

ВПЛИВ ШПАЛЬНОГО РОЗПОДІЛЮВАЧА НА РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ У ГРУНТОВІЙ ОСНОВІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Представлені результати досліджень роботи «шпального розподільвача», як одного з методів підсилення основи під фундаментами. Дослідження виконувалось як моделювання сумісної роботи основи, «шпального розподільвача» та фундаментів методом «скінченних елементів» з допомогою ПК «Ліра» САПР.

Ключові слова: шпальний розподільвач, скінченні елементи, ПК «Ліра» САПР, моделювання, сумісна робота.

Abstract

The results of research on the work of the "pile distributor" as one of the methods of strengthening the foundation under the foundations are presented. The research was performed as modeling of joint work of the base, "pile distributor" and foundations by the method of "finite elements" using PC "Lira" CAD.

Keywords: шпальний розподільвач, скінченні елементи, ПК «Ліра» САПР, моделювання, сумісна робота.

Вступ

В розробці нових та впровадженню вже існуючих інженерних рішень важливою частиною роботи є забезпечення безвідмовної роботи, надійності і довговічності. Для досягнення цієї мети, інженери використовують різні методики і в наш час програмні комплекси для моделювання і обрахунку тих чи інших рішень.

Для моделювання роботи «шпального розподільвача», було обрано ПК «Ліра» САПР. ПК Ліра - багатофункціональний програмний комплекс для проектування та розрахунку будівельних та машинобудівних конструкцій різного призначення. Реалізований метод розрахунку – метод кінцевих елементів (МКЕ). Виконується розрахунок на статичні (силові та деформаційні) та динамічні впливи . Проводиться підбір та перевірка перерізів сталевих конструкцій, армування перерізів залізобетонних та залізобетонних конструкцій. Видаються креслення стадії «робочий проект» марок КЖ , КМ . Множинні спеціалізовані системи дозволяють моделювати роботу масивів ґрунту, розраховувати мостові споруди, моделювати роботу споруди в процесі монтажу а, дослідити поведінку конструкції під динамічними впливами у часі та багато іншого.

Створення моделі роботи шпального розподільвача з скінченних елементів в ПК «Ліра» САПР

Моделювання проводилось поетапно, першим кроком було створення моделі ґрунтового масиву, яка складалась з об'ємних скінченних елементів. Скінченним елементам було присвоєно характеристики ґрунтів відповідно до даних з фізико-механічних досліджень. Після створення масиву ґрунту було змодельовано фрагмент стрічкового фундаменту 5x1.5 м з плоских скінченних елементів. Також паралельно моделювався шпальний розподільвач. Окремі шпали-пали мали розміри 5м довжиною та переріз 30x30 см, змодельовані з плоских скінченних елементів. Фундаменту та шпальному розподільвачу було присвоєно характеристики залізобетону. Після створення елементів моделі, виконувалась: компоновка, просторове розміщення елементів моделі, обмеження переміщень шляхом накладання в'язей, прикладання навантажень, створення таблиці розрахункових поєднань зусиль, загальної компоновки та етапи розрахунків. Результати моделювання будуть наведені у наступних пунктах.

Поточна світова практика використання шпального розподільвача [4]

Одним із способів підсилення основ, складених структурно-нестійкими або слабкими ґрунтами, є закладання в товщу ґрунтів жорсткі елементи [3]. Ефект полягає у тому, що в підсиленій товщі утворюють вертикальні, похилі або горизонтальні армуючі елементи збільшеної міцності і жорсткості в порівнянні із оточуючим ґрунтом.

В практиці інженери-будівельники не завжди можуть використовувати типові конструктивні рішення для створення надійної конструкції для передачі зусиль зі споруди на ґрунт. Одним з таких нестандартних рішень було використання шпального розподільвача [1] (рис. 1) при зведенні багатоповерхового житлового будинку (рис. 2) по вул. Чапаєва в м. Воронежі (Росія). Збірний варіант шпального розподільвача застосований в якості штучної основи стрічкових фундаментів [2].

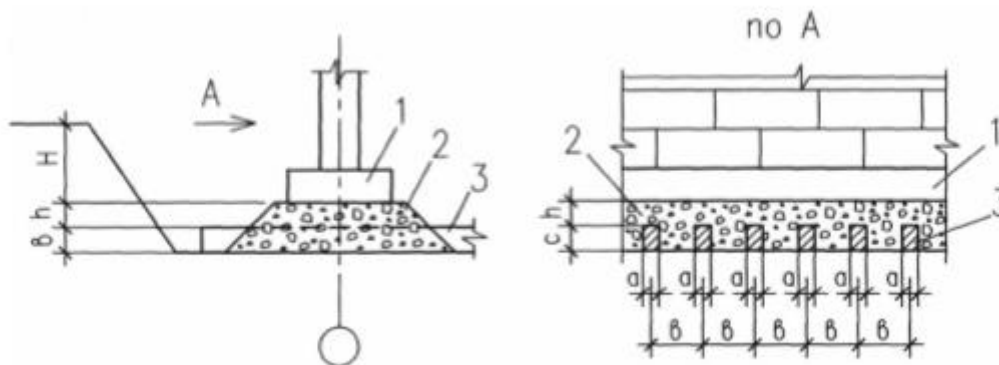


Рисунок 1. Схема влаштування шпального розподільвача.



Рисунок 2. Загальний вигляд секції, зведеної на основі, підсиленій шпальним розподільвачем. м. Воронеж вул. Чапаєва 2010 р.

Запроектований будинок являє собою декілька секцій різної поверховості і має складну конфігурацію в плані.

Необхідність влаштування шпального розподільвача в стискаючій зоні основ фундаментів мілкого закладання обумовлена перевищенням значення розрахункового опору під стрічковими фундаментами. Додатковим фактором стала умова забезпечення рівномірної осадки будівлі в умовах змінних ґрунтових умов в межах плями забудови. В даному випадку шпальний розподільвач виконує роль роботи плитного фундаменту.

В якості шпал застосовувались призматичні палі довжиною перерізом 30x30см, які стикувались між собою і мали загальну довжину до 20 м. При влаштуванні стика збивались кінцівки палі, оголялась арматура і зварювалась між собою. Шов заповнювався бетоном не нижче марки В15. Шпали встановлювались безпосередньо на дно котловану. Простір між шпалами, а також простір між підшоною фундаменту і верхньою гранню шпали (буферна зона) заповнювався піском з щільністю не менше 1.65 г/см³. Буферна зона мала проектну товщину 10 см.

На сьогоднішній день перша черга будівництва закінчена і здана в експлуатацію. За результатами геодезичних спостережень за вертикальними переміщеннями закріплених марок, середня осадка на момент закінчення будівництва зафіксована 7 см. В подальшому за 2 роки, приріст осідання не перевищував 1,5 см. Максимальне значення осадки було зафіксовано на стику секцій і складало 2,2 см.

В даних умовах доцільність використання шпального розподільвача була виправдана. Як видно з характеру осідання секцій будівлі, шпальний розподільвач поступово включився в роботу і забезпечив рівномірну передачу навантажень з будівлі по ґрунту.

Програма та методика проведення моделювання роботи шпального розподільвача.

Було проведено 5 етапів модельних досліджень. В таблиці 1 наведено програму досліджень.

Таблиця 1. Програма досліджень.

Етапи досліджень	Мета
1	Визначити основні переміщення та напруження моделі стрічкового фундаменту без підсилення основи «шпальним розподільвачем»
2	Визначити основні переміщення та напруження моделі стрічкового фундаменту на основі, підсиленій шпальним розподільвачем з кроком паль-шпал 3 діаметра (0.9 м)
3	Визначити основні переміщення та напруження моделі стрічкового фундаменту на основі, підсиленій шпальним розподільвачем з кроком паль-шпал 6 діаметрів (1.8 м)
4	Визначити основні переміщення та напруження моделі стрічкового фундаменту на основі, підсиленій шпальним розподільвачем з кроком паль-шпал 9 діаметрів (2.7 м)
5	Підібрати в декілька ітерацій, ефективну ширину подушки (плити стрічки) порівнюючи її за критерієм осідання з осіданням фундаменту на основі, підсиленій шпальним розподільвачем з кроком паль-шпал 3 діаметра.

