

Укладачі: Блащук Наталя Вікторівна, Маєвська Ірина Вікторівна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять та індивідуальні завдання
з дисципліни “Механіка ґрунтів”
для студентів спеціальності
“Будівництво та цивільна інженерія”

Ключові слова: ґрунтова основа, характеристики ґрунту, модуль деформації, осідання, стислива товща, фундамент мілкого закладання, активний тиск, пасивний тиск, огороження котловану, зсув по підшві, розміри підшви фундаменту, паля, несуча здатність, слабкий підстилаючий шар.

—

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять та індивідуальні завдання
з дисципліни “Механіка ґрунтів”
для студентів спеціальності
“Будівництво та цивільна інженерія”

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до практичних занять та індивідуальні завдання
з дисципліни “Механіка ґрунтів”
для студентів спеціальності
“Будівництво та цивільна інженерія”**

3

Вінниця
ВНТУ
2019

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № від 201 р.)

Рецензенти:

І. В. Коц, кандидат технічних наук, професор

Б. Б. Корчевський, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до практичних занять та індивідуальні завдання з дисципліни “Механіка ґрунтів” для студентів спеціальності “Будівництво та цивільна інженерія”/Уклад. Н. В. Блащук, І. В. Маєвська. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 74 с.

В методичних вказівках наведені рекомендації та завдання до практичних робіт з курсу «Механіка ґрунтів» для студентів бакалаврату спеціальності “192- Будівництво та цивільна інженерія”. Наведено приклади виконання та розрахунку практичних завдань з посиланням на необхідні літературні джерела.

Навчальне видання

**Методичні вказівки до практичних занять та індивідуальні завдання
з дисципліни «Механіка ґрунтів»
для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія»**

Укладачі: *Блащук Наталя Вікторівна*
Маєвська Ірина Вікторівна

Рукопис оформила *Н. Блащук*

Редактор *В. Дружиніна*

Оригінал-макет виготовив *О. Ткачук*

Підписано до друку 21.03.2019 р. Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 3,12.
Наклад 40 (1-й запуск 1-21) пр. Зам. № 2019-044.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021. Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua; *E-mail*: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

ЗМІСТ

ВСТУП

| | |
|---|----|
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1. Тема: визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів. Визначення класифікаційних характеристик ґрунтів на базі заданих дослідних, визначення механічних характеристик за таблицями норм..... | 7 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2. Тема: визначення осідання фундаменту мілкого закладання..... | 12 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. Тема: визначення несучої здатності основ при вертикальному навантаженні..... | 17 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4. Тема: розрахунок огородження стін котлованів..... | 20 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6. Тема: розрахунок стійкості укосу методом круглоциліндричних поверхонь ковзання..... | 25 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7. Тема: визначення розмірів подошви фундаментів мілкого закладання..... | 30 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8. Тема: перевірка слабкого підстильного шару..... | 41 |
| ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9. Тема: визначення несучої здатності забивної висячої палі..... | 44 |

ВСТУП

Будь-яке нове будівництво, а також реконструкція існуючої забудови, потребує детального вивчення ґрунтів будівельного майданчику, а також прийняття економічного і технологічного рішення з улаштування або підсилення фундаментів.

Будівництво великих і важких споруд, що передають на основу значні навантаження, а також все більш часте використання під забудову територій з несприятливими гідро-геологічними умовами потребує від будівельників знань і навичок в галузі фундаментобудування.

Фундаменти складають значну частку як в загальній вартості будівельно-монтажних робіт (від 5–10% до 20%), так і в загальних витратах залізобетону на будівлю або споруду (15–20% для промислових об'єктів), що свідчить про важливість економічного аспекту при їх проектуванні.

Проектування основ і фундаментів будь-якого об'єкта виконується з урахуванням особливостей будівельного майданчику, конструктивного рішення надфундаментної частини будівлі, експлуатаційних вимог до об'єкта. У результаті проектування і улаштування основ і фундаментів є комплексною і складною задачею, для рішення якої фахівець повинен володіти необхідними знаннями з таких дисциплін:

- інженерна геологія – встановлення обсягу і складу інженерно-геологічних вишукувань, аналіз їх результатів з метою оцінювання особливостей будівельного майданчику на момент будівництва і встановлення можливостей змінення геологічних умов під час зведення і експлуатації будівель і споруд;

- механіка ґрунтів – оцінювання умов роботи ґрунтів в ґрунтовому масиві, знання особливостей і умов застосування існуючих розрахункових моделей і рішень для визначення деформівності і міцності основ, вибір методу розрахунку, що найбільш повно відповідає задачі, яка стоїть перед проектувальником;

- основи і фундаменти – вибір найбільш економічно- і технічно обґрунтованого типу основ і конструкцій фундаментів і їх розрахунок.

В результаті вивчення курсу студент має знати:

- фізико-механічні властивості ґрунтів будівельних майданчиків;
- інженерно-геологічні процеси і природні геологічні процеси, які впливають на властивості ґрунтів і можуть погіршити умови експлуатації споруд;

- методи визначення фізичних і механічних властивостей ґрунтів;
- методи розрахунку основ за деформаціями і несучою здатністю.

Студент має вміти:

- оцінювати результати інженерно-геологічних вишукувань;
- визначати фізико-механічні характеристики ґрунтів;
- визначати напружений стан ґрунтової основи;
- виконувати розрахунки основ за двома групами граничних станів.

Програма курсу містить:

– теоретичний матеріал, що частково розглядається на лекціях і частково виноситься на самостійне опрацювання студентам;
– лабораторні роботи і практичні заняття.

Студенти, які засвоїли теоретичний матеріал, виконали на відповідному рівні лабораторні роботи та індивідуальні завдання на практичних заняттях, здають залік з теоретичного матеріалу з дисципліни "Механіка ґрунтів", а в наступному семестрі здають курсовий проект і іспит з курсу "Основи і фундаменти", який містить питання механіки ґрунтів і інженерної геології, що вивчались у попередніх семестрах.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів. Визначення класифікаційних характеристик ґрунтів на базі заданих дослідних, визначення механічних характеристик за таблицями норм.

Мета роботи: за даними інженерно-геологічних вишукувань визначити типи ґрунтів, їх якісні та кількісні характеристики та класифікаційні ознаки відповідно до [7, 8]. Побудувати фрагмент інженерно-геологічного розрізу.

Теоретичні відомості

Вихідними даними для аналізу інженерно-геологічних (ґрунтових) умов будівельного майданчика є відомості про склад ґрунтової товщі з частковим визначенням фізико-механічних характеристик. Склад ґрунтової товщі за номером варіанта ґрунтових умов визначається за додатком 10.1.

Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика вміщує побудову геологічного розрізу та якісну характеристику ґрунтової товщі, вказівку про наявність ґрунтових вод і можливу зміну їх рівня, попередню оцінку придатності тих чи інших шарів ґрунту як природних основ.

У вихідних даних надані для кожного шару ґрунтової товщі такі відомості:

- найменування ґрунту, візуально визначене геологом;
- потужність шару;
- фізичні характеристики кожного шару ґрунту, що визначаються дослідним шляхом;
- для одного або двох шарів товщі характеристики міцності (c і ϕ) та результати випробування штампом з метою визначення модуля деформації E ;
- відмітка рівня ґрунтових вод від поверхні ґрунту.

За даними інженерно-геологічних вишукувань визначають типи ґрунтів та їх якісні характеристики відповідно до [7, 8].

Визначають кількісні характеристики ґрунтів та їх класифікаційні ознаки згідно з [7, 8].

Характеристики ґрунтів поділяються на фізичні та механічні. Фізичні характеристики визначають стан ґрунту у природі, а механічні - поведінку ґрунту під навантаженням.

Можна виділити дві групи фізичних характеристик:

а) Визначаються лише дослідним шляхом:

γ – питома вага ґрунту в природному стані, кН/м^3 ;

γ_s – питома вага ґрунту в абсолютно щільному стані або питома вага частинок ґрунту, кН/м^3 ;

W – вологість ґрунту в природному стані, %;

W_L – вологість ґрунту на межі текучості, %;
 W_p – вологість ґрунту на межі пластичності, %;
 k_f – коефіцієнт фільтрації.

б) *Обчислені характеристики:*

1. Число пластичності I_p , яке являє собою різницю вагових вологостей на межі текучості, W_L , та межі пластичності, W_p і характеризує ступінь глинистості:

$$I_p = W_L - W_p, \quad (1.1)$$

поділяють на глини ($I_p > 0,17$), суглинки ($0,07 < I_p \leq 0,17$) та супіски ($0,01 \leq I_p \leq 0,07$).

2. Показник текучості I_L , який являє собою відношення різниці вологостей в природних умовах W і на межі пластичності до числа пластичності і характеризує природний стан за консистенцією:

$$I_L = (W - W_p) / I_p \quad (1.2)$$

Різновиди глинистих ґрунтів в залежності від показника текучості:

- для супісків:

тверді - $I_L < 0$;

пластичні - $0 \leq I_L \leq 1,0$;

текучі - $I_L > 1,0$;

- для суглинків та глин:

тверді - $I_L < 0$;

напівтверді - $0 \leq I_L \leq 0,25$;

тугопластичні - $0,25 < I_L \leq 0,50$;

м'якопластичні - $0,50 < I_L \leq 0,75$;

текучопластичні - $0,75 < I_L \leq 1,00$;

текучі - $I_L > 1,00$.

3. Пористість і коефіцієнт пористості.

Пористість n - об'єм пор в одиниці об'єму ґрунту ($n < 1$):

$$n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s} \quad (1.3)$$

Для кожного типу ґрунту (як глинистих, так і піщаних) визначають коефіцієнт пористості в природному стані

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma} (1 + w) - 1, \quad (1.4)$$

де γ_s, γ – питома вага відповідно частинок ґрунту та ґрунту у природному стані, кН/м^3 ;

W - природна вологість в частках одиниці.

Розрізняють наступні види піщаного ґрунту за щільністю складення (за коефіцієнтом пористості e):

- піски гравійні, крупні, середньої крупності:

щільні - $e < 0,55$;

середньої щільності - $0,55 \leq e \leq 0,70$;

- пуккі - $e > 0,70$;
- піски дрібні:
 - щільні - $e < 0,60$;
 - середньої щільності - $0,60 \leq e \leq 0,75$;
 - пуккі - $e > 0,75$;
- піски пилюваті:
 - щільні - $e < 0,60$;
 - середньої тільності - $0,60 \leq e \leq 0,80$;
 - пуккі - $e > 0,80$.

4. Ступінь вологості S_r - ступінь заповнення пор водою.

$$S_r = \frac{w\gamma_s}{e\gamma_w}, \quad (1.5)$$

де γ_w – питома вага води ($\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$).

Великоуламкові та піщані ґрунти за ступенем вологості S_r підрозділяються на такі різновиди:

- маловологі (малого ступеня вологості): $0 < S_r \leq 0,5$;
- вологі (середнього ступеня вологості): $0,5 < S_r \leq 0,8$;
- насичені водою (насичені водою): $0,8 < S_r \leq 1,0$.

5. Питома вага ґрунту з урахуванням виважувальної дії води γ_{sb} (кН/м^3):

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (1.6)$$

6. Питома вага сухого ґрунту γ_d (кН/м^3):

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} \quad (1.7)$$

Серед обчислених фізичних характеристик варто відмітити класифікаційні, тобто такі, за якими ґрунти мають певну класифікацію. Це число пластичності та показник текучості для глинистих ґрунтів та коефіцієнт пористості та ступінь вологості для піщаних ґрунтів.

Механічні характеристики ґрунтів:

а) деформаційні:

1. модуль загальної деформації E (МПа):

- для ґрунтів, які випробовувались штампом, визначають на прямолінійному відрізку графіка деформування

$$E = \frac{\Delta p A}{\Delta S d} (1 - \nu^2), \quad (1.8)$$

де p – тиск на основу, МПа;

$A = 0,5 \text{ м}^2$ – площа стандартного штампа;

S – осідання штампа, м;

d – діаметр штампа, м ($d = 1,13 \sqrt{A}$);

ν – коефіцієнт Пуассона;

- для решти ґрунтів по таблицям додатку В [7].

2. Коефіцієнт Пуасона ν . При відсутності значення у вихідних даних рекомендовано приймати наступні значення: для піщаних ґрунтів та супісків – 0,3, для суглинків – 0,35 та для глин – 0,42.

б) міцнісні:

1. Питоме зчеплення c (кПа), якщо значення не наведено в таблиці з вихідними даними, то визначають по таблицям додатку В [7].

2. Кут внутрішнього тертя φ (град.), якщо значення не наведено в таблиці з вихідними даними, то визначають по таблицям додатку В [7].

Також для ґрунтів визначається початковий розрахунковий опір основи R_0 за таблицями додатку Е [7].

Результати проведених обчислень оформляються у вигляді. Необхідно також виконати побудову геологічного розрізу будівельного майданчику.

Приклад розрахунку

Таблиця 1.1 - Вихідні дані

| Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | $\gamma_{\text{п}}$, кН/м ³ | $\gamma_{\text{с}}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуасона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|--|--------------------|---|---|-----------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|--|--------|
| | | | | W | W _L | W _p | $\varphi_{\text{п}}$, град | $c_{\text{п}}$, кПа | | p , кПа | S, м |
| Рослинний шар | 0,5–0,9 | 16,2 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| Суглинок | 8,6–9,6 | 16,8 | 26,7 | 0,18 | 0,28 | 0,17 | - | - | 0,36 | - | - |
| Пісок пилюватий | 2,2–1,8 | 17,0 | 26,5 | 0,15 | - | - | 25° | 3 | 0,26 | 100 | 0,0042 |
| | | | | | | | | | | 200 | 0,0084 |
| | | | | | | | | | | 300 | 0,0120 |
| Пісок середньої крупності | Необмеж. | 19,8 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | 0,30 | 400 | 0,0180 |
| Рівень ґрунтових вод – 9,5 м | | | | | | | | | | | |

Визначення характеристик ґрунтів:

- суглинок

Число пластичності: $I_p = 0,28 - 0,17 = 0,11$.

Визначаємо показник текучості: $I_L = \frac{0,18 - 0,17}{0,11} = 0,091$, то ґрунт напівт-

вердий.

Визначаємо коефіцієнт пористості в природному стані:

$$e = \frac{26,7}{16,8}(1 + 0,18) - 1 = 0,875.$$

По таблицям В.2 та В.3 [7] інтерполяцією визначаємо питоме зчеплення ґрунту $c=21$ кПа, кут внутрішнього тертя $\varphi=21^\circ$ та модуль деформації $E=13$ кПа; по таблиці Е.3 [7] визначаємо розрахунковий опір $R_0=220$ кПа.

- пісок пилюватий

$$e = \frac{26,5}{17,0}(1+0,15) - 1 = 0,79, \text{ тоді пісок пилюватий середньої щільності,}$$

Визначаємо ступінь вологості:

$$S_r = \frac{0,15 \cdot 26,5}{0,79 \cdot 10} = 0,5, \text{ тоді пісок пилюватий маловологий.}$$

$$\gamma_{sb} = \frac{26,5 - 10}{1 + 0,79} = 9,21 \text{ (кН / м}^3\text{)}.$$

Для піску пилюватого є дані випробування штампом, тому необхідно визначити модуль загальної деформації на прямолінійній ділянці графіка деформації.

$$E = \frac{200 \cdot 0,5}{0,0084 \cdot 0,8} (1 - 0,26^2) = 14940 \text{ (кПа)} = 14,9 \text{ МПа.}$$

По таблиці В.1 інтерполяцією визначаємо питоме зчеплення ґрунту $c=3$ кПа, кут внутрішнього тертя $\varphi=25^\circ$; по таблиці Е.2 [5] визначаємо розрахунковий опір $R_0=250$ кПа.

- пісок середньої крупності

$$e = \frac{26,5}{19,8}(1+0,2) - 1 = 0,6, \text{ тоді пісок середньої крупності середньої щільності,}$$

$$S_r = \frac{W \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w} = \frac{0,2 \cdot 26,5}{0,6 \cdot 10} = 0,86, \text{ тоді пісок середньої крупності вологий.}$$

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{26,5 - 10}{1 + 0,6} = 10,3 \text{ кН/м}^3.$$

По таблиці В.1 інтерполяцією визначаємо питоме зчеплення ґрунту $c=1$ кПа, кут внутрішнього тертя $\varphi=36^\circ$ та модуль деформації $E=35$ кПа; по таблиці Е.2 [7] визначаємо розрахунковий опір $R_0=400$ кПа.

Всі розраховані дані зановимо в таблицю 1.2. Також схематично будемо фрагмент інженерно-геологічного розрізу (рис.1.1).

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні характеристики ґрунтів

| Вид ґрунту | γ_s , кН/м ³ | γ_{sb} , кН/м ³ | W | W _L | W _p | I _p | I _L | e | S _r | c, кПа | φ , ° | v | E, МПа | R ₀ , кПа |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|----------------|-----------|------------------|------|-----------|-------------------------|
| 1. Рослинний шар | 16,8 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2. Суглинок напівтвердий | 16,8 | 26,7 | 0,18 | 0,28 | 0,17 | 0,11 | 0,09 | 0,88 | 0,55 | 21 | 21 | 0,35 | 13 | 220 |
| 3. Пісок пилюватий, середньої щільності, маловологий | 17,0 | 26,5 | 0,15 | - | - | - | - | 0,79 | 0,5 | 3 | 25 | 0,3 | 14 | 250 |
| 4. Пісок середньої крупності, середньої щільності, вологий | 19,8 | 26,5 | 0,2 | - | - | - | - | 0,6 | 0,86 | 1 | 36 | 0,27 | 35 | 400 |

Рівень ґрунтових вод – 10,4 м.

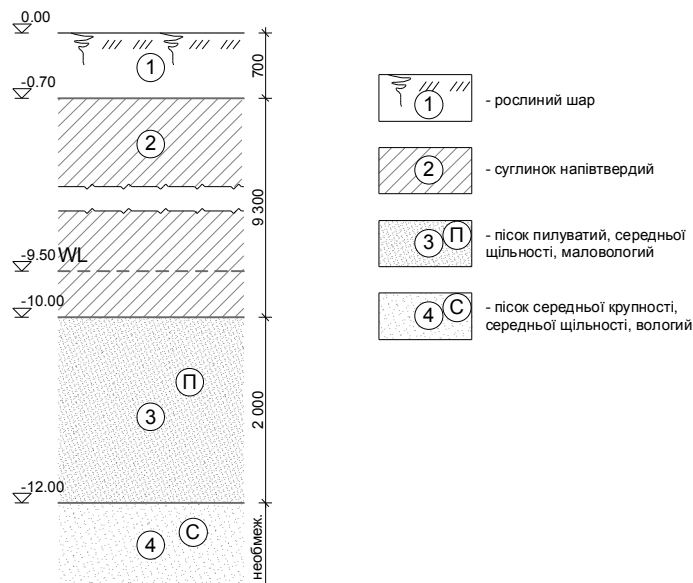


Рисунок 1.1 – Геологічний розріз

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Тема: визначення осідання фундаменту мілкового закладання.

Мета роботи: необхідно виконати індивідуальне завдання з визначення осідання фундаменту мілкового закладання методом пошарового підсумовування, а також побудувати епюри розподілу напруг під подошвою фундаменту.

Вихідні дані для виконання роботи наведено в таблиці 10.2, інженерно-геологічні умови приймаються з практичної роботи № 1.

Теоретичні відомості

Осідання розраховують методом пошарового підсумовування в такій послідовності.

1. Товщу ґрунтового масиву, починаючи від подошви фундаменту, розбивають на шари товщиною не більше $0,2b$ (b – ширина фундаменту). При цьому межа між шарами з різними модулями деформації повинна бути і межею між шарами методу. Початково ґрунтову товщу під фундаментом розбивають на шари до глибини $\approx 2b$.

2. Визначають середній тиск під подошвою фундаменту p за формулою:

$$P = \frac{N_e}{A} + \gamma_{mt} \cdot d, \quad (2.1)$$

де N_e – розрахункове вертикальне навантаження в рівні обрізу фундаменту;

A – площа подошви фундаменту;

γ_{mt} – усереднене значення питомої ваги фундаменту і ґрунту на його уступах, приймається 20 кН/м^3 ;

d – глибина закладання фундаменту.

3. Визначають вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на рівні подошви фундаменту $\sigma_{zg,0}'$ до початку будівництва

$$\sigma_{zg,0}' = \gamma' d_n, \quad (2.2)$$

де γ' – усереднене значення питомої ваги ґрунту, розташованого вище подошви фундаменту;

d_n – глибина закладання фундаменту від рівня природного рельєфу (для виконання завдання приймаємо $d_n = d$).

4. Будують епюру вертикальних напружень за глибиною $\sigma_{zp,i}$, яка має вигляд, показаний на рис. 2.1. Ординати епюри визначаються по межах шарів ґрунту, на які розбита стислива товща, за формулою

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad (2.3)$$

де α – коефіцієнт затухання напружень з глибиною, який приймається за [5] у залежності від коефіцієнтів $\xi = 2Z_i/b$; $\eta = l/b$;

Z_i – глибина розташування точки, в якій визначається $\sigma_{zp,i}$, від подошви фундаменту.

5. Будують епюру вертикальних напружень від власної ваги ґрунту по глибині основи $\sigma_{zg,i}$ після зведення будівлі (див. рис. 2.1). Вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на межі шару, розташованого на глибині Z від подошви фундаменту, визначається за формулою

$$\sigma_{zgi} = \gamma_{II}' d + \sum_{j=1}^m \gamma_{IIj} h_j, \quad (2.4)$$

де γ_i та h_i – відповідно питома вага та товщина шарів ґрунту, які лежать у межах глибини Z (у межах цієї глибини кількість шарів дорівнює m).

Питома вага ґрунтів, розташованих нижче рівня підземних вод, але вище водоупору, повинна прийматись з урахуванням виважувальної дії води (за винятком глин). Питома вага ґрунту з урахуванням виважувальної дії води визначається за формулою

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (2.5)$$

де γ_w – питома вага води (10 кН/м^3).

При визначенні σ_{zg} у водоупорному шарі належить врахувати тиск стопа води, розташованого вище даної глибини.

6. Будують епюру вертикальних напружень від власної ваги ґрунту, що витягнутий з котловану до рівня подошви фундаменту, $\sigma_{zy,i}$ по глибині основи (див. рис. 2.1). Вертикальне напруження $\sigma_{zy,i}$ на межі шару, розташованого на глибині Z від подошви фундаменту, визначається за формулою

$$\sigma_{zy,i} = \alpha_k \sigma_{zg,0}', \quad (2.6)$$

де α_k – коефіцієнт затухання напружень з глибиною, який приймається за [5] у залежності від коефіцієнтів $\xi_k = 2Z_i/b_k$; $\eta_k = l_k/b_k$;

l_k та b_k – відповідно довжина і ширина котловану.

7. Визначають положення межі стисливої товщі основи. Вона приймається на глибині $Z_i = H_c$, де виконується умова

$$\sigma_{zp,i} \leq k \sigma_{zg}, \quad (2.7)$$

де а) $k = 0,2$ при $b \leq 5 \text{ м}$;

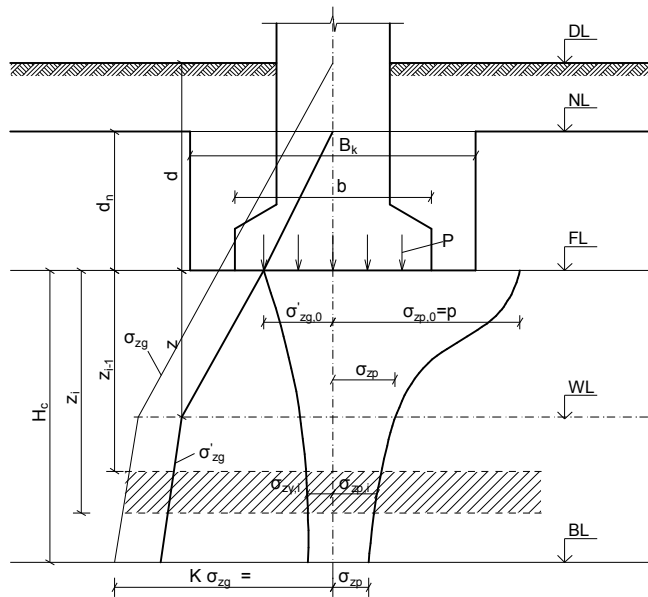


Рисунок 2.1 – Епюри напружень під подошвою фундаменту за методом пошарового підсумовування

б) $k = 0,5$ при $b > 20$ м;

в) при $5 < b \leq 20$ м k визначають інтерполяцією.

Побудова епюр σ_{zp} , σ_{zg} та σ_{zy} обмежується цією глибиною.

Якщо в межах глибини H_c , знайденої за вказаними вище умовами, залягає шар ґрунту з модулем деформації $E > 100$ МПа, стисливу товщу допускається приймати до покрівлі цього ґрунту.

Якщо знайдена за умови (2.7) межа стисливої товщі знаходиться в шарі ґрунту з модулем деформації $E < 5$ МПа, нижня межа цієї товщі визначається згідно з умовою $\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zg}$.

