

# ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ПО БОКОВІЙ ПОВЕРХНІ ЗАБИВНИХ ПАЛЬ

Вінницький національний технічний університет;

## Анотація

Установлені значні систематичні розбіжності у величинах несучої здатності призматичних паль по боковій поверхні, що визначені наступними методами: за таблиця норм та за формулою з використанням характеристик міцності ґрунту, за американською методикою та моделюванням у Plaxis 3D.

**Ключові слова:** паля, несуча здатність, опір по боковій поверхні, питоме зчеплення, кут внутрішнього тертя ґрунту.

## Abstract

Significant systematic differences in the values of the bearing capacity of the prismatic pales on the lateral surface are determined, which are determined by the following methods: for the table of norms and the formula using the characteristics of the strength of the soil, according to the American method and modeling in Plaxis 3D.

**Keywords:** pile, bearing capacity, lateral surface resistance, specific gravity, angle of internal friction of soil.

## Вступ

Норми проектування пальових фундаментів [1] передбачають визначати їх несучу здатність аналітичними методами із використанням довідкових узагальнених таблиць або за характеристиками міцності на основі закону Кулона, також передбачається визначення за даними польових випробувань на статичне чи динамічне навантаження занурених паль, випробувань паль-зондів або статичного зондування ґрунтів. Несуча здатність паль найчастіше визначається аналітично. Метод розрахунку несучої здатності палі за характеристиками міцності на основі закону Кулона з'явився лише в нормах редакції 2009 р. і проектувальники досі користуються в більшості аналітичним методом із використанням довідкових узагальнених таблиць.

Метою даної роботи є порівняння опору по боковій поверхні забивних призматичних паль, що визначений за різними аналітичними методиками з результатами статичного зондування і моделювання у Plaxis 3D.

## Результати дослідження

В нормативному документі для забивних паль рекомендується визначати опір по боковій поверхні або за таблицею Н.2.2 [1] або за формулою:

$$f_{2i} = \sigma_{zg,i} \frac{v_i}{1-v_i} \operatorname{tg} \varphi_{I,i} + c_{I,i} \quad (1)$$

де  $\sigma_{zg,i}$  - напруження від власної ваги ґрунту в середині і-го розрахункового шару ґрунтової основи, кПа;

$v_i$  - коефіцієнт Пуассона і-го розрахункового шару ґрунтової основи;

$\varphi_{I,i}$  - кут внутрішнього тертя ґрунту і-го розрахункового шару ґрунтової основи, град.;

$c_{I,i}$  - питоме зчеплення ґрунту і-го розрахункового шару ґрунтової основи, кПа.

Таблиця Н.2.2 [1] в нормах була створена в результаті статистичної обробки даних випробувань паль в різних ґрунтових умовах на території колишнього радянського союзу. Дані в таблиці наведені з певною обережністю. Опір по боковій поверхні за допомогою таблиці визначався не один десяток років і, слід зауважити, що в сусідніх країнах і сьогодні він є основним для теоретичного розрахунку.

Для оцінки запропонованих в нормах підходів було визначено опір по боковій поверхні за таблицею Н.2.2 [1] та формулою Н.2.2 [1] (1.20), за американською методикою [51] та моделюванням у Plaxis 3D для різних ґрунтових умов на глибину 20 м. Глибина, для якої велись розрахунки, максимальна довжина призматичних паль згідно ДСТУ Б.В.2.6-65:2008.

На рис. 1 наведено графік залежності бокового опору від глибини розташування і-го шару в однорідних ґрунтових умовах:

- для піску середньої крупності, середньої щільності  $e = 0,55$ ,  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_1 = 1,33 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_1 = 34,5^\circ$ ,  $\vartheta = 0,3$ ;
- для піску дрібного, середньої щільності  $e = 0,65$ ,  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_1 = 1,33 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_1 = 29,1^\circ$ ,  $\vartheta = 0,3$ ;
- для піску пилюватого, середньої щільності  $e = 0,75$ ,  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_1 = 1,33 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_1 = 22,61^\circ$ ,  $\vartheta = 0,3$ .