В першому дослідженні з попередньо створеної моделі була відокремлена модель ґрунту та стрічкового фундаменту. Далі виконалась посадка фундаменту, формування таблиці редактора навантажень, навантаження моделі (від власної ваги та від ваги будівлі (об'єкт Чотирьохповерховий житловий будинок в місті Вінниця) навантаження на рівні обрізу фундаменту - 227.8 кН/м), формування таблиць розрахункових поєднань зусиль, упаковка моделі та запуск на розрахунок.

Дослідження №2-4. В кожному з цих досліджень до загальної моделі було додано модель шпального розподільвача з кроком 3,6,9 діаметрів відповідно. Виконалась посадка шпального розподільвача під фундамент з утворенням «буферної зони» компенсаційного прошарку ґрунту товщиною (0.2 м).

В дослідженні №5 було виконано декілька спроб (ітерацій) порівняти фундамент на шпальному розподільвачі зі звичайним стрічковим фундаментом. Порівнювались варіанти за критерієм осідання. В дослідженні варіювалась ширина подушки стрічки а також для досягнення більшої точності, змінювались розміри скінченних елементів (деталізація).

Результати розрахунку моделі етапу дослідження №1. 1) Осідання (переміщення по осі Z за місцевою системою координат) складає – min (-2.71 мм), max (+0.00524 мм) рис. 3.

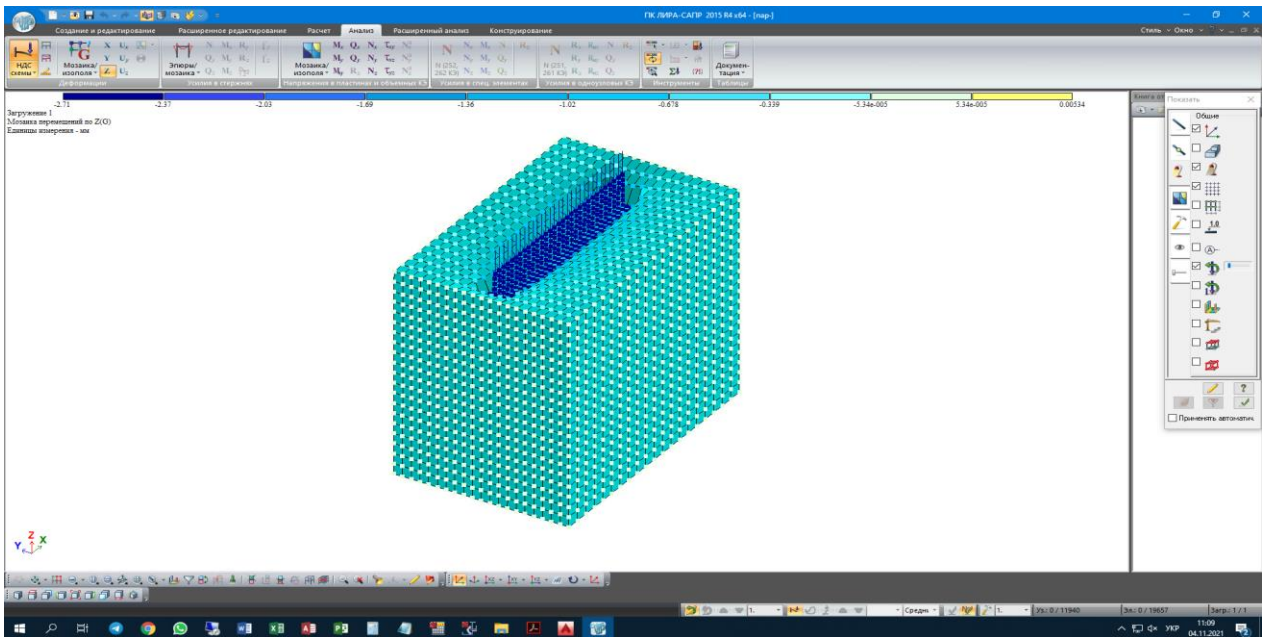


Рисунок 3. Переміщення по осі Z

2) Напруження в ґрунті (мозаїка напружень по осі Z) складає – $\min (-3.39 \text{ т/м}^2)$, $\max (+0.31 \text{ т/м}^2)$ рис. 4.

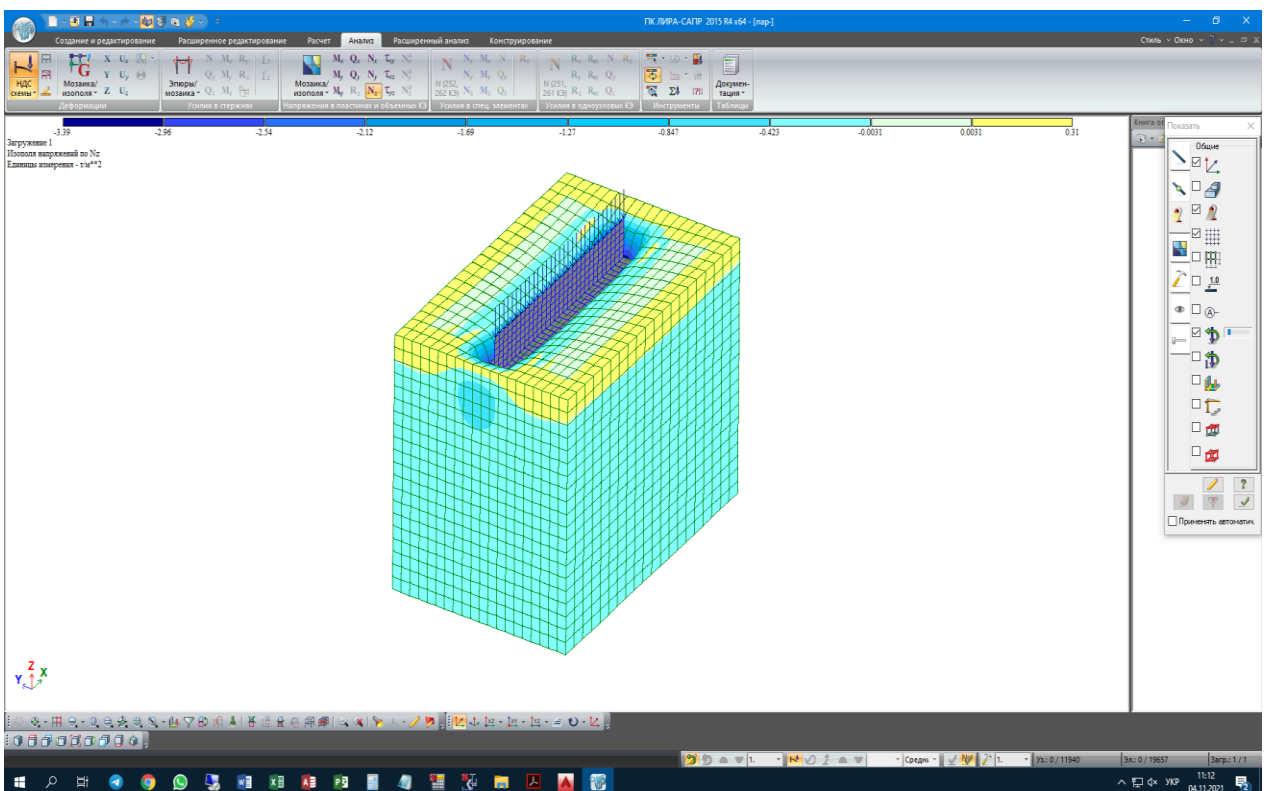


Рисунок 4. Мозаїка ізополя напружень по осі Z.

Результати розрахунку моделі етапу дослідження №2 . 1) Осідання (переміщення по осі Z за місцевою системою координат) складає – $\min (-2.11 \text{ мм})$, $\max (+0.00427 \text{ мм})$ рис. 5.