8. Визначають осідання кожного із шарів, на які розбита товща ґрунтового масиву в межах глибини H_c . Осідання i -того шару

$$S_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i,cep} - \sigma_{zy,i,cep})h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{zy,i,cep}h_i}{E_{e,i}}, \quad (2.8)$$

де β – безрозмірний коефіцієнт, який дорівнює 0,8;

$\sigma_{zp,i,cep}$ – середнє значення вертикального напруження від зовнішнього навантаження в i -тому шарі ґрунту, яке дорівнює півсумі вказаних напружень на верхній Z_{i-1} та нижній Z_i межах шару

$$\sigma_{zp,i,cep} = \frac{\sigma_{zp,i-1} + \sigma_{zp,i}}{2}, \quad (2.9)$$

h_i – товщина i -того шару ґрунту;

E_i – модуль деформації цього шару за гілкою первинного навантаження;

$\sigma_{zy,i,cep}$ – середнє значення вертикального напруження від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану, в i -тому шарі ґрунту, яке дорівнює півсумі вказаних напружень на верхній Z_{i-1} та нижній Z_i межах шару

$$\sigma_{zy,i,сеп} = \frac{\sigma_{zy,i-1} + \sigma_{zy,i}}{2}; \quad (2.10)$$

$E_{e,i}$ - модуль деформації і-го шару ґрунту за гілкою вторинного навантаження (модуль пружності).

E_i та $E_{e,i}$ визначаються в межах діючих навантажень від власної ваги ґрунту і будівлі. При відсутності даних випробувань модуль деформації $E_{e,i}$ для споруд рівнів відповідальності СС1, СС2 допускається приймати $E_{e,i}=5E_i$.

9. Визначають повне осідання основи додаванням осідань окремих шарів

$$S = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2.11)$$

де n – кількість шарів, на які розбита стислива товща основи (в межах H_c).

10. При розрахунках осідань фундаментів, що зводять у котлованах глибиною менше ніж 5 м, допускається у формулі (2.8) не враховувати другу складову.

11. Одержане значення розрахункового осідання основи порівнюють з гранично допустимим значенням осідання S_u , яке визначається за [5].

Якщо гранична нерівність $S \leq S_u$ виконується, то розрахунок можемо вважати закінченим, у іншому випадку необхідно збільшити розміри підошви фундаменту та повторити розрахунок осідання.

Приклад розрахунку

Вихідні дані: Будівля виробнича, одноповерхова з залізобетонним каркасом та з мостовими кранами вантажопідйомністю $Q = 500$ кН. При найбільш несприятливому сполученні для розрахунку за другою групою граничних станів навантаження на фундамент $N_e = 1200$ кН, $M_{e,x} = 450$ кНм; $M_{e,y} = 110$ кНм. Споруда без підвалу.

Глибина закладання фундаменту $d = d_1 = 1.8$ м (рис. 2.1), розміри підошви $b = 2.4$ м, $l = 3.0$ м.

Основою фундаменту є супісок товщиною 4.0 м, який характеризується такими показниками $\gamma_s = 27$ кН/м³; $\gamma_{II} = 18,5$ кН/м³; $e=0,45$; $I_L= 0,33$; $\varphi_{II} = 17^\circ$; $c_{II} = 25$ кПа, $E = 31$ МПа; нижче залягає глина напівтверда ($\gamma_{II} = 20,1$ кН/м³; $E= 22$ МПа).

Розміри траншеї під ряд колон в плані $b_k = 5$ м, довжина перевищує ширину більше ніж в 10 разів.

На глибині 2.0 м від поверхні планування знаходиться рівень ґрунтової води.

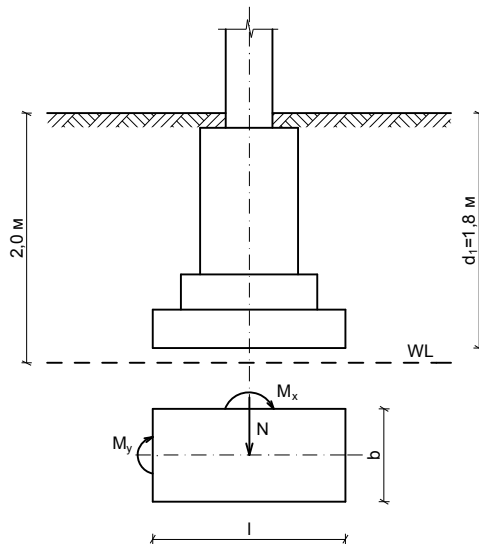


Рисунок 2.1 – Схема розташування фундаменту у ґрунті і навантажень на фундамент

За модель основи приймаємо лінійно-деформований півпростір, а за метод розрахунку осідання - метод пошарового підсумовування.

1. Середній тиск під подошвою фундаменту

$$p_{сеп.} = \frac{1200}{2,4 \cdot 3,0} + 20 \cdot 1,8 = 202,7 (\text{кПа}).$$

2. Тиск від ваги ґрунту на рівні подошви фундаменту

$$\sigma'_{zg,0} = 18,5 \cdot 1,8 = 33,3 (\text{кПа}).$$

3. Товщину елементарного шару ґрунту приймаємо

$$h = 0,2b = 0,2 \cdot 2,4 = 0,48 (\text{м}).$$

4. Співвідношення сторін фундаменту $\eta = l/b = 3,0/2,4 = 1,25$.

5. Співвідношення сторін траншеї $\eta = l_k/b_k > 10$.

6. Подальший розрахунок виконаємо у вигляді таблиці 2.1.

Оскільки ширина подошви фундаменту $b = 2,4 \text{ м} < 5 \text{ м}$, то нижню межу стисливої товщі знаходимо за формулою $\sigma_{zp,i} < 0,2\sigma_{zg,i}$.

Оскільки глибина котловану $d = 1,8 \text{ м} < 5 \text{ м}$, осідання фундаменту знаходимо за формулою:

$$s = \beta \sum \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i})h_i}{E_i} \quad (2.12)$$

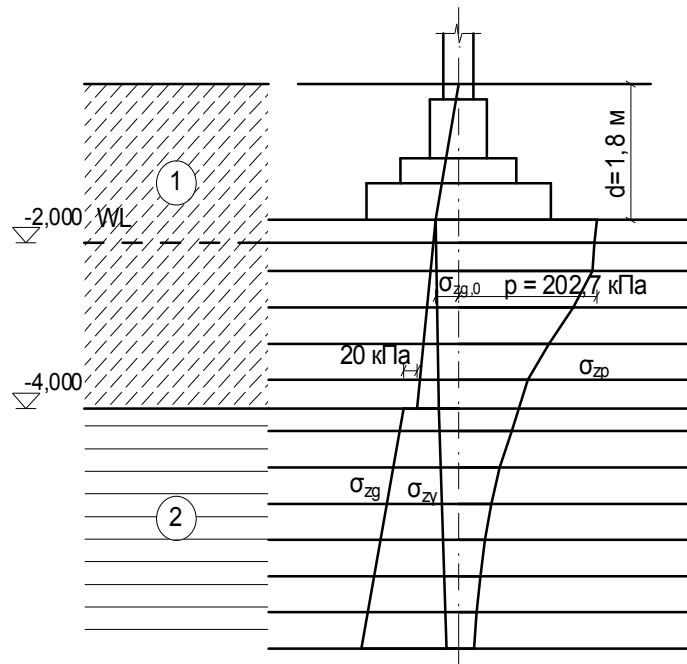
На глибині $z = 5,28 \text{ м} > b/2 = 1,2 \text{ м}$ від подошви фундаменту виконується умова межі товщі, що стискається:

$$\sigma_{zp,i} = 22,5 \text{ кПа} < 0,2\sigma_{zg,i} = 0,2 \cdot 142,2 = 28,4 (\text{кПа}).$$

7. У результаті розрахунків, приведених у таблиці 2.1, осідання фундаменту складає $S = 0,924 \text{ см}$.

Допустиме значення осідання для будівель з залізобетонним каркасом $S_u = 8 \text{ см}$.

Умова $S = 0,924 \text{ см} < S_u = 8 \text{ см}$ виконується.



| Z, м | $\xi = \frac{z}{b}$ | $\xi = \frac{z}{b}$ | α | α_k | $\sigma_{zpi}, \text{кПа}$ | $\sigma_{zvi}, \text{кПа}$ | $\sigma_{zgi}, \text{кПа}$ | $\sigma_{zpi \text{ сеп}}, \text{кПа}$ | $\sigma_{zvi \text{ сеп}}, \text{кПа}$ | $E_i, \text{кПа}$ | $h_i, \text{м}$ | $S_i, \text{м}$ |
|------|---------------------|---------------------|----------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|-------------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 202,7 | 33,3 | 33,3 | - | - | - | - | - |
| 0,2 | 0,17 | 0,08 | 0,983 | 0,995 | 199,3 | 33,1 | 37,0 | 201,0 | 33,2 | 31000 | 0,2 | 0,000866 |
| 0,48 | 0,40 | 0,192 | 0,968 | 0,989 | 196,2 | 32,9 | 40,3 | 197,8 | 33,0 | 31000 | 0,28 | 0,001191 |
| 0,96 | 0,80 | 0,384 | 0,830 | 0,978 | 168,2 | 32,6 | 45,9 | 182,3 | 32,8 | 31000 | 0,48 | 0,001852 |
| 1,44 | 1,20 | 0,576 | 0,654 | 0,935 | 132,6 | 31,1 | 51,5 | 150,4 | 31,9 | 31000 | 0,48 | 0,001468 |
| 1,92 | 1,60 | 0,768 | 0,501 | 0,889 | 101,6 | 29,6 | 57,1 | 117,1 | 30,4 | 31000 | 0,48 | 0,001074 |
| 2,20 | 1,83 | 0,88 | 0,452 | 0,856 | 91,6 | 28,5 | 60,4/80,4 | 96,6 | 29,1 | 31000 | 0,28 | 0,000488 |
| 2,40 | 2,00 | 0,96 | 0,385 | 0,831 | 78,0 | 27,7 | 84,4 | 84,8 | 28,1 | 22000 | 0,2 | 0,000412 |
| 2,88 | 2,40 | 1,152 | 0,300 | 0,770 | 60,8 | 25,6 | 94,0 | 69,4 | 26,7 | 22000 | 0,48 | 0,000745 |
| 3,36 | 2,80 | 1,344 | 0,238 | 0,714 | 48,2 | 23,8 | 103,6 | 54,5 | 24,7 | 22000 | 0,48 | 0,000520 |
| 3,84 | 3,20 | 1,536 | 0,191 | 0,660 | 38,7 | 22,0 | 113,2 | 43,5 | 22,9 | 22000 | 0,48 | 0,000360 |
| 4,32 | 3,60 | 1,728 | 0,157 | 0,602 | 31,8 | 20,0 | 123,0 | 35,3 | 21,0 | 22000 | 0,48 | 0,000250 |
| 4,80 | 4,00 | 1,92 | 0,131 | 0,568 | 26,6 | 18,9 | 132,6 | 29,2 | 19,5 | 22000 | 0,48 | 0,000169 |
| 5,28 | 4,40 | 2,112 | 0,111 | 0,530 | 22,50 | 17,6 | 142,2 | 24,6 | 18,3 | 22000 | 0,48 | 0,000110 |

Рисунок 2.2 – Розрахунок осідання фундаменту методом пошарового підсумовування

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: визначення несучої здатності основ при вертикальному навантаженні.

Мета роботи: виконати розрахунок фундаменту мілкого закладання за несучою здатністю основи із метою забезпечення її міцності і стійкості.

Вихідні дані для виконання роботи такі ж як для роботи № 2 (табл. 10.1 та 10.2), лише необхідно додатково прийняти горизонтальне навантаження $Q = 0,2N_e$ і умовно згинальний момент $M_{m,x} = 0,1N_e$ (N_e – експлуатаційне вертикальне навантаження).

Теоретичні відомості

Розрахунок по несучій здатності повинен виконуватися у випадках, якщо:

- на основу передаються значні горизонтальні навантаження (підпирні стінки, фундаменти розпірних конструкцій, сейсмічні впливи і т. д.);
- споруда розташована на укосі або поблизу укосу;
- основа складена водонасиченими глинистими або заторфованими ґрунтами, які повільно ущільнюються;
- основа складена скельними ґрунтами.

Розрахунок за несучою здатністю виконується з умови:

$$F \leq \frac{\gamma_c F_u}{\gamma_n}, \quad (3.1)$$

де F - розрахункове навантаження на основу;

F_u - сила граничного опору основи;

γ_c - коефіцієнт умови роботи, який залежить від виду ґрунту.

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням споруди.

Сила граничного опору основи визначається у залежності від конкретного випадку руйнування і обраного методу розрахунку (аналітичного або графічного).