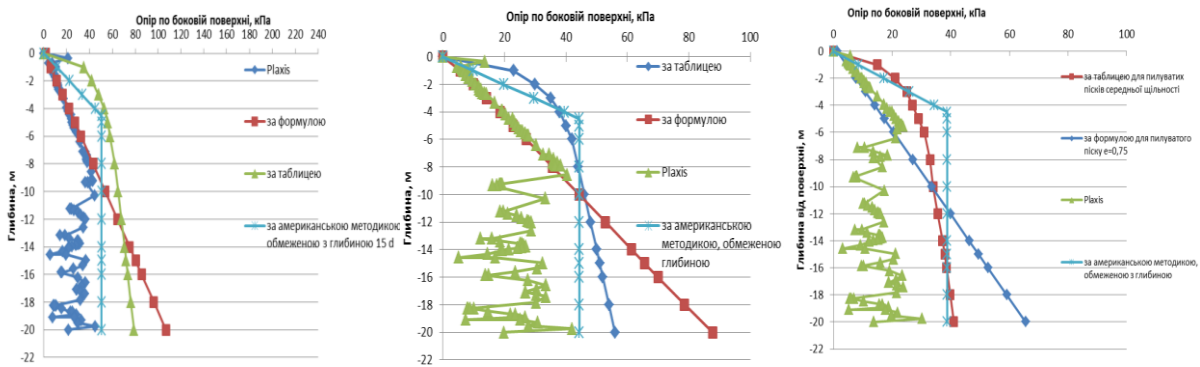


Рис. 1. Графік залежності бокового опору від глибини розташування і-го шару для пісків

З рис. 1 для піщаних ґрунтів видно, що на глибині до 10-12 м опір по боковій поверхні за міцнісними характеристиками ґрунту менший за табличні значення, з глибиною він зростає і різниця складає від 20 до 60 %.

На рисунку 2 наведено графік залежності бокового опору від глибини розташування і-го шару в однорідних ґрунтових умовах для супіску  $0,25 < I_L \leq 0,75$ ,  $e = 0,65$ ,  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_1 = 8,67 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_1 = 20,9^\circ$ ,  $\vartheta = 0,3$ .

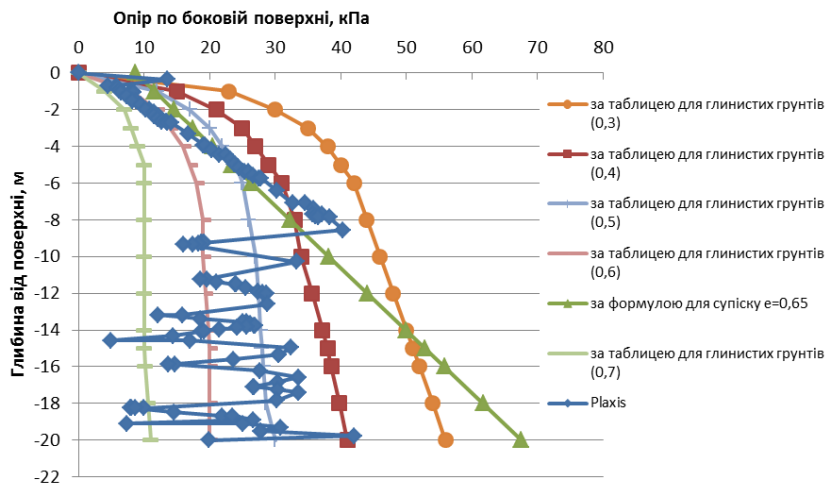


Рис. 2. Графік залежності бокового опору від глибини розташування і-го шару для супіску  $0,25 < I_L \leq 0,75$

З рис. 2 видно, що розбіжності між опором по боковій поверхні можуть бути дуже значними, особливо для супісків з коефіцієнтом пористості  $e=0,65$  в твердому стані. Різниця в окремих випадках наближається до 300 %. У формулі (1) враховується напруження від власної ваги ґрунту, тому закономірним є суттєве зростання опору по боковій поверхні з глибиною.

