

## УДОСКОНАЛЕННЯ ВРАХУВАННЯ ПІДДАТЛИВОСТІ ОСНОВИ ПРИ ПРОСТОРОВОМУ МОДЕЛЮВАННІ СПОРУД

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Проаналізована доцільність використання континуальної кінцево-елементної моделі піддатливої основи замість моделювання піддатливості основи за допомогою стержнів з заданим коефіцієнтом жорсткості. Аналіз виконаний з варіюванням конструктивної схеми будівлі та ступеню деформативності основи.*

*Показано, що перехід до просторового моделювання ґрунтового масиву дозволяє зменшити витрати арматури для безкаркасної будівлі на величину до 9%, а для повнокаркасної – до 30%. Для будівлі, у конструкціях якої не виникають зусилля від нерівномірних осідань, просторове моделювання ґрунтового масиву практично не дає ефекту.*

*Вид ґрунту практично мало впливає на відмінність між результатами розрахунку при різних схемах моделювання основи, хоча в менш жорстких ґрунтах ефект від перерозподілу зусиль виявився більшим.*

**Ключові слова:** жорсткість будівлі, жорсткість основи, сумісна робота, модель ґрунтової основи.

### *Annotation*

*The feasibility of using a continuous finite element model of a susceptible axle instead of modeling the substrate's elasticity with the help of rods with a given stiffness factor is analyzed. The analysis is made with the variation of the structural scheme of the building and the degree of deformation of the base.*

*It is shown that the transition to spatial modeling of the soil massif reduces the cost of reinforcement for frameless building by up to 9%, and for full frame - up to 30%. For a building that does not suffer from uneven sedimentation in the constructions, the spatial modeling of the soil array has little effect.*

*The type of soil practically has little effect on the difference between the results of the calculation under different schemes of foundation modeling, although in less rigid soils the effect of the redistribution of effort was greater.*

**Keywords:** rigidity of the building, rigidity of the base, teamwork, soil base model.

### **Вступ**

Жорсткість фундаментів з надземними конструкціями визначає здатність споруди вирівнювати осідання основи в плані подошви фундаментів. Більш жорсткі споруди забезпечують рівномірний розподіл осідань, а збільшення гнучкості приводить до значних нерівномірних осідань і деформацій.

Комплексний спільний розрахунок надземної будівлі, фундаменту і ґрунтової основи може передбачати різні варіанти моделювання піддатливості основи. Найкращим варіантом є використання континуальних кінцево-елементних моделей. Основа в таких розрахункових схемах представляється як лінійно чи нелінійно деформівне середовище. З огляду на складність моделювання основи як континуального середовища, часто вдаються до спрощених розрахункових схем у відношенні основи, зокрема модель перемінного коефіцієнту жорсткості.

До теперішнього часу відсутні рекомендації для проєктувальників щодо доцільності використання моделювання піддатливості основи з використанням континуальних кінцево-елементних моделей у конкретних випадках проєктної практики. Питання вибору моделі системи «ґрунтова основа – фундамент – будівля», яка максимально враховує наявність та вплив всіх негативних та позитивних факторів, що впливають на напружено-деформований стан елементів цієї системи, залишається актуальним.

У даній роботі поставлені задачі:

1. Розглянути і проаналізувати декілька конструктивних схем будівель, що застосовуються на практиці, обрати серед них такі, які мають різну просторову жорсткість. Обрати для подальшого розгляду три принципово різні за просторовою жорсткістю конструктивних схеми.

2. Скласти розрахункові моделі для комплексного спільного розрахунку надземної будівлі, фундаментів і ґрунтової основи у двох варіантах:

- з моделюванням піддатливості основи за допомогою стержнів з заданим коефіцієнтом жорсткості;
  - з використанням континуальної кінцево-елементної моделі піддатливої основи.
3. Виконати комплексний спільний розрахунок надземної будівлі, фундаментів і ґрунтової основи для трьох обраних конструктивних схем при різних варіантах ґрунтових умов.

### Результати дослідження

У роботі був виконаний просторовий розрахунок трьох будівель з принципово різними конструктивними схемами. Головна їх відмінність у різній просторовій жорсткості і відповідно чутливості до нерівномірних деформацій основи [1, 2].

Відповідно для розрахунку були обрані такі будівлі:

1. Повнокаркасна чотирьох поверхова будівля з монолітними колонами та перекриттями і самонесучими полегшеними стінами;
2. Безкаркасний цегляний двоповерховий блок з монолітним перекриттям;
3. Одноповерхова однопролітна виробнича будівля з збірних залізобетонних конструкцій з шарнірним спиранням ригеля на колони.

Оскільки напружено-деформований стан системи “основа–фундамент–будівля” залежить не тільки від жорсткості будівлі, а і від жорсткості основи, то для розгляду було обрано два типи ґрунтових основ:

1. Ґрунтова основа з глинистих ґрунтів з достатньо низьким значенням приведенного модулі деформації;
2. Ґрунтова основа з піщаних ґрунтів з порівняно великим значенням модуля деформації.

Кожна з обраних трьох типів будівель була розрахована на двох різних ґрунтових основах.

У кожному випадку розрахунок виконувався двічі: з складанням просторової моделі ґрунтової основи і з використанням моделювання піддатливості основи за допомогою коефіцієнта жорсткості.