Вертикальну складову сили граничного опору основи визначають за формулою типу Терцагі, якщо:

- 1) ґрунт знаходиться у стабілізованому стані;
- 2) фундамент має плоску подошву;
- 3) ґрунти основи нижче подошви однорідні до глибини не менше її ширини;

при наявності різного вертикального привантаження з різних сторін фундаменту інтенсивність більшого з них не перевищує $0,5R$.

$$N_u = b' \cdot l' (N_\gamma \cdot \zeta_\gamma \cdot b' \cdot \gamma_I + N_q \cdot \zeta_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_I + N_c \cdot \zeta_c \cdot c_I), \quad (3.2)$$

де b' і l' - відповідно приведені ширина і довжина фундаменту, що визначаються:

$$b' = b - 2 \cdot e_b, \quad l' = l - 2 \cdot e_l \quad (3.3)$$

де e_b і e_l – відповідно ексцентриситети прикладання рівнодіючої навантажень в напрямку поперечної і повздовжньої осей фундаменту;

N_γ , N_q та N_c – безрозмірні коефіцієнти, що визначаються по табл.Ж.1 [5] в залежності від значення кута внутрішнього тертя ґрунту φ_I і кута нахилу до вертикалі δ рівнодіючої зовнішнього навантаження на основу в рівні підшви фундаменту;

γ_I і γ'_I – питома вага ґрунту, що знаходиться в межах призми можливої випирання відповідно вище і гище підшви фундаменту;

c_I – питома зчеплення ґрунту;

d – глибина закладання фундаменту;

ζ_γ , ζ_q та ζ_c – коефіцієнти форми фундаменту:

$$\zeta_\gamma = 1 - \frac{0,25}{\eta}, \quad \zeta_q = 1 + \frac{1,5}{\eta}, \quad \zeta_c = 1 + \frac{0,3}{\eta}, \quad (3.4)$$

де $\eta = \frac{l'}{b'}$, якщо $\eta = \frac{l'}{b'} < 1$, то слід приймати $\eta = 1$.

Розрахунок по формулі (3.2) допускається виконувати, якщо виконується умова:

$$tg \delta \leq \sin \varphi_I. \quad (3.5)$$

Приклад розрахунку

Вихідні дані: каркасна будівля з підвалом, $N_m=1100$ кН, $Q_m=220$ кН, $M_m=110$ кН, розміри підшви фундаменту 2,4x3,0 м, $d=0,8$ м, під підшовою фундаменту пілувато-глинистий ґрунт – $\gamma_I=17$ кН/м³, $\varphi_I=16^\circ$, $c_I=10$ кПа.

$$F_h = Q_m = 220 \text{ кН},$$

$$F_v = N_m + l \cdot b \cdot d \cdot \gamma_{mt} \cdot \gamma_{fm} = 1100 + 2,4 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 1,1 = 1226,7 \text{ кН}.$$

$$\sin \varphi_I = \sin 16^\circ = 0,276,$$

$$tg \delta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{220}{1226,7} = 0,179 < \sin \varphi_I = 0,276, \text{ умова виконується, тому}$$

несучу здатність основи визначаємо за формулою Ж.3 [5].

$$e = \frac{M_m}{N_m} = \frac{110}{1100} = 0,1 \text{ м}, \quad l' = l - 2 \cdot e = 3 - 2 \cdot 0,1 = 2,8 \text{ м}, \quad b' = b = 2,4 \text{ м},$$

$$\eta = \frac{2,84}{2,4} = 1,17, \quad \zeta_\gamma = 1 - \frac{0,25}{1,17} = 0,79, \quad \zeta_c = 1 + \frac{0,3}{1,17} = 1,25,$$

$$\zeta_q = 1 + \frac{1,5}{1,17} = 2,28.$$

$\delta = 4^\circ$, $\varphi_I=16^\circ$ по табл.Ж.1 [5] визначаємо:

$$N_\gamma = 1,08, \quad N_q = 3,55, \quad N_c = 9,35.$$

$$N_u = 2,8 \cdot 2,4 \cdot (1,08 \cdot 0,79 \cdot 2,4 \cdot 17 + 3,55 \cdot 2,28 \cdot 17 \cdot 0,8 + 9,35 \cdot 1,25 \cdot 10) = 1759 \text{ кН}$$

$$F_v \leq \gamma_c \cdot F_n / \gamma_n$$

$$F_v = 1226,7 \text{ кН} < 0,9 \cdot \frac{1759}{1,2} = 1319 \text{ кН} - \text{умова виконується, основа стійка.}$$

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Тема: розрахунок огороження стін котлованів

Мета роботи: визначити величину активного і пасивного тиску на шпунтове огороження котловану.

Вихідні дані для виконання роботи наведено в таблиці 10.3.

Теоретичні відомості

Питання тиску ґрунтів на огороження є частинним випадком теорії граничного напруженого стану ґрунтів і відноситься до розрахунків за першою групою граничних станів (наявність великих горизонтальних навантажень).

λ_a і $\lambda_{\text{п}}$ – коефіцієнти активного і пасивного тиску ґрунту:

$$\lambda_a = tg^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_I}{2}\right), \quad (4.1)$$

$$\lambda_{\text{п}} = tg^2\left(45^\circ + \frac{\varphi_I}{2}\right). \quad (4.2)$$

Активний і пасивний тиск від зчеплення:

$$p_{\text{са}} = 2c_I \cdot tg\left(45^\circ - \frac{\varphi_I}{2}\right), \quad (4.3)$$

$$p_{\text{сп}} = 2c_I \cdot tg\left(45^\circ + \frac{\varphi_I}{2}\right). \quad (4.4)$$

Шпунт розраховується як консольний, поворот на відстані $\frac{1}{5}h$ від кінця шпунту.

Тиск від зовнішнього привантаження та власної ваги ґрунту розраховується за наступними формулами (нижче рівня ґрунтових вод для ґрунтів, що зважуються водою, замість γ_I брати γ_{sb}):

$$\sigma_{aqi} = q \cdot \lambda_{ai}, \quad (4.5)$$

$$\sigma_{ayi} = \gamma_I \cdot h_i \cdot \lambda_{ai}, \quad (4.6)$$

$$\sigma_{пqi} = q \cdot \lambda_{\text{п}i}, \quad (4.7)$$

$$\sigma_{\text{п}yi} = \gamma_I \cdot h_i \cdot \lambda_{\text{п}i}, \quad (4.8)$$

Приклад розрахунку

Вихідні дані: $H=6$ м, $h=2$ м, $q=40$ кПа; 1 - пісок $h_1=4$ м, $c_1=7$ кПа, $\varphi_1=35^\circ$, $\gamma_1=17,3$ кН/м³, $\gamma_{\text{sb}}=9,7$ кН/м³; 2 - глина $h_2=2$ м, $c_2=50$ кПа, $\varphi_2=18^\circ$, $\gamma_2=18,2$ кН/м³; $h_w=1$ м.

Визначаємо коефіцієнти активного тиску для кожного шару ґрунту:

$$\lambda_{a1} = tg^2\left(45^\circ - \frac{35}{2}\right) = 0,271,$$

$$\lambda_{a2} = tg^2\left(45^\circ - \frac{18}{2}\right) = 0,528.$$

Визначаємо коефіцієнт пасивного тиску для другого шару ґрунту (перший шар не чинить пасивного тиску на шпунт, він повністю вибирається з котловану):

$$\lambda_{\text{п}2} = tg^2\left(45^\circ + \frac{18}{2}\right) = 1,894.$$

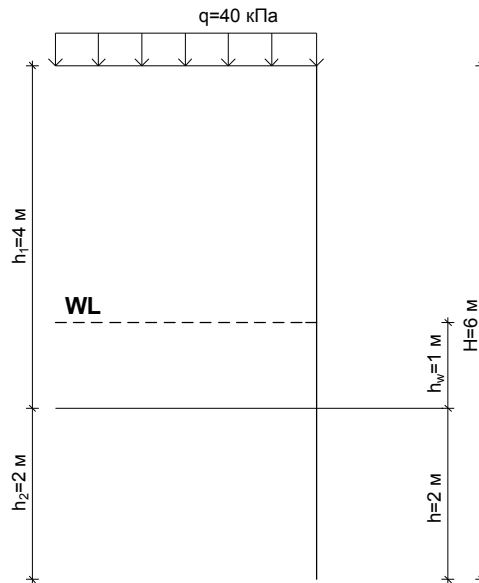


Рисунок 4.1 – Схема шпунтового огородження до розрахунку

Активний і пасивний тиск від зчеплення:

$$p_{ca1} = 2c_I \cdot tg \left(45^\circ - \frac{35}{2} \right) = 7,3 \text{ кПа},$$

$$p_{ca2} = 2c_I \cdot tg \left(45^\circ - \frac{18}{2} \right) = 72,65 \text{ кПа},$$

$$p_{сп2} = 2c_I \cdot tg \left(45^\circ + \frac{18}{2} \right) = 137,64 \text{ кПа}.$$

Для першого шару ґрунту:

$$\sigma_{aq1} = 40 \cdot 0,271 = 10,84 \text{ кПа},$$

Оскільки рівень ґрунтових вод знаходиться в цьому ґрунті

$$\sigma_{ay1} = 17,3 \cdot 3 \cdot 0,271 = 14,06 \text{ кПа},$$

$$\sigma_{ay_{sb1}} = 9,7 \cdot 1 \cdot 0,271 = 2,63 \text{ кПа}.$$

Побудову епюр активного тиску в першому шарі показано на рис. 4.2 (а).

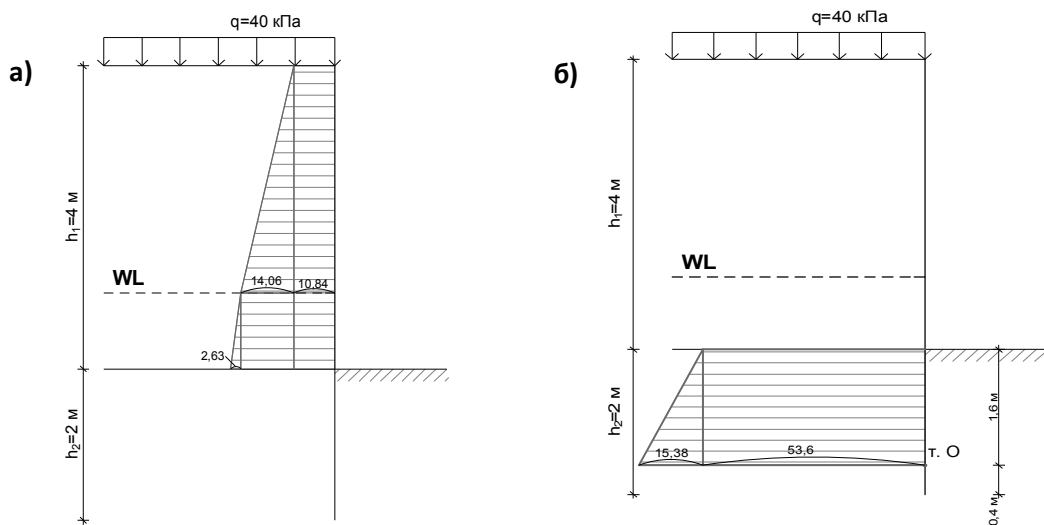


Рисунок 4.2 – Епюра активного тиску: а) у першому шарі ґрунту;
б) у другому шарі ґрунту

Для другого шару ґрунту:

Вага першого шару ґрунту для другого є при вантаженням, тому:

$$\sigma_{aq2} = (40 + 17,3 \cdot 3 + 9,7 \cdot 1) \cdot 0,528 = 53,6 \text{ кПа},$$

Епюру напружень будемо до точки повороту – т.О (рис.4.3), тому:

$$\sigma_{ay2} = 18,2 \cdot (2 - 0,4) \cdot 0,528 = 15,38 \text{ кПа}.$$

Побудову епюр активного тиску в другому шарі показано на рис. 4.2 (б). За рахунок сил зчеплення величина активного тиску ґрунту на шпунтову стінку буде зменшуватись, на рис. 5.3 наведено сумарну епюру активного тиску на шпунтову стінку.

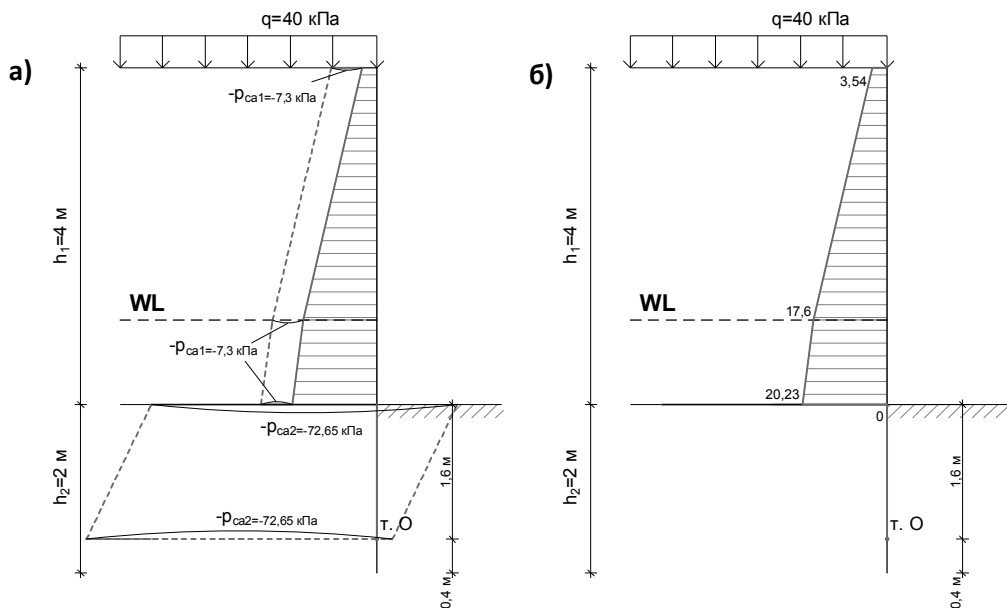


Рисунок 4.3 – Епюра активного тиску: а) зменшення величини активного тиску за рахунок сил зчеплення; б) сумарна епюра активного тиску на шпунтову стінку

Для побудови епюри пасивного тиску розраховуємо:

$$\sigma_{py2} = 18,2 \cdot (2 - 0,4) \cdot 1,894 = 54,55 \text{ кПа}.$$

Побудову епюр пасивного тиску показано на рис. 4.4. За рахунок сил зчеплення величина пасивного тиску ґрунту на шпунтову стінку буде збільшуватись на величину $p_{сп}$, на рис. 4.4 наведено сумарну епюру пасивного тиску на шпунтову стінку.

