

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ З МОНОЛІТНИМ ЗАЛІЗОБЕТОННИМ КАРКАСОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі виконано оптимізацію фундаментної плити багатоповерхової будівлі з монолітним каркасом шляхом утворення отворів у зонах мінімальних напружень. Проведено порівняльний розрахунок суцільної плити та плити з отворами в програмному комплексі ЛІРА-САПР із застосуванням методу скінченних елементів. Проаналізовано вплив зміни геометрії фундаменту на напружено-деформований стан, осідання, розподіл реакцій ґрунту та витрати матеріалів.

Результати показали, що оптимізований варіант дозволяє зменшити обсяг бетону та арматури без суттєвих відхилень у роботі конструкції, що підтверджує доцільність використання отворів як способу підвищення ефективності плитних фундаментів.

Ключові слова: оптимізація, фундаментна плита, багатоповерхова будівля, монолітний залізобетонний каркас, розподіл навантажень, метод скінченних елементів, економічна ефективність, екологічність.

Abstract

The work optimizes the foundation slab of a multi-story building with a monolithic frame by creating holes in the zones of minimum stress. A comparative calculation of a solid plate and a plate with holes was carried out in the LIRA-CAD software complex using the finite element method. The effect of changing the geometry of the foundation on the stress-strain state, settlement, distribution of soil reactions, and material consumption was analyzed.

The results showed that the optimized version allows reducing the volume of concrete and reinforcement without significant deviations in the operation of the structure, which confirms the feasibility of using holes as a way to increase the efficiency of slab foundations.

Key words: optimization, foundation slab, multi-story building, monolithic reinforced concrete frame, load distribution, finite element method, economic efficiency, environmental friendliness.

Вступ

Сучасне проектування фундаментів багатоповерхових будівель орієнтується не лише на забезпечення надійності та довговічності конструкцій, а й на підвищення ефективності використання матеріалів. З огляду на зростання вартості бетону та арматури, а також актуальність екологічного підходу в будівництві, оптимізація конструктивних елементів стає важливим інженерним завданням. Одним із раціональних методів зменшення матеріаломісткості фундаментних плит є зміна їхньої конфігурації з урахуванням реального розподілу зусиль у конструкції.

Метод скінченних елементів забезпечує можливість детально проаналізувати напружено-деформований стан фундаментної плити та визначити ділянки, де вплив вертикальних навантажень є мінімальним. Це відкриває можливість локального зменшення товщини або формування отворів без втрати несучої здатності системи «будівля–фундамент–основа». Такий підхід дозволяє більш

раціонально використовувати матеріал, зменшити загальну масу фундаменту та оптимізувати роботу конструкції.

У межах дослідження проведено аналіз двох варіантів фундаментної плити — суцільної та оптимізованої за рахунок утворення отворів у зонах з найменшими розрахунковими значеннями тиску на ґрунт від будівлі (R_z). Порівняння виконано за основними показниками роботи конструкції: величинами осідань, значеннями згинальних моментів та обсягом необхідного армування. Це дозволяє оцінити ефективність запропонованого підходу та визначити його практичну доцільність для застосування в проектуванні багатоповерхових будівель.

Виклад основного матеріалу дослідження

Оптимізація конструктивного рішення фундаментної плити передбачає поетапний аналіз роботи суцільної плити, визначення зон мінімального впливу навантажень та формування раціональної конфігурації з урахуванням напружено-деформованого стану системи «будівля–фундамент–основа». Для цього проведено порівняльне моделювання двох варіантів фундаменту в програмному комплексі ЛІРА-САПР: суцільної плити та плити зі сформованими отворами у зонах з найменшим тиском на ґрунт (R_z) [1].

1. Аналіз вихідної моделі суцільної фундаментної плити

На першому етапі виконано моделювання суцільної фундаментної плити під багатоповерховою будівлею з монолітним каркасом [2]. Модель включала елементи жорсткості, навантаження від конструкцій надземної частини та параметри ґрунтової основи згідно з інженерно-геологічними вишукуваннями. Розрахунок проводився методом скінченних елементів з урахуванням просторової роботи плити.

Особливу увагу приділено тиску на ґрунт (R_z), який є визначальним параметром для визначення можливості перерозподілу матеріалу в конструкції. Аналіз отриманої епюри тиску на ґрунт (R_z) показав наявність ділянок, де значення тиску є мінімальними, а навантаження передаються на основу нерівномірно. Саме такі зони можуть бути використані для часткового розвантаження конструкції плитного фундаменту за допомогою локальних отворів.

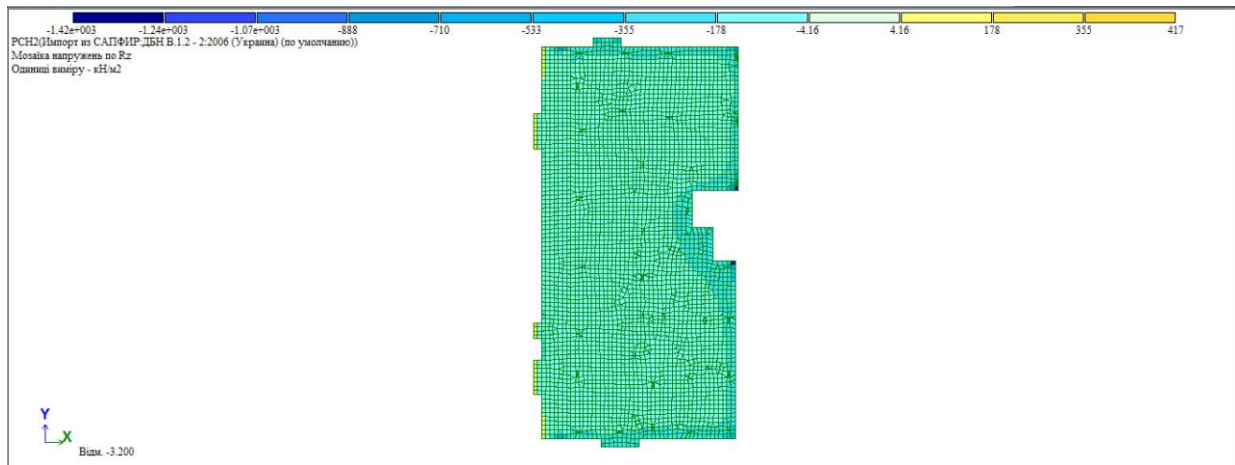


Рис. 1. Поле тиску на ґрунт (R_z) від будівлі для суцільної фундаментної плити.

2. Формування оптимізованої геометрії фундаментної плити

На основі аналізу карти напружень та тиску на ґрунт виконано оптимізацію плити шляхом формування отворів у місцях з мінімальними значеннями тиску на ґрунт (R_z) та найменшим впливом на загальну жорсткість конструкції [3]. При цьому забезпечено збереження цілісності плити, відсутність різких перепадів жорсткості та достатню відстань від опорних елементів.

Розроблений варіант оптимізованої плити дозволив зменшити обсяг бетону та арматури без погіршення несучої здатності та без суттєвого впливу на осідання. Подальший порівняльний аналіз підтвердив ефективність такого підходу.

3. Порівняння осідань двох варіантів фундаментних плит

Одним із ключових критеріїв оцінювання ефективності оптимізації є вертикальні переміщення (осідання) фундаментної плити. На цьому етапі виконано порівняння результатів для суцільного та оптимізованого варіантів [4].

Розрахунок показав, що максимальні осідання для двох моделей мають близькі значення, а форма кривої переміщень залишається подібною. Це свідчить про те, що утворення отворів у зонах з низьким навантаженням не призводить до нерівномірного просідання або втрати просторової жорсткості системи.