Розрахунки виконані за допомогою програмного комплексу Лира 9,6.

Для будівель №1 та №2 аналіз відмінностей напружено-деформованого стану при використанні різних моделей ґрунту і різних його видів здійснювався на прикладі плити перекриття, як найбільш чутливого елемента.

Для будівлі №3 аналіз відмінностей напружено-деформованого стану при використанні різних моделей ґрунту і різних його видів здійснювався на прикладі балки покриття (ригеля рами).

Аналіз одержаних результатів показав, що для одноповерхової виробничої будівлі з низькою просторовою жорсткістю надземної частини будівлі результати розрахунків з використанням різних моделей основи відрізняються несуттєво, для будівель з більшою просторовою жорсткістю перехід до просторового моделювання ґрунтового масиву призводить до кращого перерозподілу зусиль, що в результаті впливає при призначенні армування на кількість витрачених матеріалів в бік їх зменшення.

Вид ґрунту практично мало впливає на відмінність між результатами розрахунку при різних схемах моделювання основи, хоча в менш жорстких ґрунтах ефект від перерозподілу зусиль виявився більшим, як це і можна було логічно очікувати.

Для визначення економічної ефективності від використання континуальної кінцево-елементної моделі піддатливої основи у порівнянні з моделюванням піддатливості основи за допомогою стержнів з заданим коефіцієнтом жорсткості були виконані порівняльні розрахунки плити перекриття чотирьохповерхової каркасної будівлі.

Спочатку виконаний такий розрахунок за традиційною методикою з врахуванням піддатливості основи через змінний коефіцієнт жорсткості, який залежить від нашарування ґрунтової основи, жорсткості надфундаментних конструкцій та прикладених навантажень. Виконане конструювання плити перекриття над першим поверхом у будівлі.

Аналогічний розрахунок плити перекриття виконаний на базі кінцево-елементної моделі піддатливої основи. При цьому побудова кінцево-елементної моделі піддатливої основи дозволила зафіксувати більш рівномірний перерозподіл внутрішніх зусиль в плитах перекриття.

При конструюванні і призначенні розкладки арматури це дозволило:

- зменшити діаметр фонові арматури в верхній зоні з діаметру 12 мм до діаметру 10 мм;
- в місцях концентрації напружень у верхній зоні над колонами та пілонами зменшити діаметр додаткової арматури з діаметру 22 мм до 20 та 18 мм відповідно;

- в місцях концентрації напружень у нижній зоні між осями Г та Д зменшити діаметр додаткової арматури з діаметру 12 мм до 10.

Підрахований економічний ефект від впровадження наукової розробки.

Отримані дані свідчать про те, що варіант конструктивного рішення плити перекриття на базі кінцево-елементної моделі піддатливої основи є економічним варіантом, оскільки цей варіант має найменший показник приведених витрат –198,861 тис. грн., а тому економічний ефект –18,64 тис. грн. у порівнянні з дорожчим варіантом будівництва – 217,5 тис. грн.

### Висновки

1. Перехід до просторового моделювання призводить до більш адекватної картини розподілу внутрішніх зусиль і дозволяє для багатопверхової каркасної будівлі одержувати більш економічні рішення.

2. Для одноповерхової виробничої будівлі з низькою просторовою жорсткістю надземної частини будівлі результати розрахунків з використанням різних моделей основи відрізняються несуттєво, для будівель з більшою просторовою жорсткістю перехід до просторового моделювання ґрунтового масиву призводить до кращого перерозподілу зусиль, що в результаті впливає при призначенні армування на кількість витрачених матеріалів в бік їх зменшення.

3. Вид ґрунту практично мало впливає на відмінність між результатами розрахунку при різних схемах моделювання основи, хоча в менш жорстких ґрунтах ефект від перерозподілу зусиль виявився більшим.

4. Перехід до просторового моделювання ґрунтового масиву дозволяє зменшити витрати арматури для безкаркасної будівлі на величину до 9%, а для повнокаркасної – до 30%. Для будівлі, у конструкціях якої не виникають зусилля від нерівномірних осідань, просторове моделювання ґрунтового масиву практично не дає ефекту

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нестеренко В. М., Орінгель Гай, Масєвська І. В. Моделювання ґрунтової основи при просторовому розрахунку каркасної будівлі різними методами / *Енергоефективність в галузях економіки України*. Тези доповіді міжнародн. н/т конф. (Вінниця, 12-14 листопада 2019 р.), м. Вінниця, ВНТУ, 2019 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2019/paper/view/8264>.

2. Нестеренко В. М., Масєвська І. В. Ефект від використання континуальної моделі ґрунтової основи при врахуванні піддатливості основи/ Тези доповіді XLIX міжнародн. н/т конф. ВНТУ, м. Вінниця, ВНТУ, 2020 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9062>.

3. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною №1 та №2. - [Чинний від 2012-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с. – (Національні стандарти України).

**Володимир Миколайович Нестеренко** — магістрант гр. Б-18мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет. М, Вінниця.

Науковий керівник: **Ірина Вікторівна Масєвська** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail:

[irina.mayevskaja@gmail.com](mailto:irina.mayevskaja@gmail.com)

**Volodymir Nesterenko** - Master hr. B-18mi, Department of construction of thermal power and gas, Vinnytsia National Technical University.

Supervisor **Irina V. Majewska** - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.