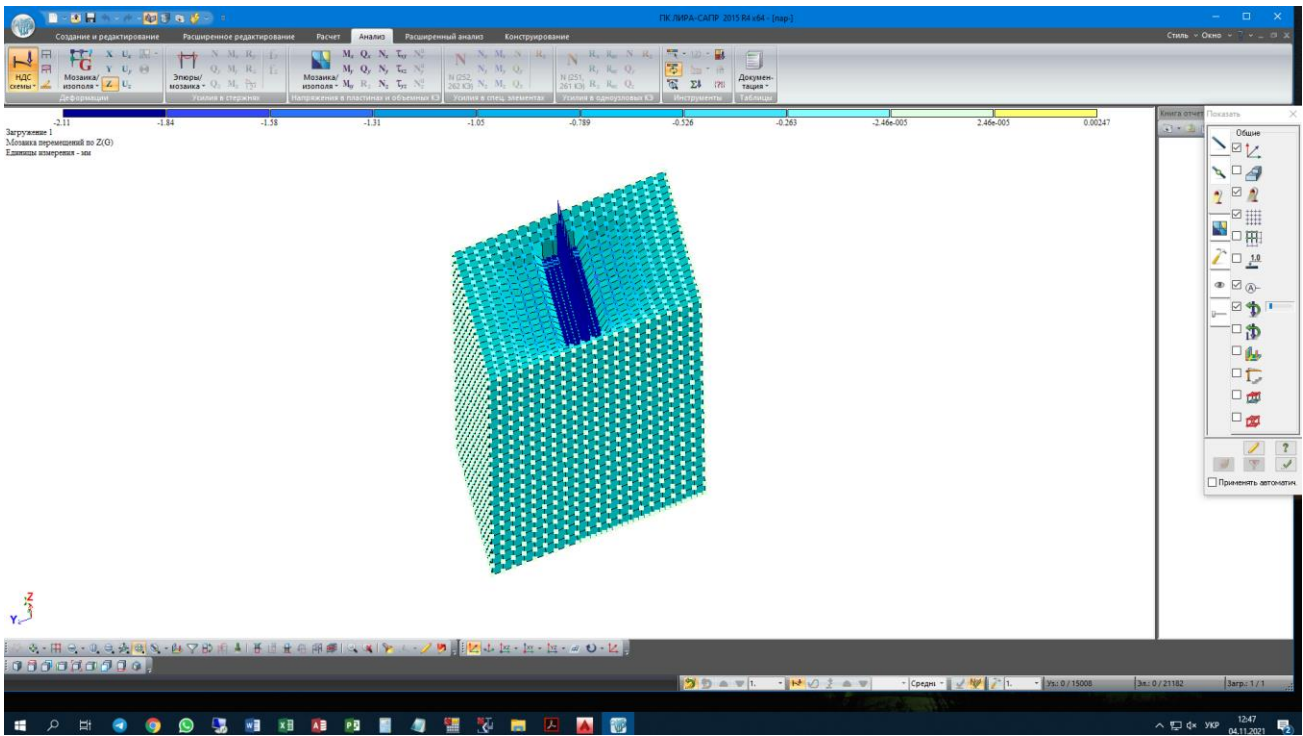


Рисунок 5. Переміщення по осі Z

2) Напруження в ґрунті (мозаїка напружень по осі Z) складає – min (-3.74 т/м²), max (+0.314 т/м²) рис. 6.

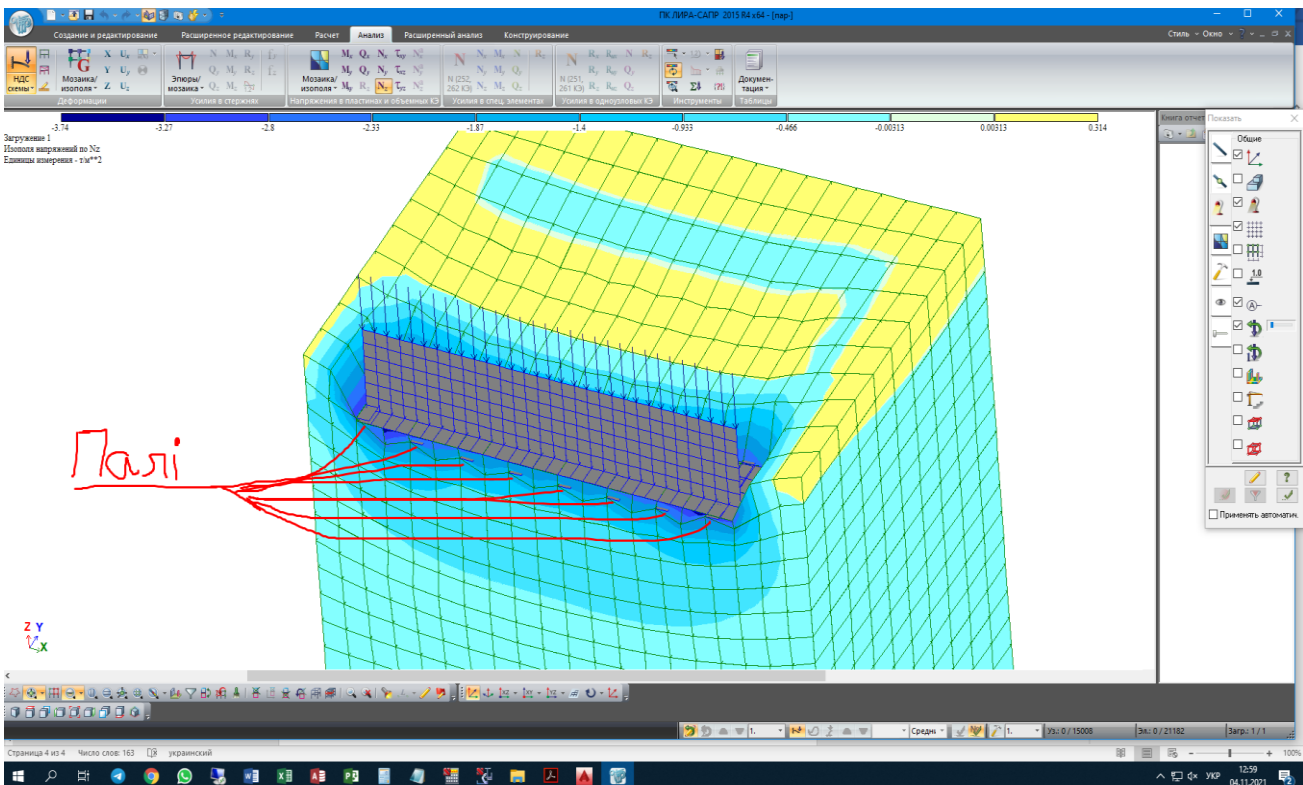


Рисунок 6. Мозаїка ізополя напружень по осі Z.

3) Мозаїка моментів відносно осі Y M max – (+10.9 т*м), M min – (-0.00108 т*м) рис 7.