При розрахунку шпунтового огородження також слід не забувати про тиск від ґрунтових вод. Оскільки другий шар – глина, то тиск рахується лише в межах першого шару, починаючи від рівня ґрунтових вод:

$$\sigma_w = \gamma_w \cdot h = 10 \cdot 1 = 10 \text{ кПа}.$$

На рис.4.4 показано сумарну епюру активного і пасивного тиску на шпунтову стінку, а також епюру від тиску води.

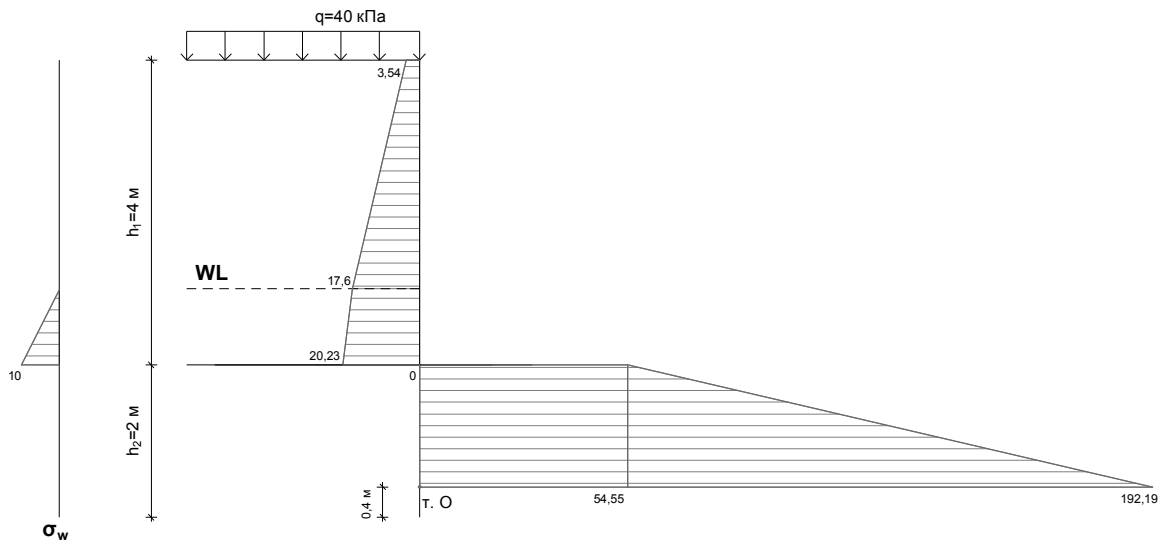


Рисунок 4.4 – Сумарна епюра активного і пасивного тиску на шпунтову стінку

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Тема: визначення несучої здатності основ на зсув по підшві.

Мета роботи: виконати розрахунок фундаменту мілкого закладання на зсув по підшві при дії горизонтального навантаження.

Вихідні дані для виконання роботи такі ж як для роботи № 2 (табл. 10.1 та 10.2), лише додатково прийняти горизонтальне навантаження $Q = 0,4N_e$ (N_e – експлуатаційне навантаження).

Теоретичні відомості

Розрахунок фундаменту на зсув по підшві виконується виходячи з умови:

$$\sum F_{s,a} \leq \frac{\gamma_c \sum F_{s,r}}{\gamma_n}, \quad (5.1)$$

де $\sum F_{s,a}$ і $\sum F_{s,r}$ - суми проекцій на площину ковзання відповідно зсуваючих і утримуючих сил, що визначаються з врахуванням активного і пасивного тиску ґрунту на бокові грані фундаменту;

γ_c - коефіцієнт умови роботи, який залежить від виду ґрунту.

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням споруди.

$$\sum F_{s,a} = E_a + F_h \quad (5.2)$$

$$\sum F_{s,r} = E_n + F_v \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + A \cdot c_1 \quad (5.3)$$

де E_a і E_n - відповідно складові рівнодіючих активного і пасивного тиску ґрунту, що паралельні площині зсуву (рис. 5.1);

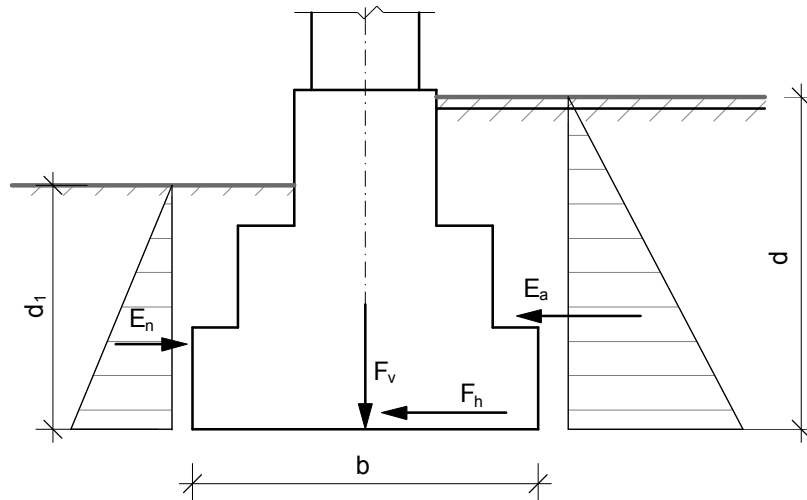


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема для розрахунку фундаменту на зсув по підшві

$$E_a = 0,5 \cdot (\gamma'_l \cdot d \cdot \lambda_a - 2c'_l \sqrt{\lambda_a})(d - d_c), \quad (5.4)$$

$$E_n = 0,5 \cdot \gamma'_l \cdot d_1 \cdot \lambda_n + c'_l \cdot d_1 (\lambda_n - 1) / \operatorname{tg} \varphi'_l, \quad (5.5)$$

де для ґрунтів зворотної засипки $\gamma'_l = 0,95 \cdot \gamma_l$, $c'_l = 0,5 \cdot c_l$, $\varphi'_l = 0,9 \cdot \varphi_l$;

$$d_c = 2c'_l \sqrt{\lambda_a} / (\gamma'_l \cdot \lambda_a), \quad (5.6)$$

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2(45 - \varphi'_l / 2), \quad (5.7)$$

$$\lambda_n = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi'_l / 2). \quad (5.8)$$

Приклад розрахунку

Вихідні дані: каркасна будівля з підвалом, $N_m = 1100$ кН, $Q_m = 440$ кН, $M_m = 110$ кН, розміри підшви фундаменту $2,4 \times 3,0$ м, $d = 0,8$ м, під підшовою фундаменту пилувато-глинистий ґрунт – $\gamma_l = 17$ кН/м³, $\varphi_l = 16^\circ$, $c_l = 10$ кПа.

$$F_h = Q_m = 440 \text{ кН},$$

$$F_v = N_m + l \cdot b \cdot d \cdot \gamma_{mt} \cdot \gamma_{fm} = 1100 + 2,4 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 1,1 = 1226,7 \text{ кН}.$$

$$\sin \varphi_l = \sin 16^\circ = 0,276,$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{440}{1226,7} = 0,359 > \sin \varphi_l = 0,276, \text{ умова не виконується,}$$

тому необхідно виконати розрахунок на зсув по підшві.

Для ґрунту зворотної засипки:

$$\gamma'_l = 0,95 \cdot 17 = 16,15 \text{ кН/м}^3; \quad c'_l = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ кПа}; \quad \varphi'_l = 0,9 \cdot 16 = 14,4^\circ.$$

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2(45 - 14,4 / 2) = 0,6; \quad \lambda_n = \operatorname{tg}^2(45 + 14,4 / 2) = 1,66.$$

$$d_c = 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{0,6} / (16,15 \cdot 0,6) = 0,8 \text{ м}.$$

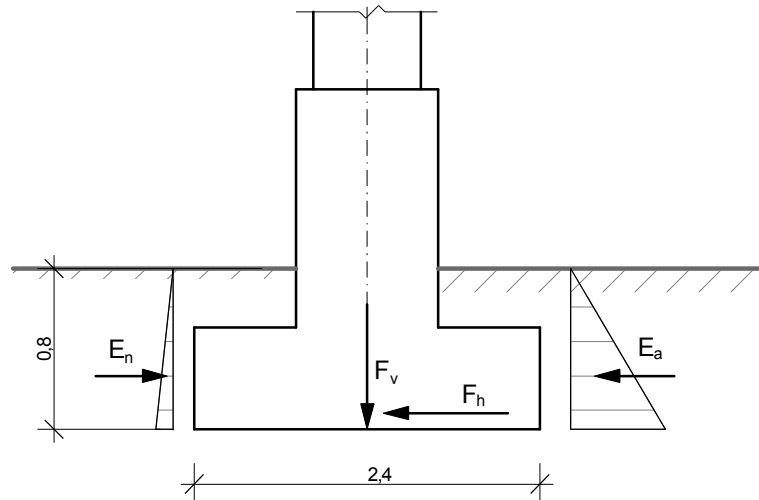


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема для розрахунку фундаменту на зсув по підшві

$$E_a = 0,5 \cdot (16,15 \cdot 0,8 \cdot 0,6 - 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{0,6})(0,8 - 0,8) = 3,88 \text{ кН};$$

$$E_n = 0,5 \cdot 16,15 \cdot 0,8 \cdot 1,66 + 5 \cdot 0,8(1,66 - 1) / \text{tg}14,4 = 21 \text{ кН};$$

$$\sum F_{s,a} = 3,88 + 440 = 443,88 \text{ кН};$$

$$\sum F_{s,r} = 21 + 1226,7 \cdot \text{tg}16 + 2,4 \cdot 3,0 \cdot 10 = 444,75 \text{ кН}.$$

Виконаємо перевірку умови (5.1):

$$\sum F_{s,a} = 443,88 \text{ кН} > \frac{0,9 \cdot 444,75}{1,2} = 333,6 \text{ кН} - \text{умова не виконується, необхідно}$$

вжити заходів, щоб уникнути зсуву по підшві.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Тема: розрахунок стійкості укосу методом круглоциліндричних поверхонь ковзання.

Мета роботи: виконати розрахунок стійкості укосу графоаналітичним методом круглоциліндричних поверхонь ковзання.

Вихідні дані для виконання роботи наведено в таблиці 10.4, ґрунтові умови приймаються по табл. 10.1.

Теоретичні відомості

При неоднорідному складі (будови) ґрунтового масиву, при необхідності урахування фільтраційного і сейсмічного впливів і при навантаженні на поверхні ґрунту, яке перевищує $h_{g0}\gamma_l$, потрібний контур укосу знаходиться методом послідовних наближень.

Спочатку задаються деякою його конфігурацією, а потім перевіряють можливість виникнення в ґрунтовому масиві граничного стану на зсув по різних поверхнях.

Розрахункові поверхні припускаємо зсуву призначаються з урахуванням виявлених при вишукуванні ослаблень в ґрунтовому масиві (переміщення зсувів, тріщинуватості, зон тектонічних порушень) та інших інженерно-геологічних особливостей.

Коли в ґрунтовому масиві мають місце ослаблення поверхні, які можуть бути апроксимовані площинами, розглядають плоскі поверхні, а при їх відсутності – круглоциліндричні поверхні.

Якщо на якій-небудь поверхні умова стійкості не виконується, то треба змішати конфігурацію укосу або посилити його утримуючими спорудами і знову перевірити його стійкість.

Метод круглоциліндричних поверхонь ковзання приблизний, дає деякий запас надійності, але за результатами розрахунків наближається до точних методів, заснованих на виконанні всіх трьох рівнянь статички. Цей метод універсальний. Пошук найбільш небезпечної поверхні робиться підбором.

