

# АЛГОРИТМ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОСІДАННЯ ПАЛЬ ЗА РОЗВ'ЯЗАННЯМ ЗАДАЧІ ПРО ПЕРЕМІЩЕННЯ СТЕРЖНЯ В ПРУЖНОМУ ПІВПРОСТОРІ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

В роботі виконано розробку та реалізацію алгоритму для розрахунку осідання паль за розв'язанням задачі про переміщення стержня в пружному півпросторі за ДБН В.2.1-10-2009. Реалізацію здійснено у вигляді програми для розрахунку осідання паль, який є доволі трудомістким для виконання вручну.

**Ключові слова:** паля, переміщення стержня, осідання.

## Abstract

This work includes the development and implementation of the algorithm for calculation the settlement of pile by solving the problem of moving the rod in elastic half-space DBN V.2.1-10-2009. The implementation made in the form of the program for calculation the settlement of pile, which is quite laborious to perform manually.

**Keywords:** pile, moving the rod, settlement.

## Вступ

На допомогу інженерам, проектувальникам та конструкторам будівельних конструкцій все частіше приходять розрахункові програми чи програмні комплекси. Це значно прискорює процес розрахунку і проектування. Однак, в зв'язку з постійним оновленням нормативної бази в будівельній галузі, виникає проблема в оновленні програмного забезпечення та алгоритмів розрахунку, що в ньому реалізуються.

Для розрахунку фундаментів відповідно діючим нормам проектування таких програм не вистачає. Виконання розрахунку осідання паль вручну є доволі трудомістким, тому існує необхідність для створення програми.

Метою роботи є розробка алгоритму для розрахунку осідання паль за розв'язанням задачі про переміщення стержня в пружному півпросторі.

## Результати дослідження

Було складено алгоритм для розрахунку осідання паль за розв'язанням задачі про переміщення стержня в пружному півпросторі за ДБН В.2.1-10-2009 та реалізовано його у вигляді програми «Розрахунок осідання паль» для практичного розрахунку (рис. 1).

Для розрахунку осідання стержня	
Глибина закладення ростверка [м]	0
Площа ростверка [м <sup>2</sup> ]	0
Глибина закладення нижнього кінця палі [м]	4
Сторона квадратної палі або діаметр круглої [м]	0.273
Площа поперечного перерізу палі [м <sup>2</sup> ]	0.05853
Розрахункове еквівалентне вертикальне навантаження [кН]	131.25
Модуль деформаций матеріалу палі (E <sub>p</sub> ) [МПа]	29200
Рівень ґрунтових вод [м]	10
Несуха адгезія палі по ґрунту (F <sub>0</sub> ) [кН]	128
Коефіцієнт умов роботи ґрунту на вільній поверхні палі (β <sub>1</sub> ) (За Табл. П.1.5, П.1.6)	1.4
Тип ґрунту під нижнім кінцем палі	Глинистий

  

Для розрахунку осідання кула палі	
Відстань сусідок палі від середньої палі [м]	
a <sub>1</sub>	кількість [шт]
a <sub>2</sub>	кількість [шт]
a <sub>3</sub>	кількість [шт]
a <sub>4</sub>	кількість [шт]
a <sub>5</sub>	кількість [шт]

  

Розрахунок	
Результат	
Пружна складова осідання палі (s <sub>p</sub> ) [м]	0.002997
Осідання одиниці палі (s <sub>1</sub> ) [м]	0.013682
Осідання пального кула (s <sub>к</sub> ) [м]	0.013682

  

Шар №1	
Глибина [м]	0.8
Питома вага ґрунту (γ <sub>п</sub> )	20.3
Питома вага ґрунту у виваженому водою стані (γ <sub>в</sub> )	9.23
Показник текучості (I <sub>L</sub> )	0.3
Коефіцієнт Пуассона (ν)	0.27
Модуль деформаций ґрунту (E) [МПа]	27

  

Шар №2	
Глибина [м]	1.4
Питома вага ґрунту (γ <sub>п</sub> )	17.8
Питома вага ґрунту у виваженому водою стані (γ <sub>в</sub> )	9.49
Показник текучості (I <sub>L</sub> )	0.6
Коефіцієнт Пуассона (ν)	0.35
Модуль деформаций ґрунту (E) [МПа]	4

  

Шар №3	
Глибина [м]	4.7
Питома вага ґрунту (γ <sub>п</sub> )	19.0
Питома вага ґрунту у виваженому водою стані (γ <sub>в</sub> )	9.49
Показник текучості (I <sub>L</sub> )	0.6
Коефіцієнт Пуассона (ν)	0.35
Модуль деформаций ґрунту (E) [МПа]	8