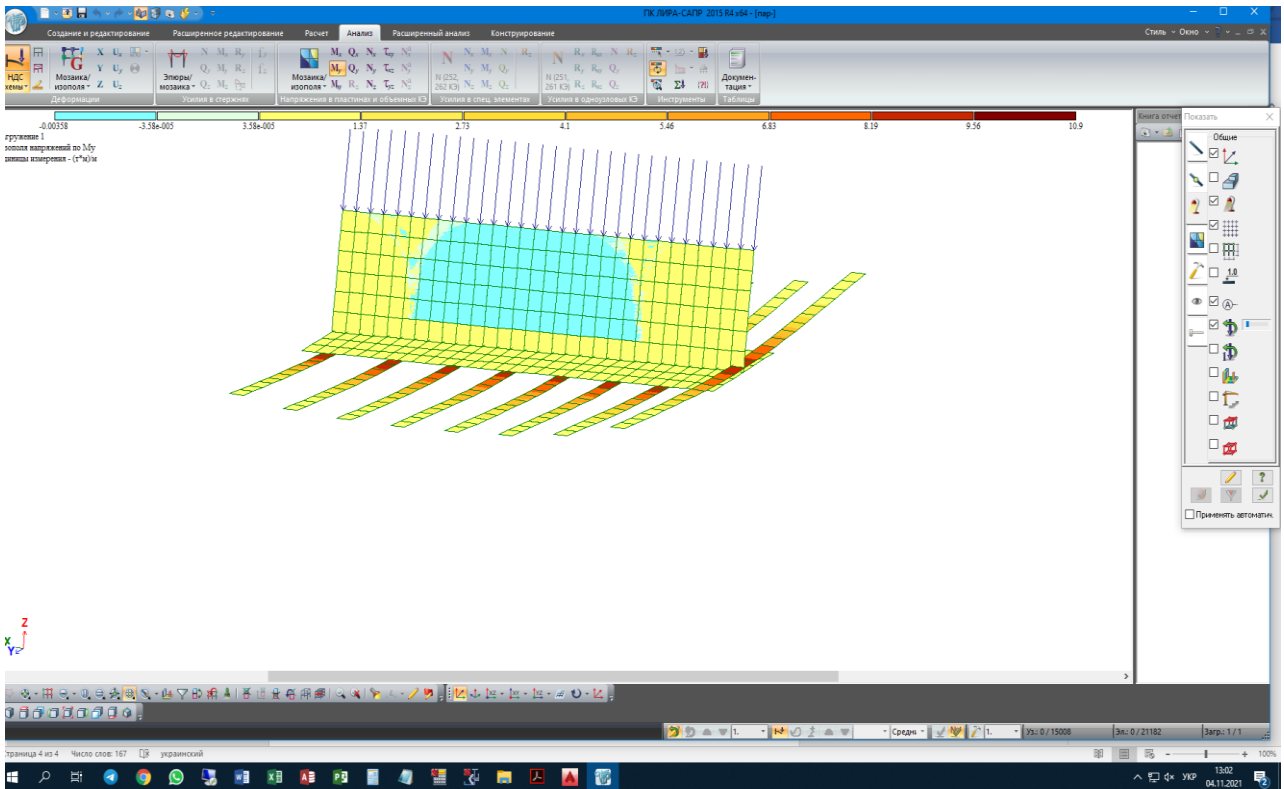


Рисунок 7. Мозаїка ізополю моментів відносно осі Y

Результати розрахунку моделі етапу дослідження №3 . 1) Осідання (переміщення по осі Z за місцевою системою координат) складає – min (-2.49 мм), max (+0.0034 мм) рис. 8.

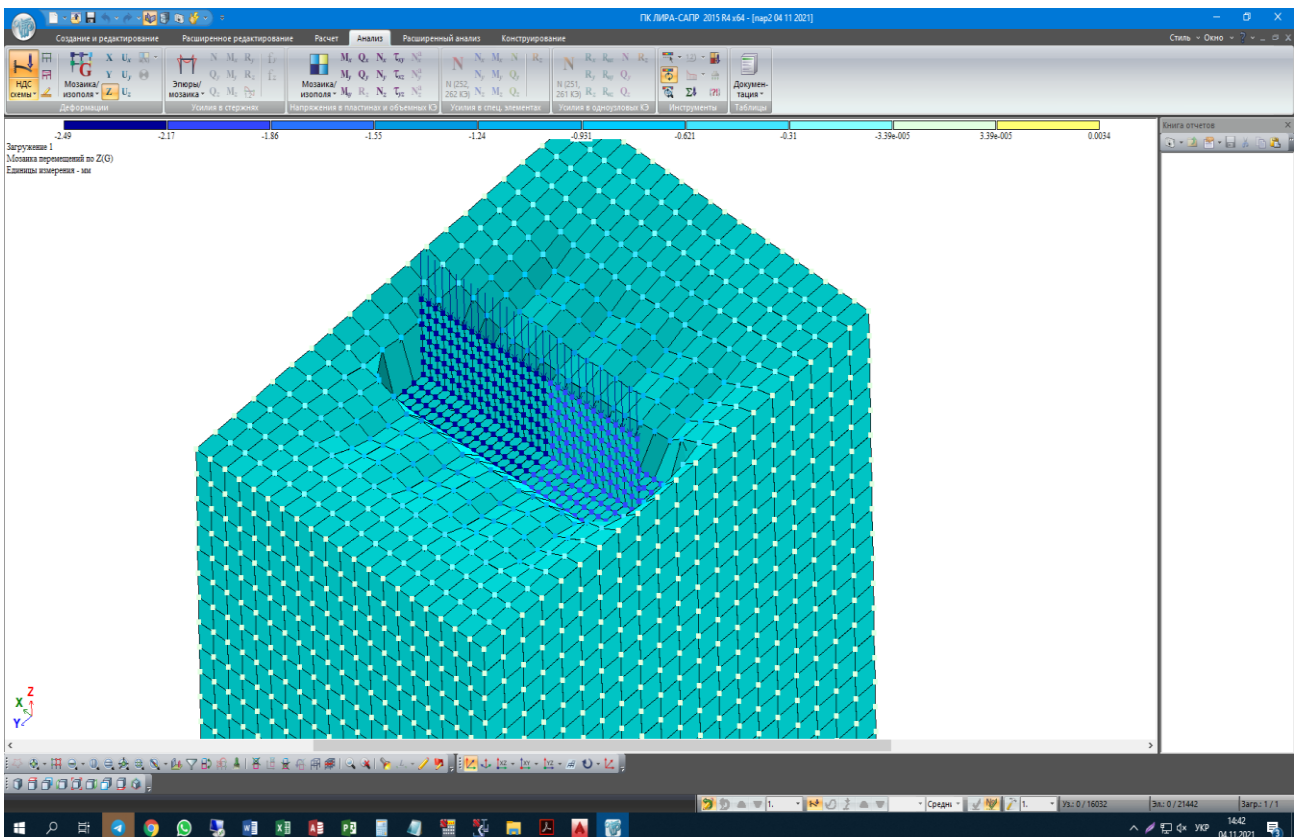


Рисунок 8. Переміщення по осі Z

2) Напруження в ґрунті (мозаїка напружень по осі Z) складає – min (-3.56 т/м²), max (+0.224 т/м²) рис. 9.

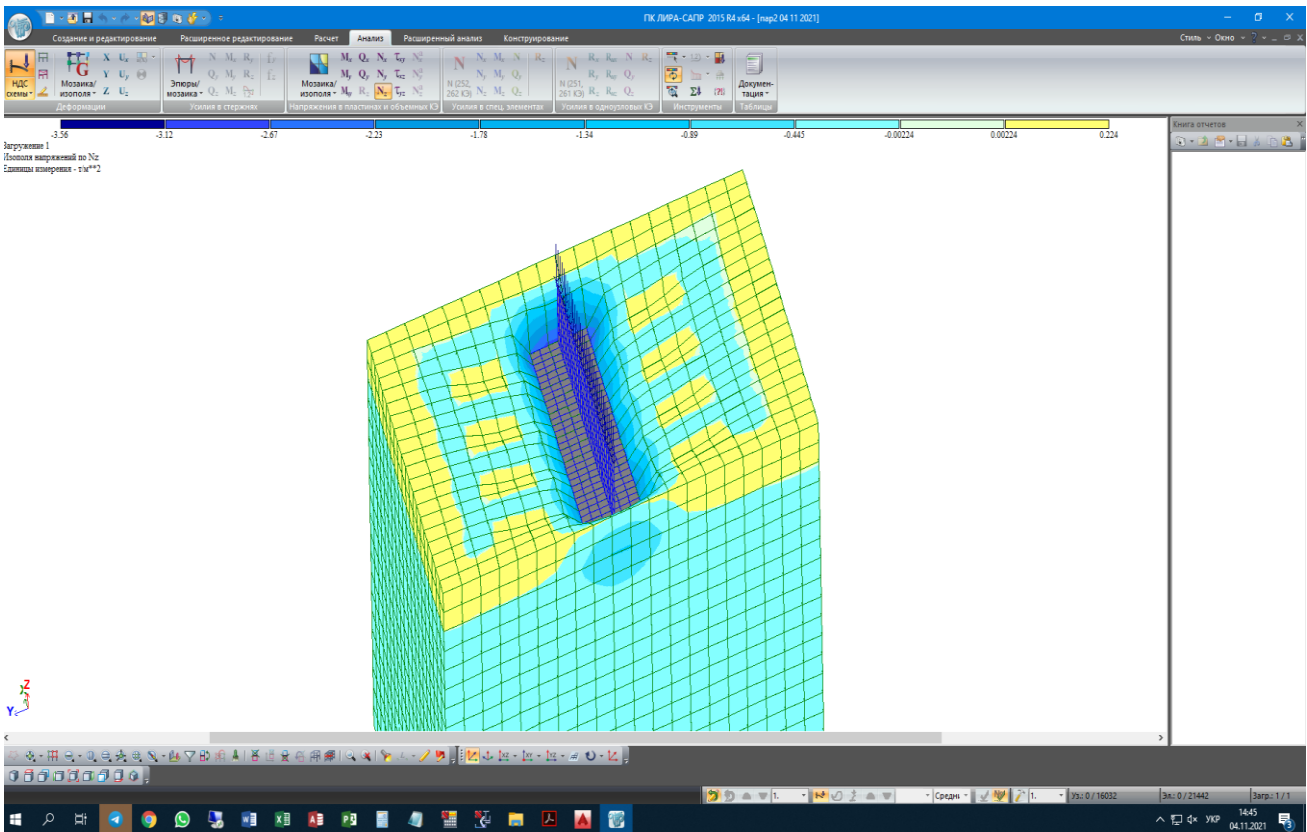


Рисунок 9. Мозаїка ізопля напружень по осі Z.

