівництва машини, механізми та будівельна техніка після закінчення робочої зміни повинна виводитися з зон виконання робіт і залишатися на обладнаних, в тому числі і в частині пожежної безпеки, майданчиках відстою техніки.

При виконанні зварювальних робіт необхідно керуватися вимогами ДБН А.3.2-2-2009 і НАПБ А.01.001-2014.

Контроль за дотриманням вимог пожежної безпеки покладається на Замовника та Генпідрядника. При цьому Замовник визначає вимоги до взаємодії та підзвітності структурних підрозділів різних підрядних організацій, що відповідають за пожежну безпеку в своїх організаціях, ділянках, бригадах. Генпідрядник несе повну відповідальність за дотримання вимог пожежної безпеки при проведенні робіт по даному проекту.

Вимоги щодо пожежної безпеки, що не ввійшли в даний розділ, детально розробляються в проекті виконання робіт.

#### **4.2.2 Перелік джерел впливу на навколишнє середовище**

В процесі будівництва можливий негативний вплив на навколишнє природне середовище, основними компонентами якої є: повітряне і водне середовище, ґрунт, рослинний і тваринний світ, соціальне і техногенне середовище.

При проведенні будівельно-монтажних робіт, основний вплив на навколишнє середовище буде надано в наслідку:



- проведення земельних робіт при плануванні майданчика і влаштуванні котлованів;
- шуму і викидів забруднюючих речовин в повітря при роботі будівельної техніки та механізмів;
- утворення побутових і відходів будівельного виробництва в процесі виконання робіт.

Детальна оцінка впливу на навколишнє середовище під час будівництва, наведені в Томі «Оцінка впливів на навколишнє середовище» цього проекту» ( ОВНС).

При організації будівельного виробництва в процесі виконання будівельно-монтажних робіт необхідно суворо дотримуватися вимог чинного законодавства з охорони навколишнього природного середовища та виконувати заходи щодо захисту навколишнього середовища, передбачені цим проектом.

Основним негативним фактором впливу будівництва на навколишнє середовище є шум і викиди забруднюючих речовин при роботі будівельної техніки та механізмів.

Для зниження викидів забруднюючих речовин від роботи двигунів внутрішнього згоряння, необхідно виконувати наступні заходи:

- своєчасний техогляд і техобслуговування техніки;
- проведення контролю на токсичність вихлопних газів під час техогляду та при випуску на лінію;
- скорочення часу руху автомобілів на змінних режимах;
- скорочення часу роботи двигуна на режимах малої частоти обертання.

З метою зменшення забруднення навколишнього повітря токсичними викидами продуктів згоряння дизельних і карбюраторних двигунів будівельних машин і будівельного транспорту по можливості, необхідно застосовувати механізми з електроприводом замість машин з приводом від двигуна внутрішнього згоряння.

При інтенсивному русі транспорту і проведенні робіт в період будівництва буде присутнє збільшення шумового фону. До організаційних заходів щодо захисту від шумового впливу при будівництві належать:

- оптимізація будівельних робіт з метою скорочення термінів будівництва;
- застосування механізмів та інструментів шум від роботи яких відповідає вказаному в паспорті заводу-виготовлювача і не перевищує допустимих величин;
- попередні і періодичні медогляди з метою виявлення протипоказань для роботи, пов'язаної з шумом, і ранніх форм профзахворювання працюють в умовах інтенсивного шуму.

Транспортні засоби, що беруть участь у перевезенні щебеню, ґрунту, піску повинні бути забезпечені укриттями, з метою зниження виносу пилу з кузова. У суху погоду необхідно виконувати полив покриття автомобільних доріг з метою попередження пилоутворення.

З метою зниження ризиків забруднення поверхневих і підземних вод в процесі будівництва необхідно виконувати наступні заходи:

- дотримання меж територій, які виділені під будівництво;
- складування будівельного сміття на майданчику будівництва виконувати в контейнерах, які періодично будуть вивозитися на полігон для утилізації. Забороняється «поховання» бракованих конструкцій і виробів, бетонної суміші, будівельного сміття;
- мийку машин і механізмів, а також злив паливно-мастильних матеріалів, виконувати в спеціально відведених та обладнаних для цього місцях. З метою зменшення поширення забруднення на виїзді з території підприємства передбачити майданчик для миття коліс автотранспорту;
- воду питної якості використовувати тільки для питних потреб, за винятком приготування окремих видів бетону, які вимагають її за технологією (при необхідності);

- скидання господарсько-побутових стоків, що утворюються в процесі будівництва, виконувати в проєктовані і тимчасові споруди, призначені для цих цілей;

- не розпалювати на майданчиках будівництва.

Основним видом впливу на рельєф і ґрунти при будівництві є порушення поверхні, що відбувається при будівництві об'єктів. Порушення поверхні відбуваються при плануванні території, будівництві фундаментів, при прокладці трубопроводів і влаштуванні автомобільних доріг. З метою відновлення ґрунтового покриву на завершальному етапі будівництва передбачається благоустрій території з посівом багаторічних трав.

В процесі проведення будівельних робіт вплив на навколишнє середовище буде полягати в незначному додатковому забрудненні атмосферного повітря, за рахунок роботи будівельної техніки. Реалізація заходів передбачених в цьому проєкті забезпечує прийнятний рівень впливів на навколишнє середовище.

Контроль за дотриманням вимог, що знижують вплив на навколишнє середовище, повинен виконуватися на протязі всього періоду будівництва.

Спостереження за станом навколишнього середовища в процесі будівництва ведеться відповідними службами місцевих органів влади, що відповідають за стан водойм, ґрунту і атмосферного повітря.

Проєктом передбачаються наступні заходи зі спостереження і контролю над станом навколишнього середовища, в які входять наступне:

- контроль за викидами в атмосферу пилу, вихлопних газів автотранспорту, шкідливих скидів будівельних підприємств;

- контроль за відповідністю правилам використання природних ресурсів (водокористування, відведення земель, використання будівельних матеріалів і т.п.);

Виконання комплексу перерахованих заходів і проєктних рішень дозволить виключити можливі несприятливі впливи на навколишнє середовище при будівництві об'єкта.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній магістерській роботі розроблено проект фундаменту силосу СМВУ-275.

2. На основі інженерно-геологічних вишукувань та результатів їх аналізу запропонована конструкція монолітного плитно-пального фундаменту під силос.

3. Методом скінченних елементів проведено дослідження сумісної роботи фундамент – основа для однієї палі, куща паль та плитно-пального фундаменту.

4. Методом скінченних елементів проведено моделювання впливу товщини фундаментної плити на напружено-деформівний стан плитно-пального фундаменту та ґрунтів, що його оточують.

5. Встановлено, що зміна жорсткості фундаментної плити в плитко-пальному фундаменті металевих силосів впливає на характер перерозрахунку зусиль у фундаментних конструкціях та на формування їх напружено-деформівного стану і недопущення більш нерівномірного завантаження паль у пальному полі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1- ДБН В.2.6-221:2021 Конструкції силосів з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022;
- 2- ДБН А.2.2-3-2014 «Склад, та зміст проектної документації на будівництво» [На заміну ДБН А.2.2-3-2012; чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України 2014, 40 с.;
- 3- ДСТУ Б А.2.4-4-2009 «Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги для проектної та робочої документації» [На заміну ДСТУ Б А.2.4-4-99 (ГОСТ 21.101-97); чинний від 2009-01-24]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України 2009, 66 с.;
- 4- ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» [На заміну ДБН Б.2.2-12:2018; чинний від 2019-04-26]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2019, 117 с.;
- 5- ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [На заміну ДБН В.1.1-12:2006; чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014, 110 с.;
- 6- ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» [Чинний від 2006-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінбуд України 2006, 75 с.;
- 7- ДБН В.2.1-10-2009 «Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти. Основні положення проектування» [чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України 2009, 78 с.;
- 8- ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» [На заміну СНіП

- 2.03.01-84; чинний від 2011-06-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України 2011, 71 с.;
- 9- ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [На заміну ДСТУ Б В.2.6-194:2013 та ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1; чинний від 2015-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України 2014, 199 с.;
- 10- ДСТУ Б А.2.4-15:2008 «Антикорозійний захист конструкцій будівель і споруд» [На заміну ГОСТ 21.513-83; чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України 2009, 13 с.;
- 11- ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» [На заміну СНиП III-4-80; чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2012, 116 с.;
- 12- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [На заміну СНиП 2.01.01-82 і таблиці 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007; чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України 2011, 123 с.;
- 13- ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [На заміну ДБН В.1.1-7-2002; чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2017, 35 с.;
- 14- ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів [На заміну СНиП 3.02.01-87; чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2013, 82 с.;
- 15- ДБН В.2.1-10-2018 «Основи і фундаменти будівель. Основні положення» [На заміну ДБН В.2.1-10-2009; чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України 2018, 36 с.;

- 16- Бібік М.В. Класифікація силосних зерносховищ / М.В. Бібік, В.М. Бібік, І.О. Бібік // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Т. 1 (40). – С. 157-165.
- 17- Метод граничних елементів в розрахунках кільцевих фундаментів : монографія / А. С. Моргун, О. В. Франчук – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 90 с.