

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА МГЕ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ 11 – ПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ СПОРУДИ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

В роботі за числовим методом граничних елементів (МГЕ) проведено прогнозування напружено-деформованого стану (НДС) фундаментної плити з метою визначення її несучої спроможності.

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, метод граничних елементів, несуча спроможність.

## Abstract

In this paper, the numerical boundary element method (BEM) held prediction of stress-strain state (SSS) base plate to determine its carrying capacity.

**Keywords:** mode of deformation, boundary element method, load-bearing capacity.

Висотні споруди є вельми індивідуальними спорудами, вони потребують індивідуальної прив'язки до ґрунтів конкретного будівельного майданчика, умови прив'язки практично не повторюються. Сьогодні числовий аналіз стає необхідним елементом проектування відповідальних і складних об'єктів геотехнічного будівництва.

В ґрунтах працюють механізми саморегулювання середовища. Напруження з пластичних зон ґрунту передаються на сусідні менш напружені області. Урахування цих процесів дозволяє суттєво скоротити витрати на спорудження підземної частини висотних будівель з додержанням вимог надійності і довговічності конструкцій.

Оскільки однією із актуальних задач фундаментобудування є розробка і впровадження більш сучасних методів їх розрахунку, направлених на реалізацію резервів системи «основа-фундамент», тема роботи є актуальною.

Розвиток будівельної галузі пов'язаний з впровадженням в будівельну практику нових технологій прогнозного розрахунку. Для напрацювання алгоритму автоматизованої оцінки напружено-деформованого стану системи «фундаментна плита – ґрунтова основа» 11-поверхової житлової споруди, використано неасоційований закон теорії пластичної течії та дилатансійна теорія дисперсного середовища В. М. Ніколаєвського – І. П. Бойка [1,2]. Система вихідних розрахункових диференціальних рівнянь в частинних похідних (рівняння статичі, геометричні, фізичні) зведена К. Бреббія [3] до інтегрального рівняння Вольтера другого порядку:

$$C_{ij}(\xi)u_j(\xi) + \int_{\Gamma} p_{ij}^*(\xi, x)u_j(x)d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(\xi, x)p_j(x)d\Gamma(x), \quad (1)$$

яке в роботі розв'язано числовим МГЕ.

Досліджувана область активної зони ґрунтової основи розділялась на групу з'єднаних між собою під областями доволі простої конфігурації, які називаються граничними елементами (ГЕ), тобто була реалізована ідея Пуассона подання складного об'єкта його складовими. В роботі дискретизація контактної поверхні фундаментної плити проведена лінійними ГЕ, активна зона ґрунту, дискретизувалась трикутними осередками.

Процес аналітичного інтегрування (1) замінювався після дискретизації досліджуваного об'єкта процесом розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь, що пов'язують напруження і переміщення в вузлах ГЕ лише по границі досліджуваної області.

Для визначення межі пружної поведінки ґрунтової основи використано модель пружнопластичного середовища Мізеса-Шлейхера-Боткіна, критерій пластичності Мізеса-Шлейхера-Боткіна в координатах головних напружень

$$f = \begin{cases} T + \sigma_m \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_m \leq p_0 \\ T + p_0 \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0 & \text{при } \sigma_m > p_0 \end{cases} \quad (2)$$

Розрахунок граничного стану проводиться за траєкторією простого навантаження, пропорційно одному параметру змінювались компоненти девіатора напружень. Ще дано можливість обчислювати приріст пластичних деформацій під час текучого кроку навантаження, а потім знаходити сумарні деформації шляхом додавання [3]:

Вектор пластичних деформацій даної моделі визначався за формулою:

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \sum \varepsilon_{ij}^p + d\varepsilon_{ij}^p \delta_{ij}, \quad d\varepsilon_{ij}^p = d\varepsilon_{ij}^p \delta_{ij} + d\varepsilon_{ij}^p \delta_{ij}, \quad (3)$$

Для визначення  $d\varepsilon_{ij}^p$  використано неасоційований закон пластичної течії:

$$d\varepsilon_{ij}^p = d\lambda \frac{\partial F}{\partial \sigma}, \quad F \neq f, \quad (4)$$

де  $d\lambda$  – скалярний множник;  $F$  – пластичний потенціал,  $\sigma$  – тензор напружень,  $f$  – критерій переходу до критичного стану.