3) Мозаїка моментів відносно осі Y M max – (+13.2 т*м), M min – (-0.00274 т*м) рис 10.

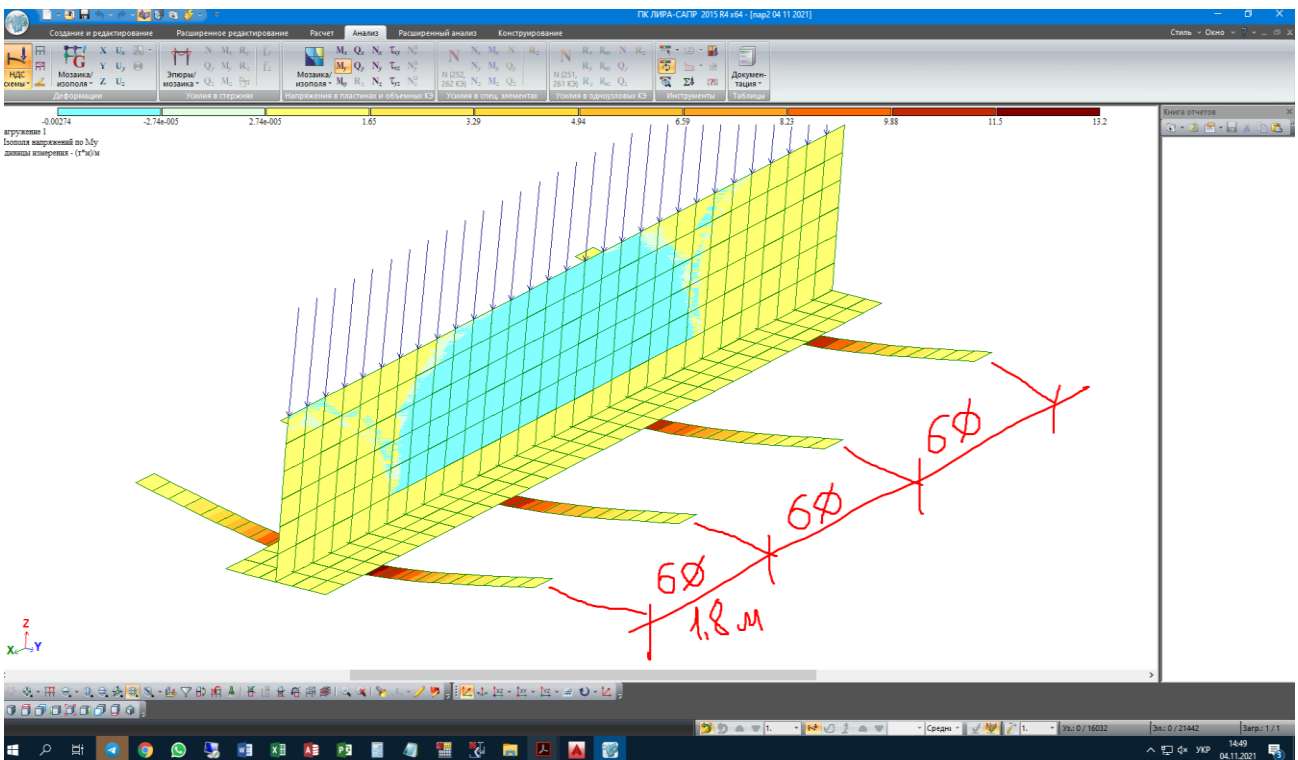


Рисунок 10. Мозаїка ізопля моментів відносно осі Y

Результати розрахунку моделі етапу дослідження №4 . 1) Осідання (переміщення по осі Z за місцевою системою координат) складає – $\min (-2.9 \text{ мм})$, $\max (+0.00388 \text{ мм})$ рис. 11.

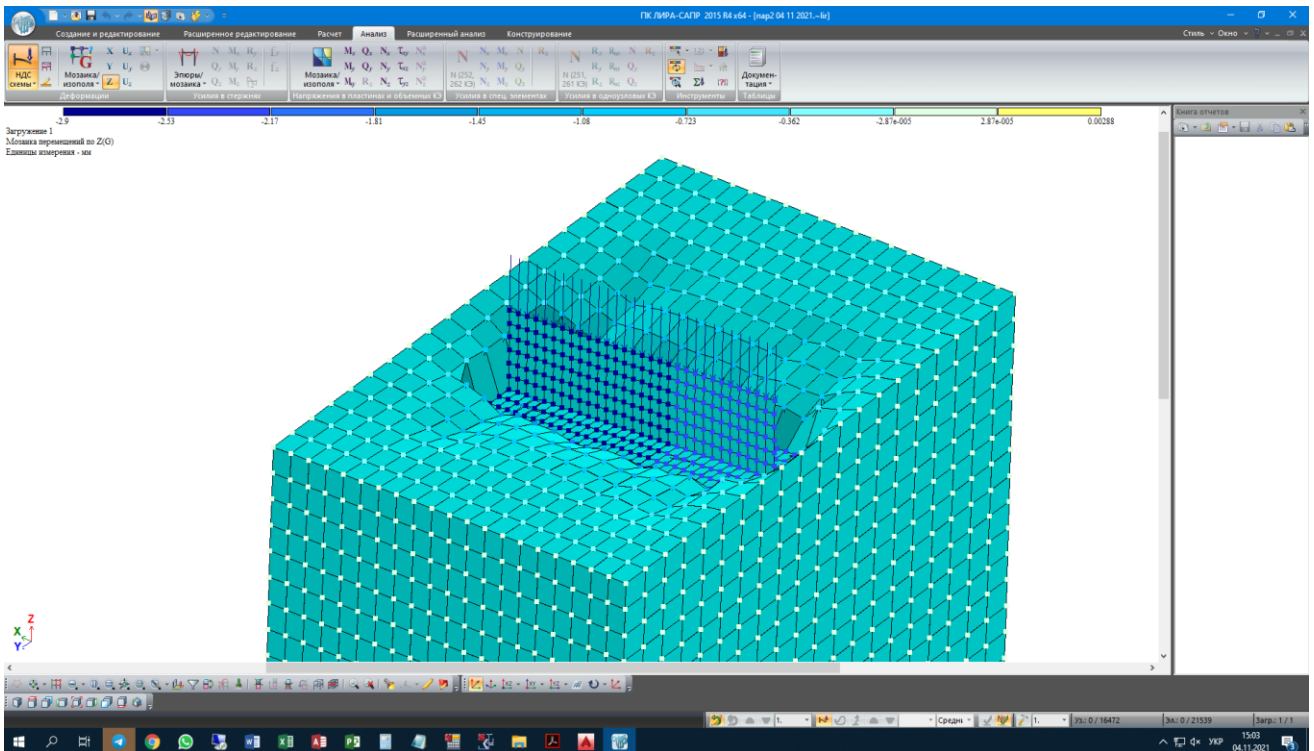


Рисунок 11. Переміщення по осі Z

2) Напруження в ґрунті (мозаїка напружень по осі Z) складає – $\min (-4.92 \text{ т/м}^2)$, $\max (+0.278 \text{ т/м}^2)$ рис. 12.