  

Шар №4	
Глибина [м]	0.7
Питома вага ґрунту (γ <sub>п</sub> )	18.9
Питома вага ґрунту у виваженому водою стані (γ <sub>в</sub> )	8.19
Показник текучості (I <sub>L</sub> )	0.6
Коефіцієнт Пуассона (ν)	0.35
Модуль деформаций ґрунту (E) [МПа]	17

  

Шар №5	
Глибина [м]	10
Питома вага ґрунту (γ <sub>п</sub> )	17.9
Питома вага ґрунту у виваженому водою стані (γ <sub>в</sub> )	10.42
Показник текучості (I <sub>L</sub> )	0.6
Коефіцієнт Пуассона (ν)	0.35
Модуль деформаций ґрунту (E) [МПа]	27

Рис. 1. Загальний вигляд програми для розрахунку осідання паль

Програму розроблено у середовищі для розробки програмного забезпечення Microsoft Visual Studio мовою C Sharp.

Розрахунок осідання виконується по введеним шарам ґрунту. Щоразу перевіряється чи досягнуто глибину закладання вістря палі, також порівнюється глибина пройденого шару з глибиною закладання ростверку. При потужності першого введеного шару менше 2-х метрів всі його показники записуються в відповідні динамічні масиви, та товщина цього шару записується в результуючий масив розбивки по  $i$ -тим шарам ( $h_i$ ). Ці записи відбуваються синхронно, так що при одному індексу цих масивів отримуємо дані цього шару при глибині закладання відповідній до вже записаної в результуючому масиві з цим же індексом. Якщо введена потужність шару більша 2 м, то в результуючий масив розбивки цей шар розбивається на менші шари товщиною по 2 м з відповідними показниками та залишком, який менше 2-х метрів.

Щоразу перевіряється чи досягнуто рівень ґрунтових вод, якщо так, то будуть використані показники водонасиченого ґрунту. Підсумовується власна вага вже розбитих шарів ґрунту і записується в динамічні масиви на кожному етапі розбивки.

Для визначення пружної складової осідання палі напружена зона навколо неї поділяється на дві частини: напружена зона по бічній поверхні з середнім модулем деформації  $E_f$  (осереднення здійснюється в межах бічної поверхні палі) та напружена зона під нижнім кінцем палі з середнім модулем деформації  $E_p$ , яка визначається в межах одного діаметра (або сторони) палі  $d_0$  вище і чотирьох нижче позначки нижнього кінця палі.

Програма автоматично обраховує середнє значення коефіцієнта Пуассона в межах напруженої зони  $V$ , модуль деформації ґрунту під нижнім кінцем палі в межах одного діаметру вище і чотирьох діаметрів нижче позначки нижнього кінця палі  $E_p$ , осереднений у межах довжини палі модуль деформації ґрунтової основи  $E_f$ , відношення усереднених модулів деформації під нижнім кінцем і в межах бічної поверхні палі  $k_E$ , приведений радіус палі  $r$ .

Відповідно до проведених розрахунків згідно інтерполяції відповідних табличних значень [1] закладених в алгоритм, визначаються: коефіцієнт, що визначає частину навантаження, яка передається нижнім кінцем  $b$ ; коефіцієнт умов роботи ґрунту вздовж бічної поверхні палі  $k_f$ ; коефіцієнт умов роботи піщаного ґрунту під нижнім кінцем палі  $k_p$  та коефіцієнт осідання  $c$ .

Після проведених інтерполяцій виконуються розрахунки приведенного модуля деформації ґрунту, пружної складової осідання палі та осідання одиночної палі.

За необхідності можна виконати розрахунок осідання куца палі, взявши за основну одну з середніх палі, тоді у вихідних даних потрібно вказати відстані палі від середньої.

### Висновки

Розроблено власний алгоритм та реалізовано його у вигляді програми для розрахунку, за допомогою якої можна визначити пружну складову осідання палі, осідання одиночної палі або пального куца.

Результати розрахунків протестовані для різних видів палі і повністю співпадають з проведеними вручну розрахунками.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009. Зміна 1 – [Чинні від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011 –55 с. – (Державні будівельні норми України).

**Капшійко Артур Всеволодович** – студент групи Б-18м, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, vinartemon@gmail.com.

Науковий керівник: **Блашук Наталя Вікторівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Kapshiienko Arthur V.** — Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : vinartemon@gmail.com.

Supervisor **Natalia V. Blashchuk** - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsa.