

## ГРАДІЄНТНИЙ АНАЛІЗ СУМІСНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ "БУДІВЛЯ–ФУНДАМЕНТ–ОСНОВА" В ПРОСТОРОВІЙ ПОСТАНОВЦІ

І. М. Метъ

*Досліджено зміну внутрішніх зусиль в горизонтальних та вертикальних елементах. Виконано градієнтний аналіз перерозподілу зусиль в реальній будівлі, в геометрично нелінійній постановці при врахуванні роботи ґрунтової основи, відмічено загальні закономірності, та підтверджено явище довантаження периферійних та розвантаження центральних зон.*

*Исследовано изменение внутренних усилий в горизонтальных и вертикальных элементах. Сделан градиентный анализ перераспределения усилий в реальном здании в геометрически нелинейной постановке, при учете работы грунтового основания, отмечено общие закономерности, подтверждено явление догрузки периферийных и разгрузки центральных зон.*

*Change of internal efforts in horizontal and vertical elements is researched. It is made the gradient analysis of redistribution of efforts in a real building in geometrically nonlinear statement, at the account of work of the soil basis, it is noted the general laws and it is revealed effect increased load in peripheral and unloading of central zones is confirmed.*

### Вступ

Вимогою сьогодення є забезпечення надійності та довговічності будівель з позиції сумісної їх роботи з ґрунтовою основою. Тому досить актуальним є пошук нових конструктивних рішень сучасних висотних будівель з удосконаленням методів розрахунку та контролю їх технічного стану (моніторингу), який дозволяє виявити найбільш гострі недоліки в існуючих ДБН та визначити напрями їх подальшого розвитку.

Досвід моніторингу дозволяє виявити також невідомі раніше особливості сумісної роботи будівлі з ґрунтами основи, в тому числі появу так званої приєднаної маси ґрунту до фундаменту після спорудження будівлі. В спектрі частот при врахуванні основи з'являються додаткові піки, що змінює картину спектра, підтверджуючи наявність взаємодії наземної та підземної частин будівлі. Це викликає необхідність урахування в розрахункових моделях будівлі роботи ґрунтової основи, якій властива різка неоднорідність та дисперсність.

Сучасні ЕОМ відкривають дорогу до розрахунку споруд як єдиної просторової системи. А саме метод скінченних елементів (МСЕ) став інструментом числового аналізу міцності і надійності конструкцій ще з кінця 70-их років минулого століття. МСЕ дозволяє аналізувати міцність будівельних конструкцій на основі математичних моделей максимально наближених до дійсної роботи споруди, за однотиповою методикою проводити розрахунки як плоских, так і просторових стержневих систем, плит та комбінованих систем, які відображають сумісну роботу наземної та підземної частин будівлі з врахуванням відповідного перерозподілу зусиль між цими блоками.

### Постановка задачі, визначальні співвідношення

Таким чином, для сьогодення досить актуальним є питання виявлення перерозподілу внутрішніх зусиль в системі "будівля–фундамент–основа" при врахуванні реальної роботи ґрунтової основи. Для цього необхідно виконати:

- 1) компонування скінченно-елементної моделі досліджуваної п'ятиповерхової будівлі засобами програмного комплексу Ліра 9.4;
- 2) розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) системи "будівля–фундамент–основа" при жорсткому закріпленні;
- 3) розрахунок НДС ґрунтової основи будівлі відповідно до заданих інженерно-геологічних умов будівельного майданчика за методом граничних елементів, взято з роботи [3];
- 4) розрахунок НДС системи "будівля–фундамент–основа" з урахуванням геометричної нелінійності (прогнозне осідання будівлі отримано в пункті 3) відповідно до результатів розрахунку ґрунтової основи.

### Основна частина

В роботі в інтерактивному графічному середовищі ПК Ліра 9.4 проведено міцнісний розрахунок з урахуванням геометричної нелінійності п'ятиповерхової будівлі скінченно-елементна модель якої зображена на рис. 1. Оскільки для багатоповерхової будівлі найважливішим є напружено-деформований стан перших трьох поверхів [2], для них густота сітки, при компонуванні скінченно-елементної моделі була більшою. При дослідженні концентрації напружень в місцях різкої зміни перетинів скінченних елементів (місця примикання колони до плити) сітка дискретизації згущалась.