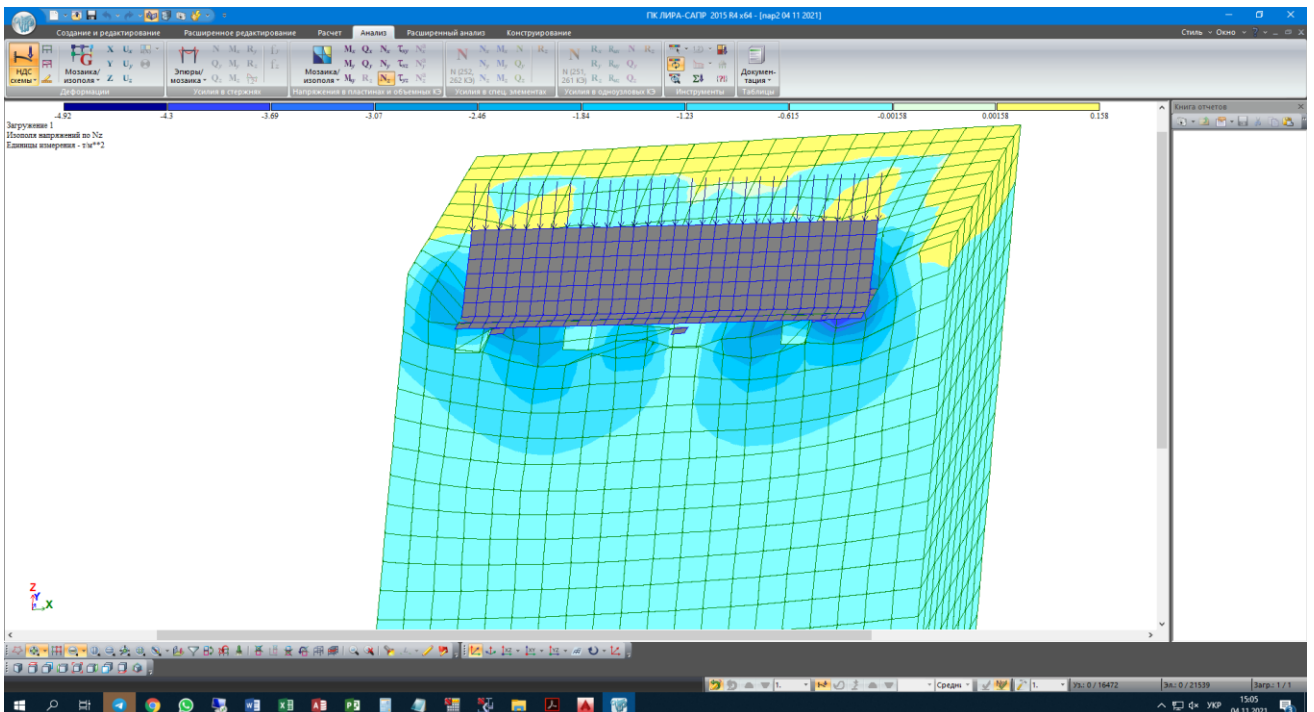


Рисунок 12. Мозаїка ізополя напружень по осі Z.

3) Мозаїка моментів відносно осі Y $M \max (+13.9 \text{ т*м})$, $M \min (-0.00219 \text{ т*м})$ рис 13.

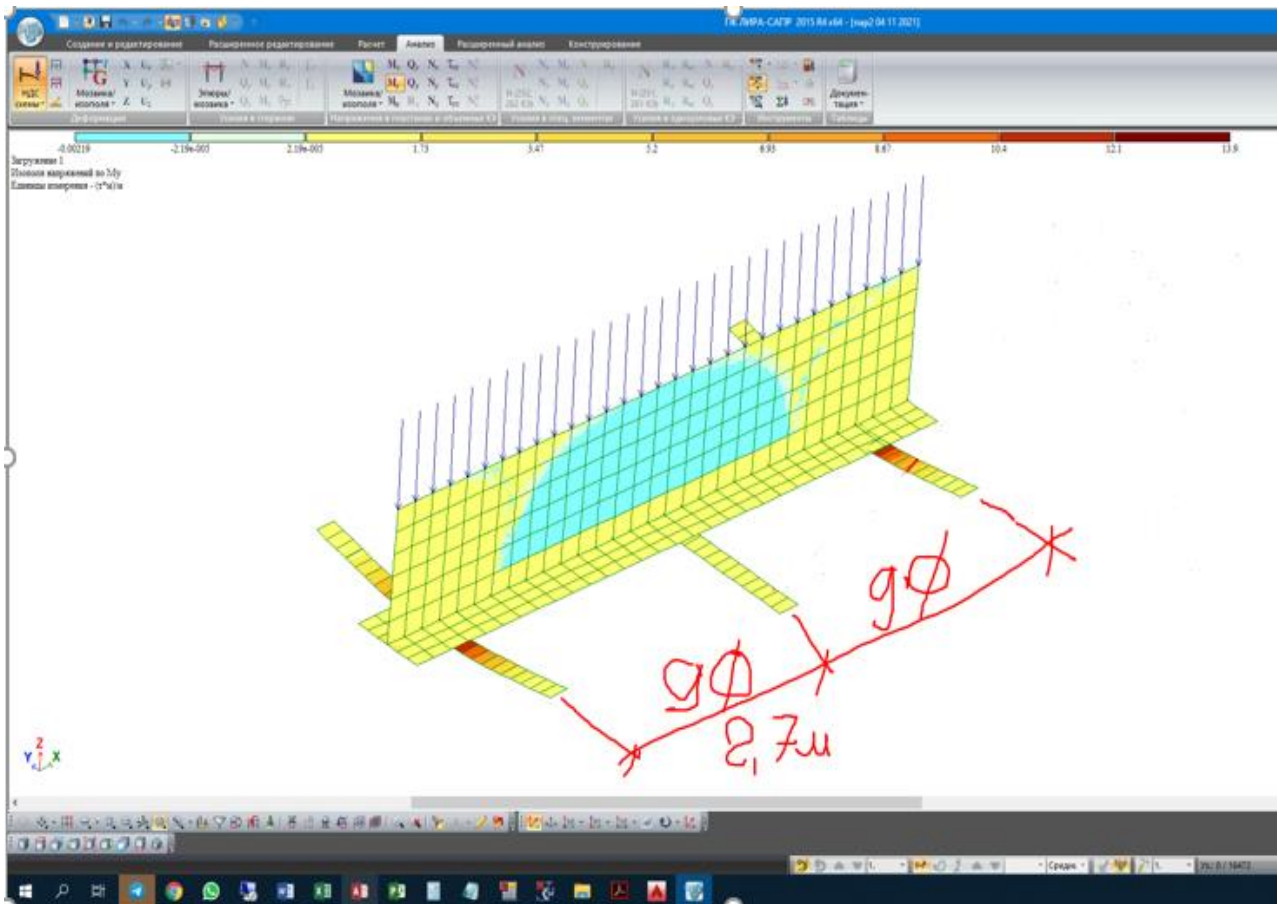


Рисунок 13. Мозаїка ізополя моментів відносно осі Y

Результати розрахунку моделі етапу дослідження №5 (остання ітерація). 1) Осідання (переміщення по осі Z за місцевою системою координат) складає – $\min (-2.07 \text{ мм})$, $\max (+0.00248 \text{ мм})$ рис. 14.

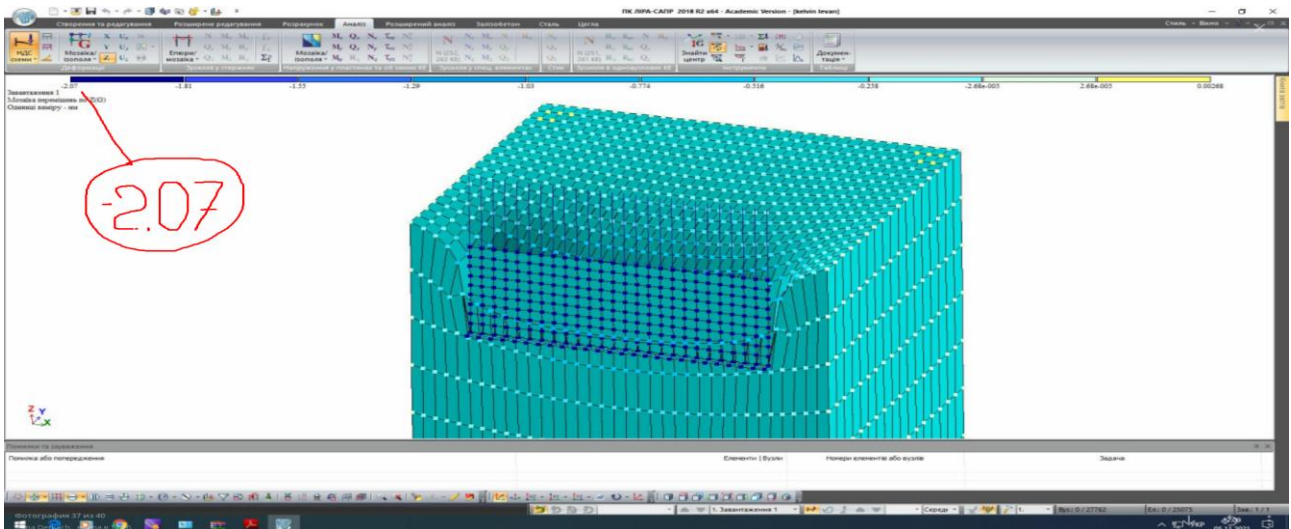


Рисунок 14. Переміщення по осі Z

2) Напруження в ґрунті (мозаїка напружень по осі Z) складає – $\min (-4.15 \text{ т/м}^2)$, $\max (+0.0236 \text{ т/м}^2)$ рис. 15.

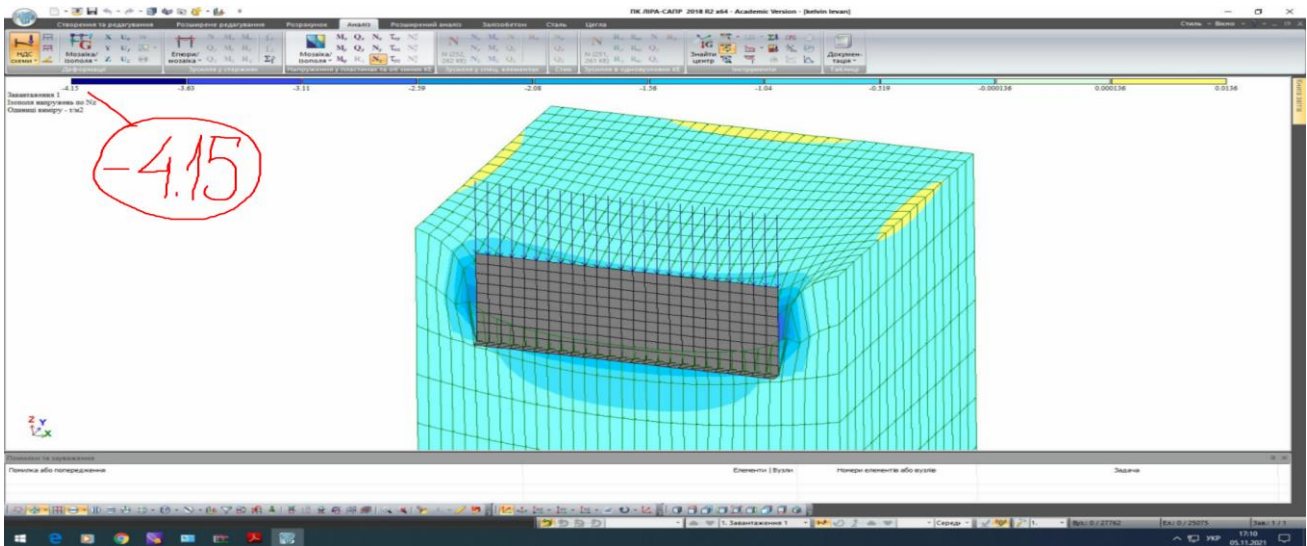


Рисунок 15. Мозаїка ізополя напружень по осі Z.

3) Результуюча мозаїка моментів відносно осей XY $M_{max} - (+0.0223 \text{ т*м})$,
 $M_{min} - (-0.00181 \text{ т*м})$ рис 16.

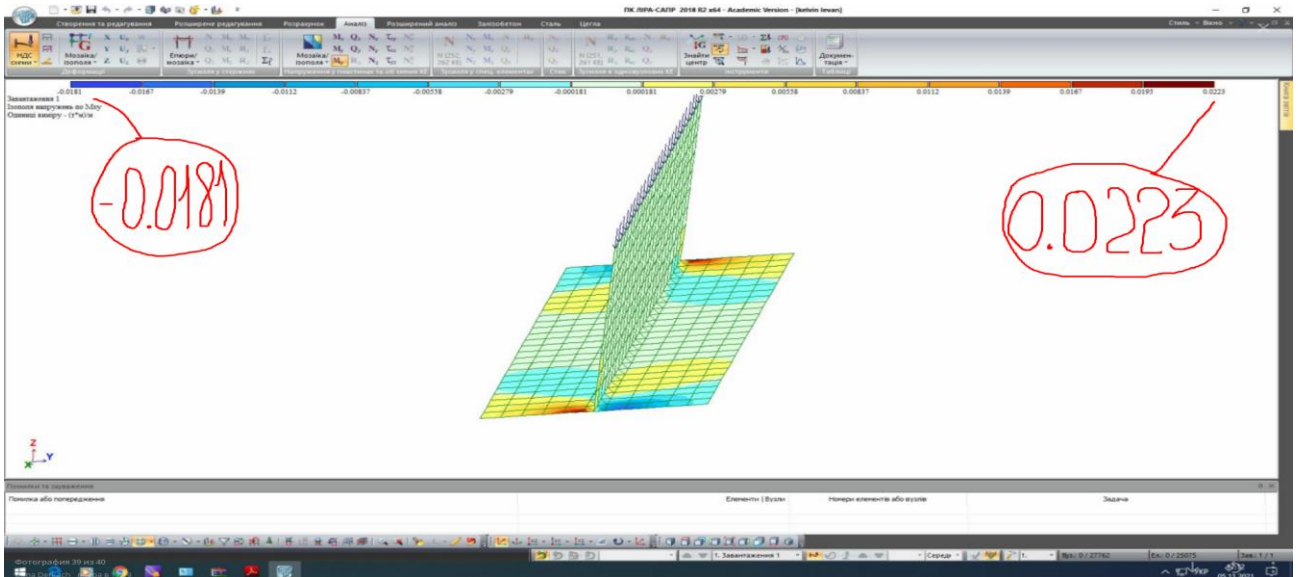


Рисунок 16. Результуюча мозаїка ізополя моментів відносно осей XY.

Всі результати моделювання наведені у таблиці 2.

№ Дослідю	Переміщення по Z (мм)		Напруження по Z (т/м^2)		Ізополя моментів по Y (т*м)		Ізополя моментів по XY (т*м)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1	-2.71	+0.00524	-3.39	+0.31	-	-	-	-
2	-2.11	+0.00427	-3.74	+0.314	-0.00108	+10.9	-	-
3	-2.49	+0.0034	-3.56	+0.224	-0.00274	+13.2	-	-
4	-2.9	+0.00388	-4.92	+0.278	-0.00219	+13.9	-	-
5	-2.07	+0.00248	-4.15	+0.0236	-	-	-0.00181	+0.0223

За результатами моделювання були побудовані діаграми залежності: 1) Переміщень по осі Z (рис. 17,18); 2) Напружень по осі Z (рис. 19,20); 3) Ізополя моментів відносно осей Y та XY (рис. 21,22);

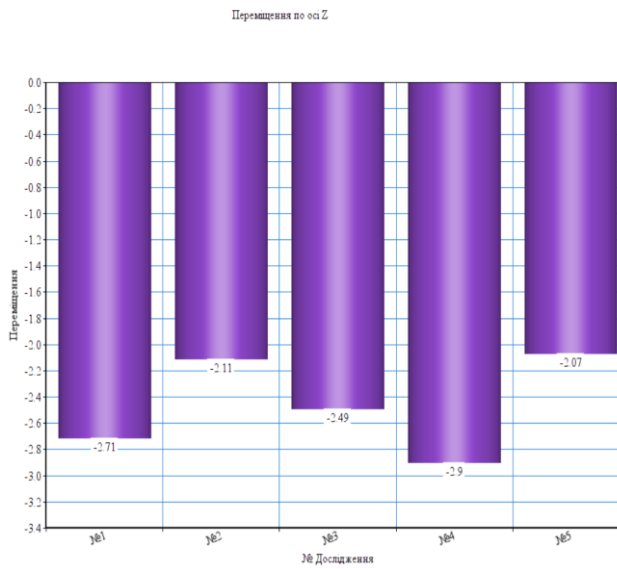


Рисунок 17. Порівняльна діаграма залежності переміщень по осі Z (зі знаком -)
Напруження по осі Z

