

## 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 методика визначення осідання одиночних палей і пальових фундаментів з урахуванням їх взаємного впливу у фундаменті. Для цього використано розв'язок Р. Міндіна та Д. Ченя для компонентів напружень і деформацій, що виникають у пружному напівпросторі під дією нормальної до її границі зосередженої сили.

Також цікавим є метод [5] дослідження напружено-деформованого стану і осідання пальових фундаментів з видаленою центральною палею. Якщо говорити тільки про розрахункову сторону питання, то задача знаходження оптимальної конструкції фундаменту зводиться до розробки такої ефективної конструкції, в якій не буде умовно зайвих елементів, а оптимальною конструкція фундаменту буде в тому випадку, коли окремі елементи фундаменту (ростверк і палі) будуть повністю вичерпувати свою несучу здатність в один і той же час.

Таким чином, вдосконалення методів розрахунку і оптимальне проектування будь-якої інженерної системи в цілому і конструкцій пальових фундаментів зокрема є важливими завданнями для інженера-конструктора.

Насправді палі в складі фундаменту при завантаженні його зосередженою силою сприймають різні навантаження. Розподіл навантажень між палями в складі фундаменту пов'язане з їх взаємним впливом і особливостями фізико-механічних характеристик ґрунтової основи. У зв'язку з цим оптимальний розподіл палей в складі фундаменту, застосування палей різної довжини і конструкції в складі одного фундаменту є завданнями підвищення ефективності та оптимального проектування пальових фундаментів.

Предметом представлених в роботі чисельних досліджень стали чотири-, п'яти-, восьми- і дев'ятипальові куці, об'єднані високим жорстким ростверком.

Було проведено якісні і кількісні порівняльні оцінки роботи стовпчастих п'яти- і дев'яти-, а також чотирьох- і восьмипальових фундаментів. Особливістю конструкцій чотирьох- і восьмипальових фундаментів стало те, що їх габарити і розташування палей виходили автоматично, шляхом видалення центральної палі з п'яти- і дев'ятипальових фундаментів. Геометричні розміри пальових куців представлені на рис. 1.

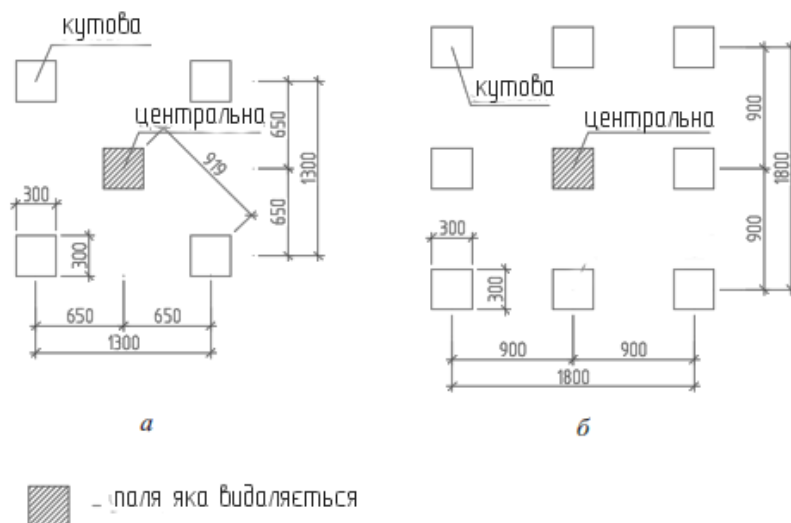


Рис.1. Геометричні параметри пальових фундаментів: а-фундамент з п'яти та чотирьох палей; б-фундамент з дев'яти та вісьми палей

В ході роботи:

- виконано порівняння осідання п'яти- і чотирьох-, а також дев'яти-і восьмипальових фундаментів між собою;
- знайдені зусилля в палях в складі чотирьох-, п'яти-, восьми- і дев'ятипальових фундаментів;
- визначені згинальні моменти в ростверку, виконано їх порівняння для п'яти-і чотирьох-, а також дев'яти-і восьмипальових фундаментів;
- зроблені висновки про зміну осідання фундаментів у разі розрідженого кроку паль.

Розрахунки осідань і напружено-деформованого стану ґрунтової основи, розподіл зусиль між палями і оцінка зусиль в ростверку виконувалися в нелінійній постановці по моделі Мора-Кулона і в лінійній постановці як для лінійно-деформованого твердого тіла в геотехнічній програмі Plaxis 3D Foundation. Деформації основи від власної ваги ґрунту, виготовлення фундаментів і влаштування паль не враховувалися.

## Висновки

Порівняльні чисельні дослідження пальових куців з п'ятьма і чотирма палями, а також з дев'ятьма і вісьмома палями показали, що видалення центральної палі призводить до незначного збільшення осідань пальового фундаменту і збільшення армування ростверку. Проведення натурних експериментів і створення єдиної розрахункової моделі пальових фундаментів є завданнями подальших досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С. Прогноз осадок свайных 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-bichnij-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.
5. Мальшикин А.П., Есипов А.В. Численные исследования напряженно-деформированного состояния и осадок свайных фундаментов с удаленной центральной сваей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. - 2016. - Т. 7, № 4. - С. 93-101. DOI: 10.15593/2224- 9826/2016.4.09

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

Науковий керівник: **Блащук Наталія Вікторівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет.

Науковий керівник: **Друківаний 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: **Natalia V. Blashchuk** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor 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.