Як фундаментна конструкція прийнята плита товщиною 30 см, результати розрахунку взято з роботи [4].

При розгляді першого поверху розрахункової схеми будівлі в просторовій постановці було проаналізовано перерозподіл та характер зміни внутрішніх зусиль у вертикальних та горизонтальних елементах.

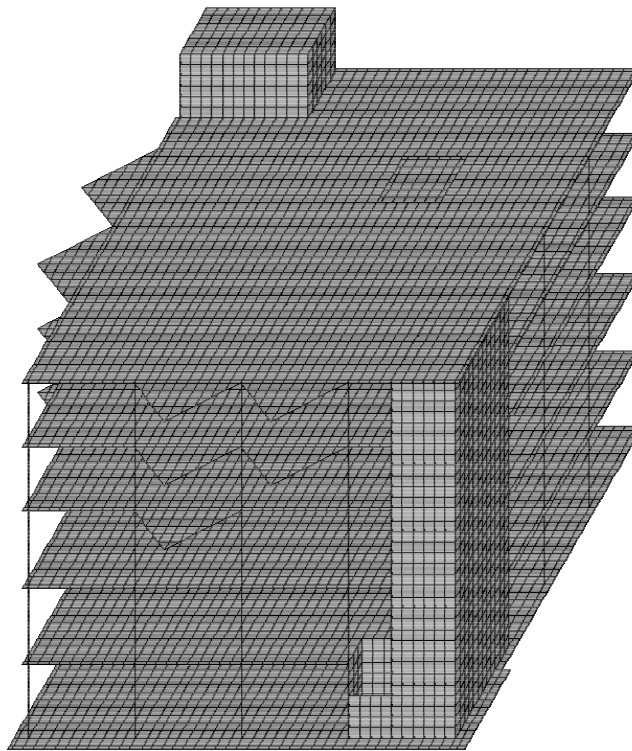


Рис. 1. Скінченно-елементна модель досліджуваного об'єкта

Поздовжні сили  $N$  у вертикальних елементах I-го поверху в кутових колонах збільшуються в 2,04 рази, в середніх крайніх колонах збільшуються в 1,13 рази, а центральні колони розвантажуються, їх зусилля складає 62 % від результатів жорсткого розрахунку.

В колонах I-го поверху  $M_y$  (згин в площині, перпендикулярній до місцевої осі  $Y_1$ ),  $M_z$  (згин в площині, перпендикулярній до місцевої осі  $Z_1$ ) збільшуються в порівнянні з жорстким розрахунком в місцях максимального прогину (58 мм) в 30-42 рази, в периферійних колонах I-го поверху  $M_y$  та  $M_z$  зростають в 4-6 разів.

Аналогічна картина перерозподілу зусиль у вертикальних елементах спостерігається в роботі [1] при дослідженні напружено-деформованого стану аварійної ситуації металевого каркасу балкової клітини: в колонах, осівших на 170 мм, згинальні моменти стрімко зростають ( $M_z$  – з 0,029 кН·м до 64,5 кН·м;  $M_y$  – з 1,29 кН·м до 43,75 кН·м).

Розглянута в просторовій постановці задача визначення градієнтів перерозподілу внутрішніх зусиль для горизонтальних елементів, яка подана на рис. 2 а, б.

З результатів розрахунку в горизонтальних елементах просторової будівлі згинальні моменти  $M_x$  та  $M_y$  зменшуються в місцях максимального прогину (58 мм) в 0,47–0,48 рази, а в периферійній частині, де осідання мінімальні (20 мм), згинальні моменти  $M_x$  та  $M_y$  збільшуються в 2,7–5,1 рази.