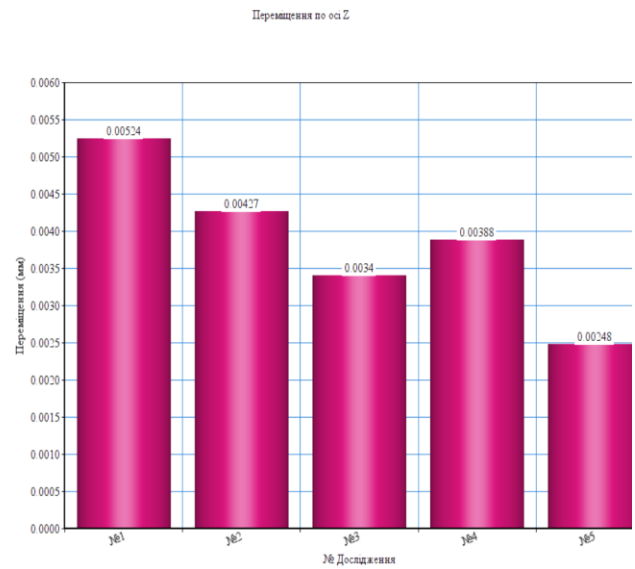


Рисунок 18. Порівняльна діаграма залежності переміщень по осі Z (зі знаком +)
Напруження по осі Z

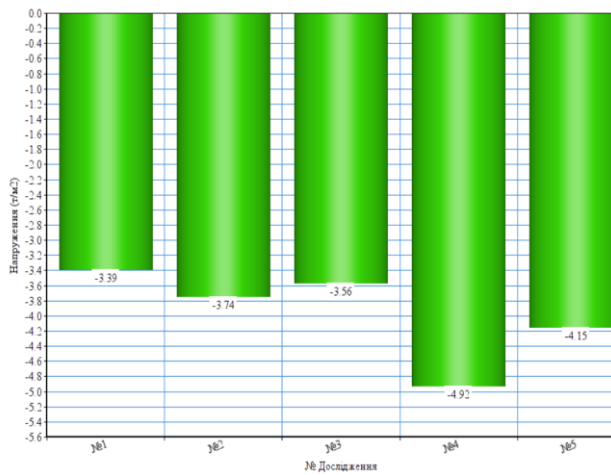


Рисунок 19. Порівняльна діаграма залежності напружень по осі Z (зі знаком -)
Ізополя моментів M_y , M_x .

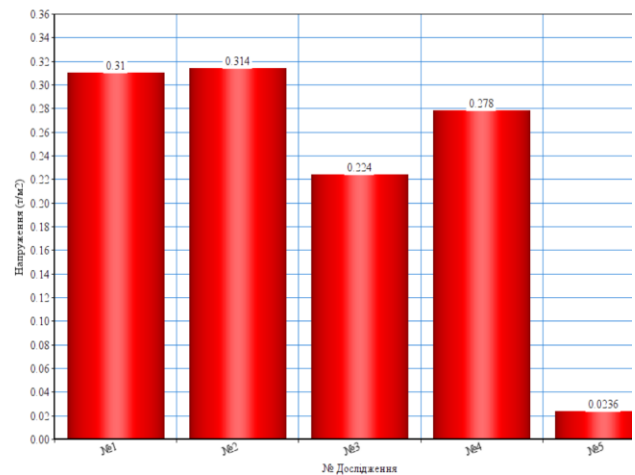


Рисунок 20. Порівняльна діаграма залежності напружень по осі Z (зі знаком +)
Ізополя моментів M_y , M_x .

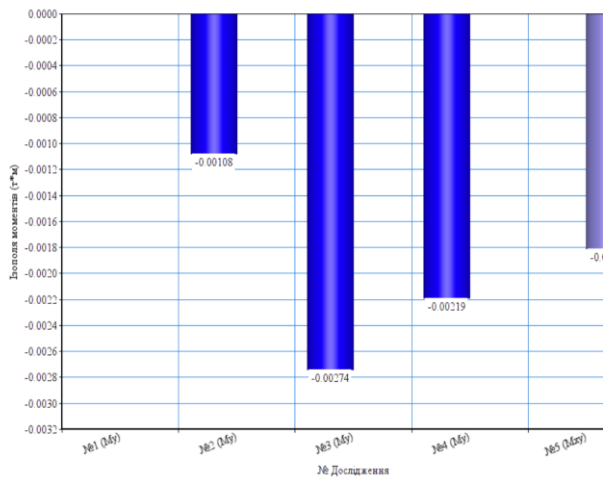


Рисунок 21. Порівняльна діаграма ізополя моментів відносно осей Y та XY (зі знаком -)

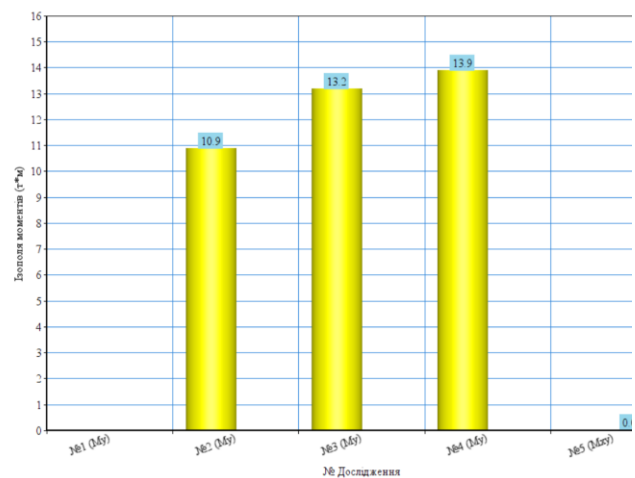


Рисунок 22. Порівняльна діаграма ізополя моментів відносно осей Y та XY (зі знаком +)

Висновки

1. За даними проведених досліджень, фундаменти на основі, підсиленій «шпальним розподільвачем» мають право на життя. Шпальний розподільвач з кроком 3 діаметра – зменшує осідання фундаменту на 28%. Шпальний розподільвач з кроком 6 діаметрів – зменшує осідання фундаменту на 9%. Шпальний розподільвач з кроком 9 діаметрів продемонстрував коло нульовий результат на малогабаритній моделі. Також за результатами ітераційних досліджень експерименту №5, щоб досягти ефективності варіанту з використанням шпального розподільвача (крок 3 діаметра) потрібно збільшити ширину фундаменту з 1.5 м до 2.2 м.

2. Спостерігаючи за ізополями моментів можна сказати що екстримальні значення виникають лише в центрі прольоту палі, в той час як в тілі плитної частини фундаменту майже не спостерігається серйозних змін. Даний позитивний ефект дає змогу зекономити на влаштуванні додаткової арматури в тілі фундаменту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. RU 2344231 C1, МПК E02D 27/01. «Способ устройства основания фундаментов сооружений с горизонтальным армированием сборными железобетонными элементами» / Саурин А.Н. (RU); Заявка 2007144381/03, 03.12.2007; Опубл. 20.01.2009 // Бюл.№2.
2. Ильичев В.А., Мариупольский Л.Г., Саурин А.Н., Корпач А.И. «О некоторых результатах наблюдений за осадками 17-ти этажного дома на шпальном распределителе» / Міжнародна конференція “Геотехнические проблемы мегаполисов” // Москва 7-10 червня 2010 м. – М., 2010. – Том 5. – С. 1647-1650.
3. Звіт по інженерно-геологічним вишукуванням на ділянці будівництва багатоповерхового житлового будинку по вул. Чапаєва, буд. 52а в м. Воронеж. ООО «ИНСТРОЙ», м. Воронеж, 2006 р.
4. Числові методи розрахунку в практичній геотехніці : збірник статей. / за ред.: А.Н. Саурин, А.И. Корпач. Санкт-Петербург : РААиСН. 389 с.

Деркач Дмитро Володимирович – магістрант, група Б-20м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dimaderkach1111@gmail.com

Науковий керівник: **Маєвська Ірина Вікторівна** — к. т. н, доцент, кафедра будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com maevska@vntu.edu.ua

Derkach Dmytro Volodymyrovych - undergraduate, group B-20m, Faculty of Construction, Heat Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dimaderkach1111@gmail.com

Supervisor: **Irina V. Mayevska** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. E-mail: irina.mayevskaja@gmail.com maevska@vntu.edu.ua