При математичній реалізації нелінійної задачі деформування ґрунтової основи використаємо ефективний алгоритм Ільюшина О. А., коли на кожному наступному кроці використовується розв’язок задачі попереднього кроку. Результати розрахунку фундаментної плити  $h = 0,7$  м для споруди на рис. 1 наведено на рис. 1.

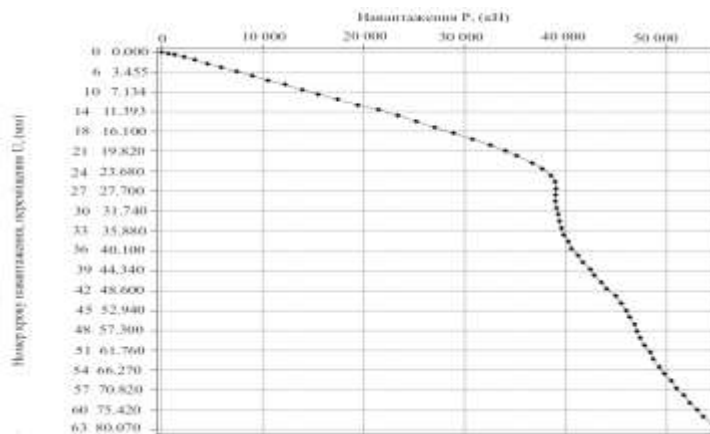


Рисунок 1 – Графік «Навантаження – осідання» для фундаментної плити  $h = 0,7$  м

При вазі споруди  $P = 4000$  кН, підрахованої згідно ПК «Ліра», величина осідання  $S = 3,17$  см, що менше допустимого  $S_u = 12$  см.

Використання в прогностичних розрахунках нових нелінійних дилатансійних пружнопластичних моделей дає можливість ще на стадії проектування прогнозувати НДС основ, варіювати вхідними параметрами для отримання найбільш економічного рішення, та отримувати картину роботи ґрунтової основи під тисками сучасних висотних будівель.

Отриманий за МГЕ прогностичний графік «навантаження – осідання» поведінки фундаментної плити під навантаженням аж до його «зриву» дає можливість визначити несучу здатність фундаментної плити згідно критерію  $S \leq S_u$  та при нагоді більш повно (економічніше) використовувати резерви несучої здатності при конкретних ґрунтових умовах.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Николаевский В. М. Современные проблемы механики грунтов/ В. М. Николаевский «Определяющие законы механики грунтов». – М.:Стройиздат, 1975. – С.210-227.
2. Бойко И. П. Напряженно-деформированное состояние упруго- пластического дилатирующего основания свайных фундаментов/ И. П. Бойко «Основания и фундаменты»; вып. 19. – К.: Будівельник, 1986. – С.79.
3. Бреббия К. Методы граничных элементов/ Бреббия К., Телес Ж., Вроубел Л.. пер. с англ. Л. Г. Корнейчука под ред. Э. И. Григолюка. – М.: Мир, 1987. – 524 с.

4. Моргун А. С., Комп'ютерні технології розрахунку фундаментних конструкцій на основі методу граничних елементів/  
А. С. Моргун, І. М. Меть, А. В. Ніцевич. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 162 с.

Рекомендовано кафедрою БМГА.

**Моргун Алла Серафимівна** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ;

**Заверуха Ніна Олександрівна** – студент Вінницького національного технічного університету, e-mail: nina2796@yandex.ru;

**Плясовиця Віталій Юрійович** – директор фірми «Плясовиці».

**Morgun Alla Serafimovna** – Dr. Sc., Professor, Head of Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

**Zaveruha Nina** – a student of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia; e-mail: nina2796@yandex.ru;

**Plyasovytsya Vitaliy Yurevich** – director of "Plyasovytsi.", Vinnytsia.