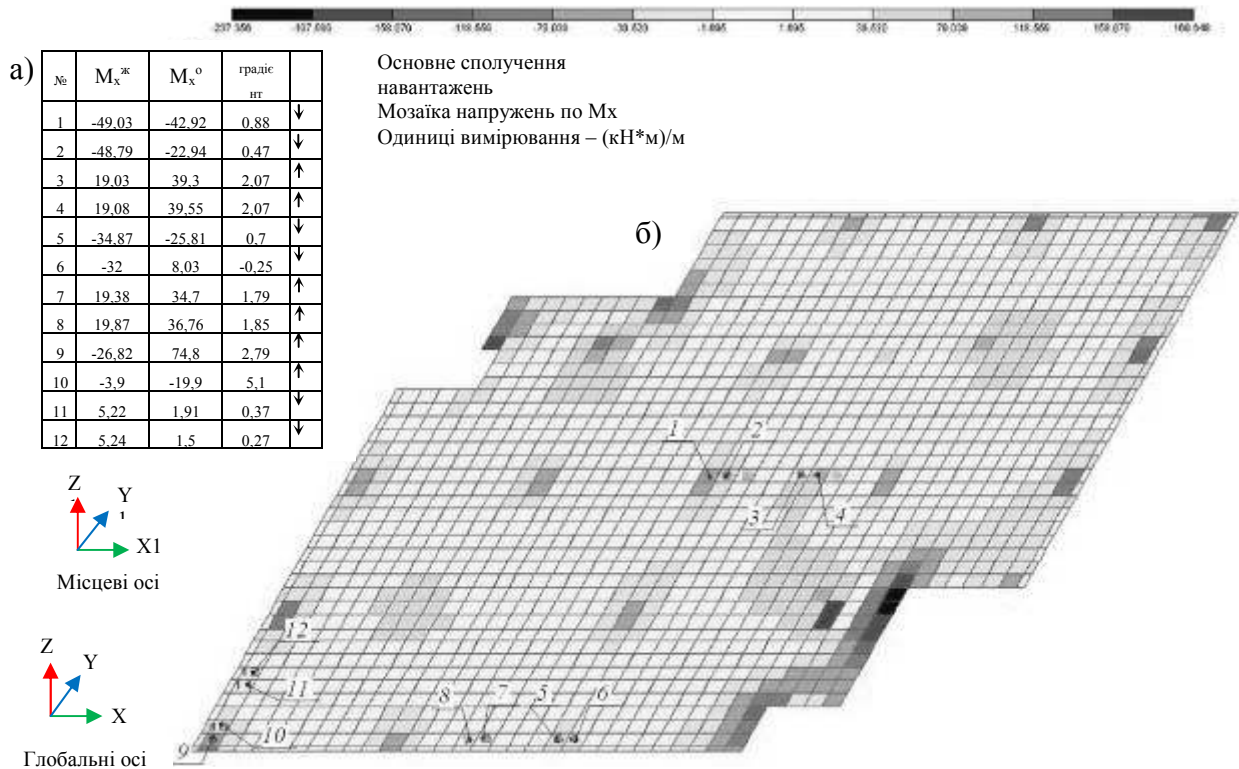


Рис. 2. Градієнт зміни напружень по  $M_x$  в плитних елементах – а, мозаїка напружень по  $M_x$  в плитних елементах першого поверху при врахуванні основи – б

### Висновки

- Розрахунок сумісної роботи наземної та підземної частин будівлі дозволяє виявити перерозподіл зусиль в горизонтальних та вертикальних елементах будівлі.
- Врахування такого перерозподілу зусиль дає можливість отримати більш економічне проектне вирішення.

### Список літератури

1. Моделювання напружено-деформованого стану балкової клітини, що зазнала ушкоджень внаслідок нерівномірних просідань фундаментів, для розроблення раціональних заходів із підсилення / В. О. Попов, Д. М. Байда, К. О. Чорноскутова, М. В. Маєвська / Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2010. – № 1(8). – С. 6 – 15.
2. А. С. Городецкий Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – К. : Факт, 2005. – 334 с.
3. Моргун А. С. Моделювання ефекту взаємодії системи "будівля–фундамент–основа" за числовим методом граничних елементів : монографія / Моргун А. С., Мет І. М., Ніцевич А. В. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 134 с.
4. Morgun A. Efforts redistribution in the "base–foundation–building" system whith the taken into consideration of plasto-elastic soil base deformation / A. Morgun, I. Met // The Third International Congress and Exhibition fib Annual Convention & bridge conference ; proceedings disk, Washington DC, May 29 – June 2, 2010, Gaylord National Resort

**Мет Іван Миколайович** – асистент кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.