В методі круглоциліндричних поверхонь чисельне значення несучої спроможності основи, як і граничне навантаження, як і коефіцієнт надійності: безпосередньо не визначаються, а знаходяться відношення моментів сил, що заважають зсуву, до моментів зсуваючих сил. Це відношення, що оцінює несучу спроможність основи, називається коефіцієнтом стійкості k_{st} (1.1-1.2).

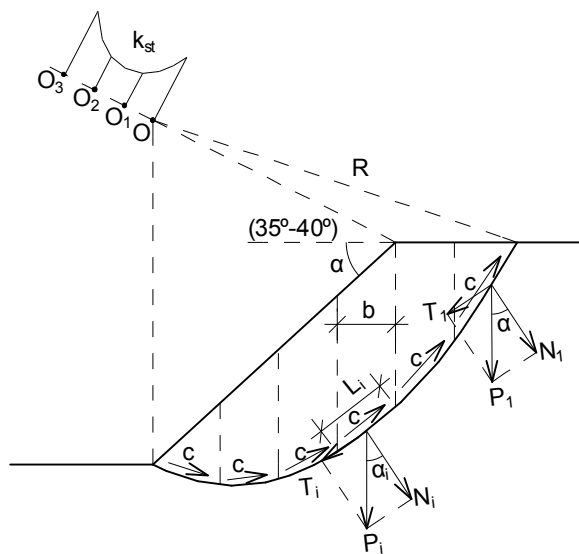


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема при розрахунку за методом круглоциліндричних поверхонь

Для складання рівняння моментів відносно точки повороту О (рис. 6.1) розбивають призму ковзання по вертикальним перетинам на ряд смуг.

Силами тертя між смугами і тиском ґрунту на бокові грані смуг, зневажають.

Вважають вагу кожного відсіку умовно прикладеною в точці перетину лінії дії ваги з відрізком дуги ковзання.

Вважають вагу кожного відсіку умовно прикладеною в точці перетину лінії дії ваги з відрізком дуги ковзання.

$$\sum M_{ymp} = R(\sum N_i \cdot tg\varphi_i + \sum c_i \cdot L_i) = bR \left[\sum (p_i + \gamma_i h_i) tg\varphi_i \cdot \cos \alpha_i + \sum \frac{c_i}{\cos \alpha_i} \right] \quad (6.1)$$

$$\sum M_{зсуг} = R \sum T_i = R \cdot b \sum \gamma_i \cdot h_i \cdot \sin \alpha_i \quad (6.2)$$

$$k_{st} = \frac{\sum M_{ymp}}{\sum M_{зсуг}} \geq 1,2 \quad (6.3)$$

Добутки $\gamma_i \cdot h_i \cdot \sin \alpha_i$ для низхідної частини кривої ковзання зі знаком «+», а для висхідної зі знаком «-» (вони вже не зсувають, а утримують).

Необхідно з усіх можливих поверхонь ковзання вибрати найбільш небезпечну. Це робиться шляхом спроб.

Приклад розрахунку

Вихідні дані. Висота укосу 21 м, горизонтальна проекція укосу 31 м, $q=30 \text{ кН/м}^2$ (рис.6.2).

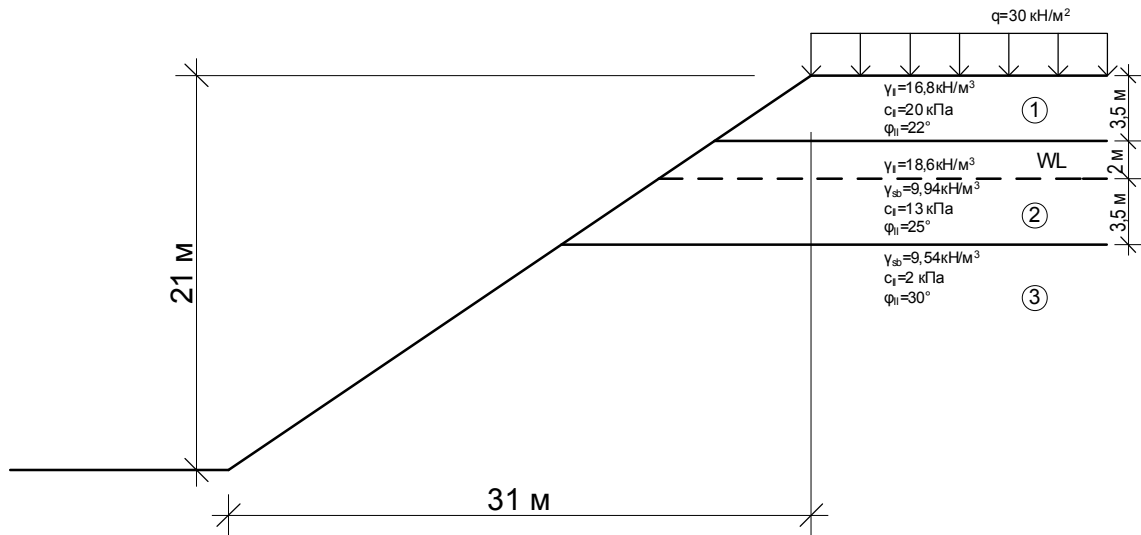


Рисунок 6.2 – Вихідні дані до розрахунку стійкості

Для побудови поверхні ковзання необхідно під кутом 36° провести пряму до верху укосу. На цій прямій необхідно відкласти відстань $(0,25+0,4m)h=(0,25+0,4 \cdot 31/21)21=17,68 \text{ м}$. Потім необхідно побудувати поверхню ковзання радіусом R як показано на рис. 6.3.

Розбиваємо відсік ґрунтового масиву на 10 елементів (рис. 6.3). Площу цих елементів та кути нахилу поверхні ковзання визначаємо графічно. Далі визначаємо масу цих елементів:

$$g_1=2,35 \cdot 16,8=42 \text{ кН/м};$$

$$g_2=10,25 \cdot 16,8+4,93 \cdot 18,6+3,51 \cdot 9,94=298,79 \text{ кН/м};$$

$$g_3=19,25 \cdot 16,8+11 \cdot 18,6+19,25 \cdot 9,94+18,04 \cdot 9,54=705,45 \text{ кН/м};$$

$$g_4=17,5 \cdot 16,8+10 \cdot 18,6+17,5 \cdot 9,94+42,57 \cdot 9,54=1060,07 \text{ кН/м};$$

$$g_5=17,5 \cdot 16,8+10 \cdot 18,6+17,5 \cdot 9,94+59,07 \cdot 9,54=1217,48 \text{ кН/м};$$

$$g_6=9,03 \cdot 16,8+10 \cdot 18,6+17,5 \cdot 9,94+70,21 \cdot 9,54=1181,46 \text{ кН/м};$$

$$g_7=3,29 \cdot 8,6+17,5 \cdot 9,94+77,07 \cdot 9,54=958,46 \text{ кН/м};$$

$$g_8=3,66 \cdot 9,94+69,94 \cdot 9,54=703,61 \text{ кН/м};$$

$$g_9=94,52 \cdot 9,54=901,72 \text{ кН/м};$$

$$g_{10}=45,52 \cdot 9,54=434,26 \text{ кН/м}.$$

Враховуємо зовнішнє привантаження (для елементів 1-5):

$$g_1=42 + 30 \cdot 1,27=80,1 \text{ кН/м};$$

$$g_2=298,79+30 \cdot 2,9=385,79 \text{ кН/м};$$

$$g_3 = 705,45 + 30 \cdot 5,5 = 870,45 \text{ кН/м};$$

$$g_4 = 1060,07 + 30 \cdot 5 = 1210,07 \text{ кН/м};$$

$$g_5 = 1217,48 + 30 \cdot 5 = 1367,48 \text{ кН/м}.$$

Вага води (нижче рівня ґрунтових вод для елементів 2-10):

$$g_{w2} = 10 \cdot 3,26 = 32,6 \text{ кН/м}; \quad g_{w3} = 10 \cdot 48,29 = 482,9 \text{ кН/м};$$

$$g_{w4} = 10 \cdot 60,07 = 600,7 \text{ кН/м}; \quad g_{w5} = 10 \cdot 76,57 = 765,7 \text{ кН/м};$$

$$g_{w6} = 10 \cdot 87,71 = 877,1 \text{ кН/м}; \quad g_{w7} = 10 \cdot 96,98 = 969,8 \text{ кН/м};$$

$$g_{w8} = 10 \cdot 73,79 = 737,9 \text{ кН/м}; \quad g_{w9} = 10 \cdot 94,52 = 945,2 \text{ кН/м};$$

$$g_{w10} = 10 \cdot 45,52 = 455,2 \text{ кН/м}.$$

Розрахунок виконується в табличній формі (табл. 9.1).

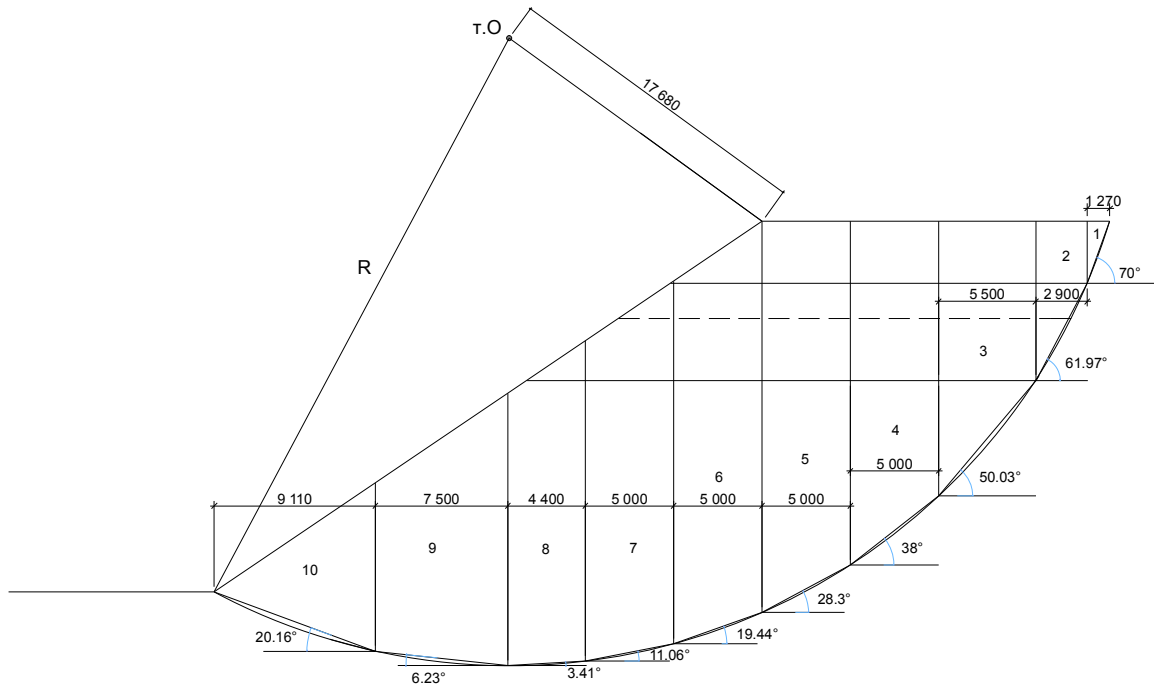


Рисунок 6.3 – Розрахункова схема укосу для методу кругло циліндричних поверхонь

Перевіряємо умову:

$$\sum \frac{g_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + b_i \cdot c_i}{(1 + \operatorname{tg} \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i) \cos \alpha_i} > \sum (g_i + g_w) \sin \alpha_i \quad (6.4)$$

4126,07 < 4242,41 – умова не виконується, стійкість укосу по даній поверхні ковзання не забезпечена.