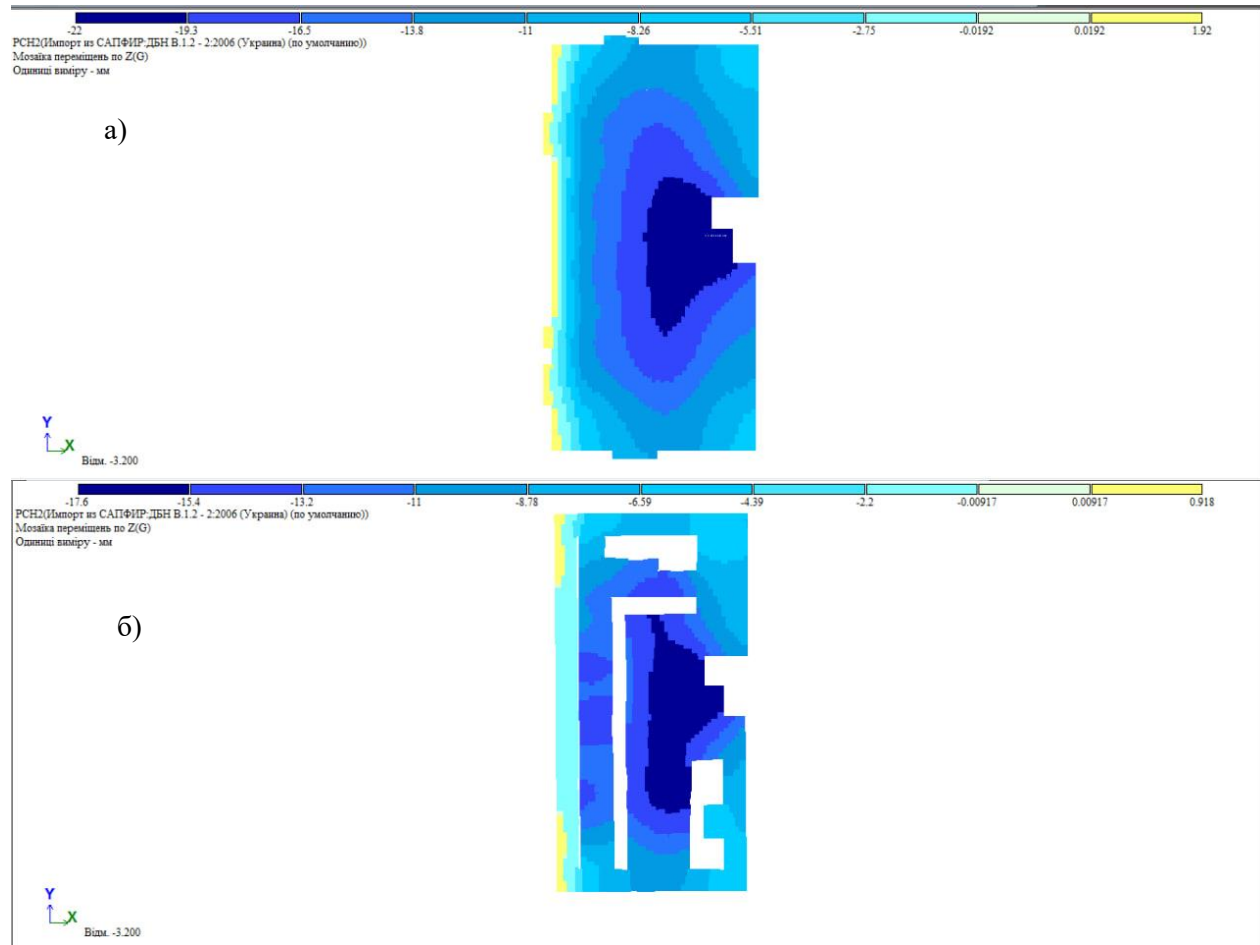


Рис. 2. Порівняння поверхонь осідання суцільної (а) та оптимізованої (б) плит.

Додатково відзначено, що в оптимізованому варіанті не спостерігається концентрації осідань у місцях вирізів, що підтверджує коректність їхнього розташування. Рівень сумарних вертикальних переміщень також знаходиться в межах нормативних вимог [5].

4. Порівняння згинальних моментів та роботи конструкції

Для забезпечення конструктивної надійності важливо, щоб оптимізована геометрія не призводила до збільшення згинальних моментів у критичних ділянках. За результатами аналізу діаграм моментів M_x та M_y встановлено, що:

- у більшості зон моментні значення збігаються з аналогічними параметрами суцільної плити;
- локальне збільшення моментів у крайових ділянках компенсується раціональним перерозподілом армування;
- загальний рівень напружень залишається в межах допустимих норм.

Це підтверджує, що конструкція працює стабільно навіть після оптимізації.

Висновки

Наведене дослідження підтвердило ефективність оптимізації фундаментної плити шляхом утворення отворів у зонах з мінімального тиску на ґрунт від будівлі. Порівняння двох моделей — суцільної та оптимізованої — показало, що зміна геометрії не призводить до суттєвого збільшення осідань, згинальних моментів чи напружень, при цьому забезпечуючи помітне зниження матеріаломісткості конструкції. Отримані результати демонструють можливість раціонального проектування плитних фундаментів із застосуванням методів числового моделювання, що дозволяє підвищити економічність проекту без втрати надійності та експлуатаційної безпеки споруди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гевко, І. Б., та Баб'як, М. І. Основи розрахунку і проектування будівельних конструкцій з монолітного залізобетону. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2018.
2. Козловський, В. Г. Інженерні основи оптимізації конструкцій фундаментних плит. Київ: НАУ, 2020.
3. Загородній, А. М. Розрахунок і проектування фундаментів з урахуванням оптимізації матеріалів. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2019.
4. Гайдай, С. О., та Лисенко, А. В. Монолітні залізобетонні конструкції у сучасному будівництві. Харків: ХНУБА, 2017.
5. І. М. Меть, А. С. Моргун Моделювання сумісної роботи каркасних будівель з основами та фундаментами. Вінниця: ВНТУ, 2013.

Валько Діана Олександрівна — студентка 2-го курсу магістратури, група 1Б-24м, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dianavalco12@gmail.com

Науковий керівник: **Блащук Наталя Вікторівна** — к. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: blaschuk@vntu.edu.ua

Valko Diana Oleksandrivna – 2nd year master's student, group 1B-24m, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dianavalco12@gmail.com

Supervisor: **Natalia Blaschuk** - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: blaschuk@vntu.edu.ua