На рисунку 3 наведено графік залежності бокового опору від глибини розташування  $i$ -го шару в однорідних ґрунтових умовах для суглинку  $0,25 < I_L \leq 0,5$ ,  $e = 0,75$ ,  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_1 = 15,3 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_1 = 18,3^\circ$ ,  $\vartheta = 0,35$ ;

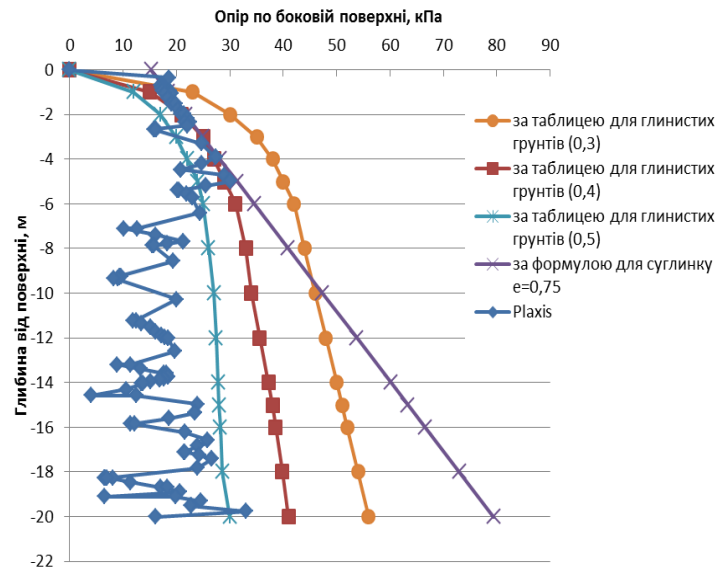


Рис. 3. Графік залежності бокового опору від глибини розташування  $i$ -го шару для суглинку  $0,25 < I_L \leq 0,5$

Для суглинків на рис. 3 характер розбіжностей аналогічний як для супісків (рис. 2). З глибиною різниця також збільшується.

На рисунку 4 наведено графік залежності бокового опору від глибини розташування  $i$ -го шару в однорідних ґрунтових умовах для глини  $0,25 < I_L \leq 0,5$ ,  $e = 0,85$ ,  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_1 = 28,67 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_1 = 13,9^\circ$ ,  $\vartheta = 0,42$ ;

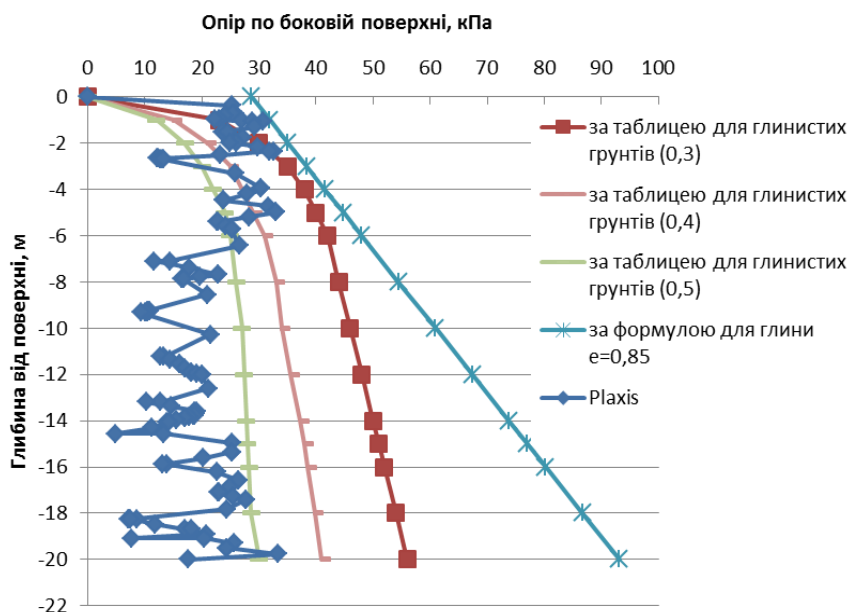


Рис. 4. Графік залежності бокового опору від глибини розташування  $i$ -го шару для глини  $0,25 < I_L \leq 0,5$

Як видно з рис.4 для глин значення опору по боковій поверхні палі, що визначений за таблицею Н.2.2 та формулою (1) суттєво різняться. Опір за формулою (1), тобто за міцнісними характеристиками ґрунту більший, це пояснюється значною величиною питомого зчеплення. Опір по боковій поверхні, що визначений за формулою (1), з глибиною суттєво зростає та перевищує табличне значення до 3 раз. Різниця суттєво зростає для ґрунтів з більшим показником текучості.

З рис. 1- 4 також можна зробити висновок, що методика розрахунку опору по боковій поверхні палі за міцнісними характеристиками ґрунту повинна бути доопрацьована і апробована у порівнянні з результатами польових випробувань, можливо варто ввести умову щодо обмеження зростання опору з глибиною.

Для порівняння теоретичних розрахунків було використано дані статичного зондування. Опір по боковій поверхні за результатами статичного зондування можна отримати в тому випадку, якщо при випробуваннях використовувався зонд II типу. Такі випробування проводять рідше. Для порівняння використано матеріали статичного зондування УкрНДПротивільсьільбуд в с. Чайки Києво-Святошинського району при багатоповерховій житловій забудові з об'єктами соцкультпобуту.

Статичне зондування виконано на глибину 18 м. При теоретичному розрахунку використовувались міцнісні характеристики ґрунту, що визначенні при статичному зондуванні. Ґрунти будівельного майданчику в місці статичного зондування переважно піщані: середні та мілкі піски середньої щільності. Рівень ґрунтових вод на відмітці -13,6 м. На рис. 5 наведено графіки опору по боковій поверхні, що визначений за даними статичного зондування та теоретично розрахований за характеристиками міцності та за таблицею Н.2.2 [1], а також за американською методикою та моделюванням в ПК Plaxis 3D 2013.

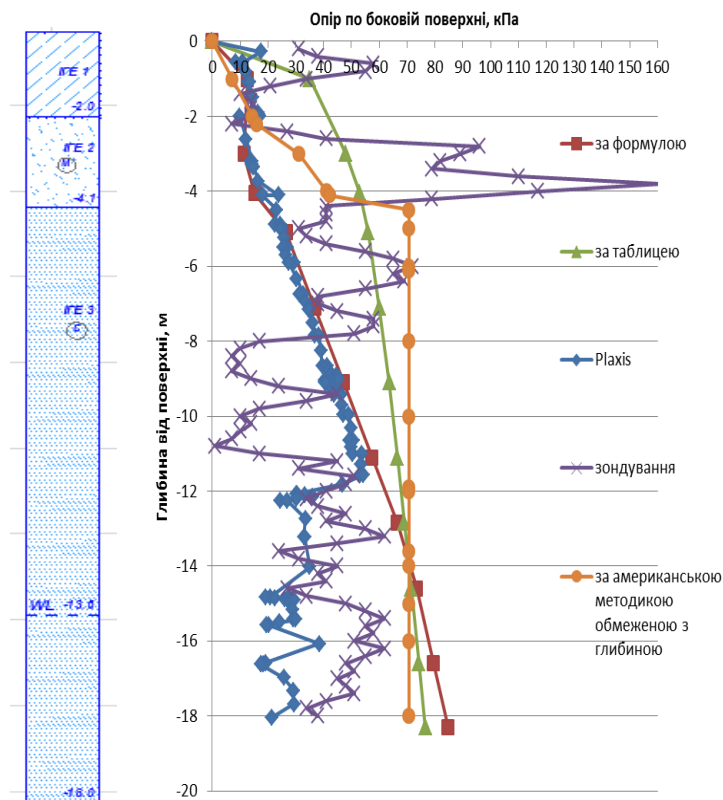


Рис. 5. Графік залежності бокового опору від глибини розташування для умов будівельного майданчику в с. Чайки Києво-Святошинського району

Як видно з рис. 5 дослідні дані (статичне зондування) мають розбіжності з теоретичними розрахунками, при чому з глибиною теоретичні розрахунки перевищують дослідні у 2 рази. Результати опору одержані в ПК Plaxis 3D 2013 до певної глибини подібні до теоретично розрахованого за характеристиками міцності.

## Висновки

Методика розрахунку опору по боковій поверхні палі за міцнісними характеристиками ґрунту повинна бути доопрацьована і апробована у порівнянні з результатами польових випробувань та чисельного моделювання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти споруд: Зміна №1 ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с. – (Національні стандарти України).

**Каншійенко Юлія Юріївна** — студентка групи Б-18м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Блащук Наталя Вікторівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: vernatav@ukr.net.

Науковий керівник: **Блащук Наталя Вікторівна**— кандидат техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Kapschiyenko Yuliya Y.** — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Natalia V. Blashchuk** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: vernatav@ukr.net.

Supervisor: **Natalia V. Blashchuk** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.