Таблиця 9.1 – Розрахунок стійкості укусу методом круглоциліндричних поверхонь

| № елемента | c_i , кПа | φ_i , ° | b_i , м | α_i , ° | g_i , кПа | $g_i + g_w$, кПа | $\operatorname{tg}\varphi_i$ | $g_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_i$ | $b_i \cdot c_i$ | $g_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_i + b_i \cdot c_i$ | $\operatorname{tg}\alpha_i$ | $\operatorname{tg}\varphi_i \cdot \operatorname{tg}\alpha_i$ | $1 + \operatorname{tg}\varphi_i \cdot \operatorname{tg}\alpha_i$ | $\cos\alpha_i$ | $(1 + \operatorname{tg}\varphi_i \cdot \operatorname{tg}\alpha_i) \cos\alpha_i$ | $\frac{g_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_i + b_i \cdot c_i}{(1 + \operatorname{tg}\alpha_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_i) \cos\alpha_i}$ | $\sin\alpha_i$ | $(g_i + g_w) \cdot \sin\alpha_i$ |
|------------|-------------|-----------------|-----------|----------------|-------------|-------------------|------------------------------|--|-----------------|--|-----------------------------|--|--|----------------|---|--|----------------|----------------------------------|
| 1 | 13,3 | 19,13 | 1,27 | 70 | 80,1 | 80,1 | 0,347 | 27,8 | 16,89 | 44,69 | 2,75 | 0,954 | 1,954 | 0,342 | 0,668 | 66,9 | 0,94 | 75,29 |
| 2 | 8,9 | 21,39 | 2,9 | 62 | 385,79 | 418,39 | 0,392 | 151,23 | 25,81 | 177,04 | 1,88 | 0,737 | 1,737 | 0,469 | 0,815 | 217,23 | 0,883 | 369,44 |
| 3 | 1,3 | 27,3 | 5,5 | 50 | 870,45 | 1353,35 | 0,516 | 449,15 | 7,15 | 456,3 | 1,19 | 0,614 | 1,614 | 0,642 | 1,036 | 440,44 | 0,766 | 1036,67 |
| 4 | 1,3 | 27,3 | 5 | 38 | 1210,07 | 1810,77 | 0,516 | 624,4 | 6,5 | 630,9 | 0,78 | 0,402 | 1,402 | 0,788 | 1,094 | 576,69 | 0,616 | 1115,43 |
| 5 | 1,3 | 27,3 | 5 | 28,3 | 1367,48 | 2133,18 | 0,516 | 705,62 | 6,5 | 712,12 | 0,54 | 0,279 | 1,279 | 0,88 | 1,126 | 632,43 | 0,474 | 1011,13 |
| 6 | 1,3 | 27,3 | 5 | 19,44 | 1181,46 | 2058,56 | 0,516 | 609,63 | 6,5 | 616,13 | 0,35 | 0,181 | 1,181 | 0,943 | 1,114 | 553,08 | 0,333 | 685,5 |
| 7 | 1,3 | 27,3 | 5 | 11,06 | 958,46 | 1928,26 | 0,516 | 494,57 | 6,5 | 501,07 | 0,20 | 0,103 | 1,103 | 0,981 | 1,082 | 463,1 | 0,192 | 370,23 |
| 8 | 1,3 | 27,3 | 4,4 | 3,4 | 703,61 | 1441,51 | 0,516 | 363,06 | 5,72 | 368,78 | 0,06 | 0,031 | 1,031 | 0,998 | 1,029 | 358,39 | 0,059 | 85,05 |
| 9 | 1,3 | 27,3 | 7,5 | -6,2 | 901,72 | 1846,92 | 0,516 | 465,29 | 9,75 | 475,04 | -0,11 | -0,057 | 0,943 | 0,994 | 0,937 | 506,98 | -0,108 | -199,47 |
| 10 | 1,3 | 27,3 | 9,11 | -20,2 | 434,26 | 889,46 | 0,516 | 224,08 | 11,84 | 235,92 | -0,37 | -0,191 | 0,809 | 0,938 | 0,759 | 310,83 | -0,345 | -306,86 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 4126,07 | | 4242,41 |

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: визначення розмірів подошви фундаментів мілкого закладання.

Мета роботи: призначити глибину закладання фундаменту, визначити розміри подошви.

Вихідні дані для виконання роботи наведено в таблиці 5, інженерно-геологічні умови приймаються з практичної роботи № 1.

Теоретичні відомості

Вибір глибини закладання фундаментів

У багатьох випадках чим вище закладається подошва, тим менша вартість робіт із спорудження фундаментів. Тому фундаменти бажано закладати на можливо меншу глибину. При цьому необхідно урахувати такий комплекс факторів.

1. Призначення та конструктивні особливості споруди, що проектується (наявність підвалів, підземних комунікацій, сусідніх та поряд розміщених будинків, підземних споруд тощо).

Фундаменти повинні заглиблюватись нижче підлоги підвалу не менше ніж на 0,5 м для стрічкових і не менше ніж на 0,75 м для стовпчастих.

Призначення глибини закладання фундаменту в залежності від наявності або відсутності підвалу згідно з [5] показано на рисунку 7.1.

2. Інженерно-геологічні умови будівельного майданчику (фізико-механічні властивості ґрунтів, характер нашарувань, наявність шарів, які мають спроможність зсунутись один по одному, карстові порожнини та ін.).

Рослинний шар ґрунту є дуже стисливим і його слід проходити фундаментами. Фундамент рекомендується заглиблювати в несучий шар не менше ніж на 0,3÷0,5 м. Не рекомендується використовувати як несучий шар такі ґрунти як крихкотілі піски, глинисті ґрунти текучої консистенції (в тому числі мули), заторфовані, насипні тощо.

Недоцільно залишати під подошвою фундаменту слабкий шар ґрунту малої товщини (1÷2 м), якщо стисливість цього шару значно більша стисливості підстильного шару.

3. Гідрогеологічні умови майданчика та їх можливі зміни у процесі будівництва та експлуатації споруди.

Для запобігання ускладненню виконання робіт відмітку подошви фундаменту рекомендується вибирати так, щоб вона була вище рівня ґрунтових вод.

4. Значення і характер навантажень, які діють на фундамент, його конструктивна висота за умов сполучення з надфундаментною конструкцією.

5. Глибина промерзання ґрунтів.

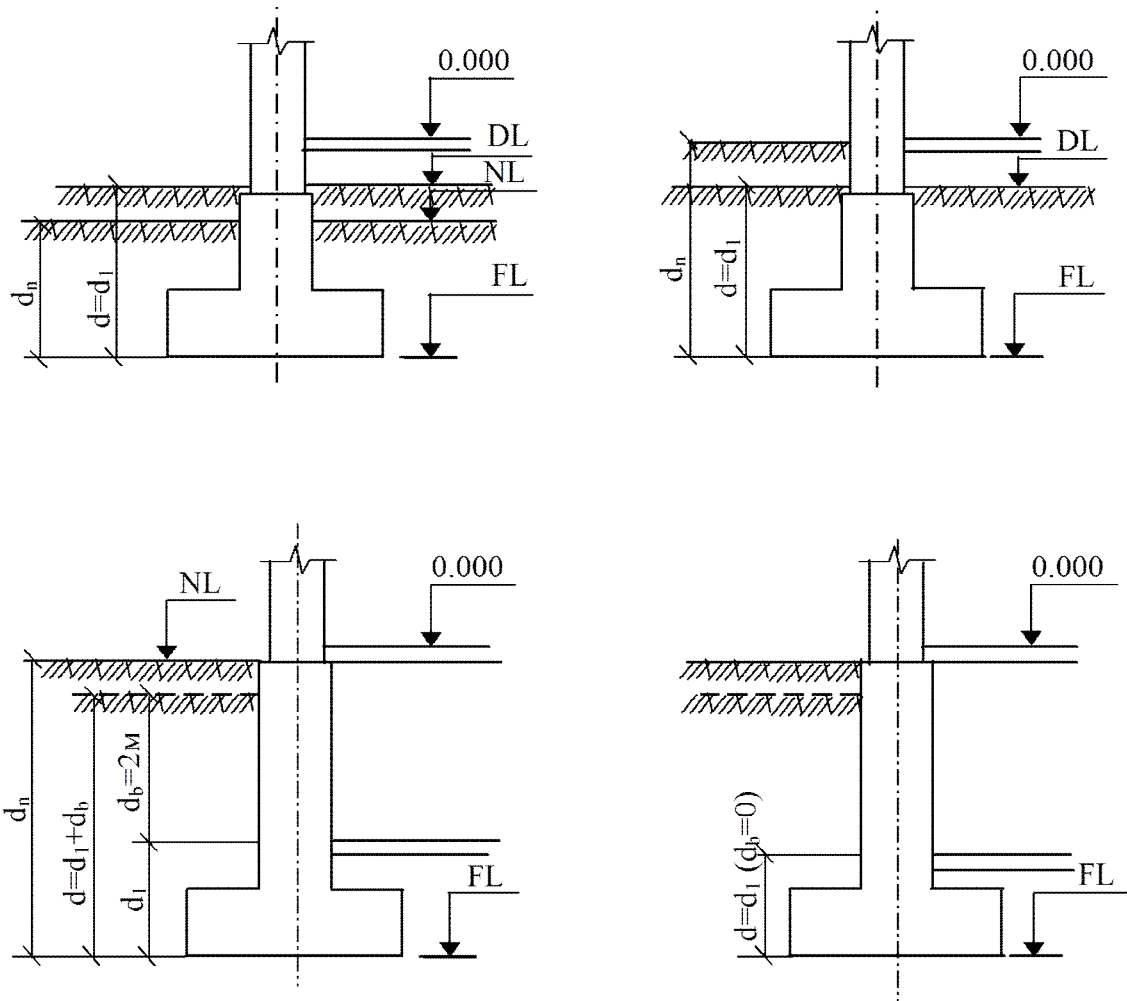
Глибина сезонного промерзання ураховується при призначенні глибини закладання фундаментів, коли є можливість здимання ґрунту при промерзанні. В цьому випадку глибина закладання фундаменту d призначається на

менше розрахункової глибини промерзання d_f , яка визначається за формулою [5]

$$d_f = k_n d_{fn}, \quad (7.1)$$

де k_n - коефіцієнт, який урахує вплив теплового режиму споруди, приймається за [5];

d_{fn} – нормативне значення глибини сезонного промерзання, яке визначається в залежності від виду ґрунту та кліматичних умов будівельного майданчика по формулі 7.2 [5].



а) при ширині підвалу $B \leq 20$ м б) при ширині підвалу $B > 20$ м

Рисунок 7.1 – Глибина закладання підшви фундаменту

Визначення розмірів підшви центрально навантаженого фундаменту

Розміри підшви фундаментів мілкого закладання призначаються, як правило, із розрахунку їх основ за другою групою граничних станів. Для центрально навантажених фундаментів вони повинні задовольняти дві граничні нерівності цієї групи

$$P \leq R, \quad S \leq S_u, \quad (7.2)$$

де P – тиск під підшовою фундаменту, кПа;

R – розрахунковий опір ґрунту основи, кПа;
 S – фактичне значення осідання основи;
 S_u – гранично допустиме значення осідання для фундаментів даної споруди [5].

Тиск під подошвою фундаменту:

$$p = \frac{N}{A} + \gamma_{mt} d, \quad (7.3)$$

де N – розрахункове експлуатаційне значення навантаження (вертикальна зосереджена сила), яке діє на фундамент (оскільки розрахунок ведеться за II групою граничних станів), кН;

A – площа подошви фундаменту, м²;

γ_{mt} – середнє значення питомої ваги фундаменту та ґрунту на його уступах, приймається рівним $\gamma_{mt} = 20$ кН/м³;

d – глибина закладання фундаменту, м.

Розрахунковий опір ґрунту основи обчислюють за формулою [5]

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} \left[M_{\gamma} k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c C_{II} \right], \quad (7.4)$$

де γ_{c1} та γ_{c2} – коефіцієнти умов роботи, які залежать відповідно від виду ґрунту під подошвою фундаменту та жорсткості споруди і визначаються за [5];

k – коефіцієнт надійності, який приймається рівним 1, якщо характеристики ґрунту під подошвою фундаменту визначені безпосереднім випробуванням, та 1.1, якщо характеристики ґрунту визначені за таблицями норм;

M_{γ} , M_q , M_c – безрозмірні коефіцієнти, які визначаються [5] в залежності від значення кута внутрішнього тертя ґрунту φ_{II} ;

K_z – коефіцієнт, який приймається при $b < 10$ м $K_z = 1$, при $b \geq 10$ м $K_z = Z_0/b + 0.2$ (тут $Z_0 = 8$ м, b – ширина подошви фундаменту), м;

γ_{II} – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, які залягають нижче подошви фундаментів, кН/м³, при наявності підземних вод визначається з урахуванням зважуючої дії води;

γ'_{II} – теж саме, які залягають вище подошви, кН/м³;

C_{II} – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, який залягає безпосередньо під подошвою фундаменту, кПа;

d_1 – глибина закладання фундаментів безпідвальних споруд від рівня планування або приведена глибина закладання зовнішніх та внутрішніх фундаментів від підлоги підвала (див. рис. 7.1).

Дозволяється враховувати конструкцію підлоги підвалу

$$d_1 = h_s + h_{cf} \gamma_{cf}, \quad (7.5)$$

де h_s – товщина шару ґрунту вище подошви фундаменту зі сторони підвалу, м;

h_{cf} – товщина конструкції підлоги підвалу, м;

γ_{cf} – розрахункове значення питомої ваги конструкції підлоги підвалу, кН/м³;

d_b – глибина підвалу – відстань від рівня планування до підлоги підвалу, м (для споруд з підвалом шириною $B > 20$ м і глибиною більше 2 м $d_b = 2$ м, при ширині підвалу $B > 20$ м - $d_b = 0$, див. рис.7.1).

Усереднення характеристик ґрунту при багат шаровій основі, яка складається із шарів товщиною h_1, h_2, \dots , здійснюється за формулою

$$\gamma_{сер} = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}. \quad (7.6)$$

При визначенні $\gamma_{сер}$ нижче підшови фундаменту усереднення виконується на глибину не менше $0,5b$. Оскільки ширина фундаменту заздалегідь невідома, то в курсових та дипломних проектах виконується усереднення в першому наближенні на глибину 2 м від підшови фундаменту.

