

## ДЕФОРМАЦІЇ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В роботі розглянуті методики розрахунку деформацій пальових фундаментів багатопверхових будівель*

**Ключові слова :** *напружено-деформований стан, пальовий фундамент, осідання, багатопверхова будівля*

### **Abstract**

Methods of calculating deformations of pile foundations of multistory buildings are considered in this work

**Keywords :** *mode of deformation, pile foundation, sediment, multistory building*

### **Вступ**

Незважаючи на тривалий досвід застосування пальових фундаментів та значну кількість досліджень взаємодії паль з ґрунтом, методи розрахунків одиночних паль та пальових фундаментів за першою та другою групами граничних станів мають недостатню достовірність. Чисельні дослідження пальових фундаментів при їх розрахунку за деформаціями на сьогоднішній день є особливо актуальними. Вивчення напружено-деформованого стану основи пальових фундаментів дає можливість оптимізації конструкцій фундаментів, зниження їх матеріаломісткості та витрат на будівництво. Розрахунки пальових фундаментів по першій і другій групах граничних станів, рекомендовані будівельними нормами і правилами, виконуються за різними розрахунковими моделями та не мають єдиної універсальної структури. Реалізація чисельних експериментів фундаментів різних конструкцій дозволяє в короткі терміни оцінити ефективність роботи фундаментів по нелінійним моделям ґрунтової основи, близьким до дійсної роботи ґрунтів. Сформований алгоритм проектування стовпчастих пальових фундаментів зводиться до наступного: визначення необхідної кількості паль (вимоги першої групи граничних станів) і розрахунок осідань як умовного фундаменту (вимоги другої групи граничних станів). При цьому в розрахунку осідань ніяким чином не бере загальна кількість паль у фундаменті, а грають роль тільки його габарити. Виникає закономірне питання: як впливає зменшення кількості паль в складі стовбчастого пальового фундаменту на напружено-деформований стан ґрунтової основи і осідання умовного фундаменту без зміни його габаритів? Тому дана робота націлена на пошук оптимальних методів розрахунку деформацій пальових фундаментів.

### **Результати досліджень**

Було розглянуто методики розрахунку осідань пальових фундаментів, результати яких дають гарну збіжність з результатами геодезичних спостережень та які дають можливість оптимізації конструкцій фундаментів та збільшують економічну ефективність.

В 1994 році у своїй книзі Бартоломей А.А. [1] розмістив таблиці, складені з врахуванням глибини прикладених навантажень, за якими осідання паль визначається більш точно. Розроблений метод враховує такі важливі фактори, як глибину прикладення навантажень і передачу її через бокову поверхню фундаменту і в площині вістря палі, розміри фундаменту, коефіцієнт бокового розширення ґрунту, напруження та деформації у всій активній зоні. В результаті вирішення систем рівнянь були знайдені коефіцієнти  $\lambda$  та  $\beta$ , які характеризують співвідношення між несучою спроможністю бокової поверхні і опір підшви куців паль.

У 2013 році винайдений патент на тему "Спосіб визначення несучої здатності палі по бічній поверхні" авторів [Бікус К. М.](#) та [Крисан В. В.](#) [2]. Винахід належить до області будівництва, а саме до інженерно-геологічних вишукувань, зокрема до випробувань ґрунтів палями. В основу винаходу покладено задачу - визначення фактичної несучої здатності палі по бічній поверхні і вдосконалення способу польових випробувань ґрунтів палями. Поставлена задача вирішуються тим, що спосіб

визначення несучої здатності палі по бічній поверхні за параметрами навантаження основ на польовому випробуванні ґрунту палею, передбачає влаштування свердловини під палею, влаштування палі в свердловині, з подальшим випробуванням контрольованим вертикальним навантаженням, причому перед влаштуванням палі на забій свердловини встановлюється камера, для виключення спірання нижнього кінця палі на ґрунт, і подальше випробування виконується контрольованим статичним вертикальним вдавлювальним навантаженням до моменту зриву палі.

Бойко І. П. у своїй роботі "Пальові фундаменти висотних будинків у складних ґрунтових умовах"[3] встановив, що влаштування фундаментів у складних ґрунтових умовах із палей різної довжини дозволяє досягнути рівномірного перерозподілу зусиль у фундаментних конструкціях. Раціональне розташування палей та їх розмір забезпечує зменшення осідання фундаментної плити майже удвічі. Показано, що всебічне дослідження напружено-деформованого стану елементів системи "основа-фундамент-надземні конструкції" дозволяє отримати надійні та економічні рішення фундаментних конструкцій з раціональним розташуванням палей у фундаменті та їх різною довжиною з урахуванням нашарування ґрунтових умов. Розглянуто проблемні питання проектування пальових фундаментів висотного будівництва. Наведені рекомендації по вибору довжини палей та поділу фундаментів на пальову основу та пальовий фундамент.

Мелашенко Юрій Борисович у дисертації "Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовою основою при вертикальному навантаженні" [4] запропонував методику визначення осідання одиночних палей і пальових фундаментів з урахуванням їх взаємного впливу у фундаменті. Для цього використано розв'язок Р. Міндліна та Д. Ченя для компонентів напружень і деформацій, що виникають у пружному напівпросторі під дією нормальної до її границі зосередженої сили.

Цілю магістерської кваліфікаційної роботи було провести порівняльний числовий аналіз деформацій плитно-пального фундаменту п'ятнадцяти поверхової будівлі при використанні різних моделей основ. Для чисельного моделювання роботи системи «основа-фундамент- будівля» було обрано програмний комплекс Лира- САПР та підсистема " Ґрунт " за допомогою яких було запроєктовано просторову модель будівлі. За даними характеристик ґрунтів було проведено побудову моделі ґрунту. Відповідно до цієї моделі по всій області плити визначили значення коефіцієнтів жорсткості  $C_1$ ,  $C_2$ , що залежать від навантажень на фундаментну плиту, а також обчислили деформації.

Для плити були задані такі параметри жорсткості як : модуль пружності ( $E$ ), коефіцієнт Пуассона ( $\nu$ ); товщина плити ( $H$ ); питома вага матеріалу ( $\rho$ ). По всій області плити визначили значення коефіцієнтів жорсткості  $C_1$ ,  $C_2$ , що залежать від навантажень на фундаментну плиту, обчислені в автоматичному режимі і організовані в ітераційний процес, що уточнює тиск на ґрунт під подошвою запроєктованої плити. Величини коефіцієнтів  $C_1$  та  $C_2$  для кожного кінцевого елемента автоматично передаються в загальну комп'ютерну модель для подальшого розрахунку конструкції спільно з ґрунтовою основою. Палі задані кінцевими елементами з врахуванням розрахункового опору ґрунту під нижнім кінцем палі.

Порівняння запропонованих варіантів розміщення палей в фундаменті наведено в таблиці 1. Варіант номер один був розрахований за нормами та без врахування роботи плитної частини, наступні варіанти запропоновані авторами.

Таблиця 1 - Порівняння варіантів фундаментів

№ варіанту	Кількість палей	Крок палей в ряді	Крок палей між рядами	Максимальні осідання, см
1	474	3d	4d	5.29
2	345	4d	4d	7.73
3	312	6d	3d	8.9

В таблиці наведено порівняння варіантів комбінованих плігно- пальових фундаментів з різною кількістю палей та кроком. Варіант номер один був розрахований за нормами та без врахування роботи плитної частини, наступні варіанти розраховані з врахуванням сприйняття плитною частиною частки навантажень.

З порівняння різних варіантів видно, що застосування методу скінченних елементів для розрахунку пальових фундаментів забезпечує більш надійні та економічні рішення при проектуванні таких фундаментів за рахунок передачі частини навантаження через подошву низького ростверку.

## Висновки

При проведенні порівняльного аналізу встановлено, що врахування опору ґрунту під подошвою низького ростверку в розрахунках деформацій плитно-пальових фундаментів є резервом підвищення їх економічної ефективності, зменшення кількості палей на влаштування фундаменту, товщини ростверку.

Розрахунок пальових фундаментів числовим моделюванням дозволяє отримувати чіткішу картину деформацій фундаментів та більш економічні проектні рішення.

З порівняння різних варіантів видно, що застосування методу скінченних елементів для розрахунку пальових фундаментів забезпечує більш надійні та економічні рішення при проектуванні таких фундаментів за рахунок передачі частини навантаження через підшву низького ростверку.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С. Прогноз осадок свайних фундаментов / Под ред. А.А. Бартоломея. - М.: Стройиздат, 1994- 384 с.:ил. - ISBN 5-274-01174-8
2. <http://dissertation.com.ua/node/682070>
3. <http://uapatents.com/5-86266-sposib-viznachennya-nesucho-zdatnosti-pali-po-bichnijj-poverkhni.html>
4. Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовою основою при вертикальному навантаженні : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / Мелашенко Юрій Борисович ; ДП "Держ. НДІ буд. конструкцій"(ДП НДІБК). - К., 2009. - 20 с.

**Палій Наталія Олександрівна** - студент групи Б-16м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Друкований Михайло Федорович** - д.т.н., професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет.

**Nataliya O. Paliy** - Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Mykhaylo F. Drukovanyy** - Ph.D., professor of the Department of Civil Engineering, Municipal Economy and Architecture Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.