Визначення розмірів підшови позациентрово навантаженого фундаменту

Розміри підшови позациентрово навантаженого фундаменту повинні задовольняти такі граничні нерівності II групи:

$$\begin{aligned} P_{сер} &\leq R; \\ P_{\max, x(y)} &\leq 1.2 R \quad ; \\ P_{\max, кут} &\leq 1.5 R \quad ; \\ \frac{P_{\min}}{P_{\max}} &\geq 0.25 [\geq 0]; \\ S &\leq S_u, \end{aligned} \quad (7.7)$$

де P_{\max}, P_{\min} – відповідно максимальний і мінімальний тиск під підшовою фундаменту (крайовий тиск), який визначається за однією із формул

$$\begin{aligned} \frac{P_{\max, x}}{P_{\min, x}} &= \frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} + \gamma_{mt} d; \\ \frac{P_{\max, y}}{P_{\min, y}} &= \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{W_y} + \gamma_{mt} d; \end{aligned} \quad (7.8)$$

де M_x, M_y – розрахункове експлуатаційне значення згинального моменту, який діє відповідно відносно осей X та Y підшови;

W_x, W_y – моменти опору підшови фундаменту відносно осей відповідно X та Y. Для прямокутної форми підшови $W_x = bl^2/6$; $W_y = b^2l/6$;

l, b – довжина і ширина підшови фундаменту;

$P_{\max, кут}$ – максимальний тиск під кутом підшови фундаменту для випадку, коли фундамент навантажений згинальними моментами M_x та M_y одночасно:

$$P_{\max, кут} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \gamma_{mt} d; \quad (7.9)$$

$P_{сер}$ – середній тиск під підшовою фундаменту

$$P_{сер} = \frac{N}{A} + \gamma_{mt} d = \frac{P_{max} + P_{min}}{2}; \quad (7.10)$$

R - визначається за формулою (7.4).

Рекомендоване співвідношення сторін подошви позacentрово навантаженого фундаменту $K = l/b = 1.2 \dots 1.6$.

Обмеження на мінімальний тиск під подошвою фундаменту приймається в залежності від характеру навантажень:

а) для фундаментів колон споруд з мостовими кранами вантажопідйомністю 750 кН /75 т / і більше, для фундаментів колон відкритих естакад з кранами вантажопідйомністю 150 кН /15т/ і більше, труб, домен та інших споруд баштового типу а також фундаментів на слабких ґрунтах з $R \leq 150$ кПа треба приймати тільки трапецієподібну епюру контактного тиску під подошвою, що задовольняє умову $P_{min}/P_{max} \geq 0.25$;

б) для фундаментів колон з іншими крановими навантаженнями можна приймати трикутну епюру при повному контакті фундаменту з ґрунтом, тобто $P_{min} \geq 0$;

в) в решті випадків допускається частковий відрив подошви фундаменту від ґрунту на величину не більше 0,25l.

Визначення розмірів подошви стрічкового фундаменту

При визначенні розмірів подошви стрічкового фундаменту його розглядають як стовпчастий (позacentрово або центрально навантажений) з шириною b та довжиною $l = 1$ м (навантаження визначають на 1 м погонної довжини стрічкового фундаменту).

Стрічкові фундаменти рекомендується проектувати збірними із типових фундаментних плит (блок-подушок). За необхідністю їх встановлюють з розривом, тоді фундаменти проектують переривчастими [5].

Приклади розрахунку

Приклад 1. Визначення розмірів подошви окремого центрально завантаженого фундаменту.

Вихідні дані. Навантаження $N_e = 700$ кН (розрахункове значення для другої групи граничних станів). Будинок житловий, має підвал глибиною $d_b = 2.0$ м, шириною $b < 20$ м, глибина закладання фундаменту нижче підлоги підвалу $d_1 = 0,75$ м (див. рис. 7.2).

Інженерно-геологічні умови майданчика забудови представлені такими нашаруваннями (рис. 7.2).

1. Насипний ґрунт товщиною 0,7 м (товщина враховується від поверхні планування) з питомою вагою $\gamma_{II} = 18$ кН/м³.

2. Суглинок товщиною 2,5 м ($\gamma_{II} = 19$ кН/м³; $e = 0,75$; $I_L = 0.63$; $\varphi_{II} = 20^\circ$; $c_{II} = 21$ кПа).

3. Глина товщиною 7,2 м ($\gamma_{II} = 20$ кН/м³; $e = 0,95$; $I_L = 0,45$; $\varphi_{II} = 13^\circ$; $c_{II} = 33$ кПа).

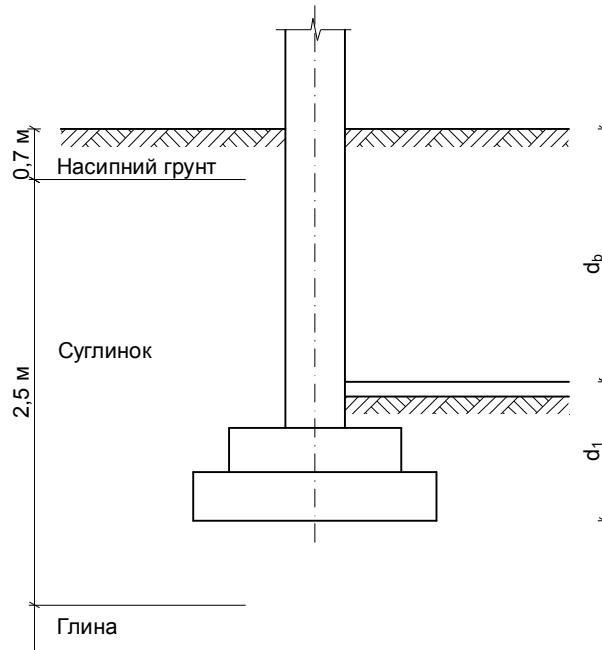


Рисунок 7.2 – Схема розміщення фундаменту у ґрунті

1. Умовний розрахунковий опір ґрунту основи, яким є шар суглинку, $R_0 \approx 200$ кПа [5].

2. Визначимо приведену глибину закладання фундаменту від підлоги підвалу. Товщина підлоги підвалу $h_{cf} = 0,20$ м, питома вага бетону $\gamma_{cf} = 22$ кН/м³; товщина шару ґрунту від подошви фундаменту до підлоги підвалу $h_s = 0,75 - 0,20 = 0,55$ м.

$$d_1 = h_s + \frac{h_{cf} \gamma_{cf}}{\gamma_{II}} = 0,55 + \frac{0,2 \cdot 22}{19} = 0,78 \text{ (м)}.$$

3. Визначаємо площу подошви фундаменту в першому наближенні за формулою (7.11)

$$A' = \frac{N_e}{R_0 - \gamma_{mt} d} = \frac{700}{200 - 20 \cdot 2,75} = 4,83 \text{ (м}^2\text{)}.$$

4. Оскільки фундамент центрально завантажений, то приймаємо його квадратним у плані і тоді

$$b' = l' = \sqrt{A'} = \sqrt{4,83} = 2,2 \text{ (м)}.$$

5. Розрахунковий опір ґрунту основи за формулою (7.4)

$$R' = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,0} [0,51 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 19,6 + 3,06 \cdot 0,78 \cdot 18,7 + (3,06 - 1) \cdot 2,0 \cdot 18,7 + 5,66 \cdot 21] = 288,8 \text{ (кПа)}.$$

При цьому в формулі (7.4) прийняті такі параметри:

За табл. Е.8 [5] при $\varphi_{II} = 20^\circ$ $M_\gamma = 0,51$; $M_q = 3,06$; $M_c = 5,66$; осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають вище подошви фундаменту

$$\gamma'_{II} = \frac{18 \cdot 0,7 + 19 \cdot 2,05}{2,75} = 18,7 (\text{кН} / \text{м}^3).$$

Осереднене на глибину z розрахункове значення питомої ваги ґрунту, що залягає нижче підшви фундаменту, при ширині підшви $b = 2,2$ м і $z = b/2 = 1,1$ м

$$\gamma_{II} = \frac{19 \cdot 0,45 + 20 \cdot 0,65}{1,1} = 19,6 (\text{кН} / \text{м}^3).$$

6. Площа підшви в другому наближенні

$$A'' = \frac{700}{288,8 - 20 \cdot 2,75} = 2,99 (\text{м}^2).$$

7. Ширина підшви фундаменту

$$b'' = \sqrt{2,99} = 1,73 (\text{м}).$$

8. Розрахунковий опір ґрунту основи у другому наближенні

$$R'' = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,0} [0,51 \cdot 1,0 \cdot 1,73 \cdot 19,6 + 3,06 \cdot 0,78 \cdot 18,7 + (3,06 - 1) \cdot 2,0 \cdot 18,7 + 5,66 \cdot 21] = 254,82 (\text{кПа}).$$

9. Площа підшви фундаменту

$$A''' = \frac{700}{254,82 - 20 \cdot 2,75} = 3,50 (\text{м}^2).$$

10. Ширина підшви фундаменту

$$b''' = \sqrt{3,5} = 1,87 (\text{м}).$$

11. Повторимо цикл

$$R''' = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,0} [0,51 \cdot 1,0 \cdot 1,87 \cdot 19,6 + 3,06 \cdot 0,78 \cdot 18,7 + (3,06 - 1) \cdot 2,0 \cdot 18,7 + 5,66 \cdot 21] = 256,22 (\text{кПа});$$

$$A^{IV} = \frac{700}{256,82 - 20 \cdot 2,75} = 3,47 (\text{м}^2); \quad b^{IV} = \sqrt{3,47} = 1,86 (\text{м}).$$

12. Приймаємо розміри фундаменту кратними 300 мм

$$b = 1,8 \text{ м}; \quad l = 2,1 \text{ м} \quad (\text{при } A = 3,78 \text{ м}^2 > A^{IV} = 3,47 \text{ м}^2).$$

13. Виконаємо перевірку умови $p < R$

$$p = \frac{700}{1,8 \cdot 2,1} + 20 \cdot 2,75 = 240,2 (\text{кПа});$$

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,0} (0,51 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 19,6 + 237,53) = 281,1 (\text{кПа}).$$

Таким чином

$$p = 240,2 \text{ кПа} < R = 281,1 \text{ кПа}.$$

Розміри підшви фундаменту можна прийняти

$$b = 1,8 \text{ м}; \quad l = 2,1 \text{ м}.$$

Приклад 2. Визначення розмірів підшви позacentрово навантаженого стовпчастого фундаменту.

Вихідні дані. Промисловий корпус з мостовими кранами вантажопідйомністю $Q = 500$ кН. При найбільш несприятливому сполученні для розрахунку за другою групою граничних станів навантаження на фундамент $N_e = 1200$ кН, $M_{e,x} = 450$ кН·м; $M_{e,y} = 110$ кН·м. Споруда без підвалу.

Глибина закладання фундаменту $d = d_1 = 1.8$ м (рис. 7.3).

Основою фундаменту є супісок, який характеризується такими показниками $\gamma_s = 27$ кН/м³; $\gamma_{II} = 18,5$ кН/м³; $e=0,45$; $I_L = 0,33$; $\varphi_{II} = 17^\circ$; $c_{II} = 25$ кПа.

На глибині 2.0 м від поверхні планування знаходиться рівень ґрунтової води.

1. Умовний розрахунковий опір ґрунту основи за табл. Е.3 [5] $R_o \approx 300$ кПа.

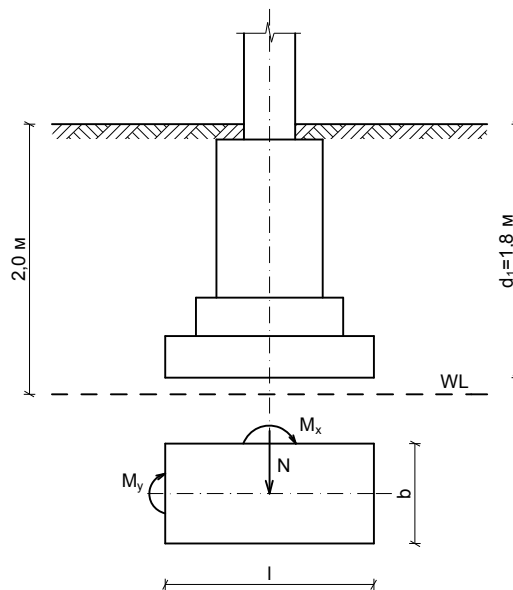


Рисунок 7.3 – Схема розташування фундаменту у ґрунті і навантажень на фундамент

2. Визначаємо площу підошви фундаменту в першому наближенні за формулою (7.11)

$$A' = \frac{1200}{300 - 20 \cdot 1.8} = 4.5 (\text{м}^2).$$

3. Приймаємо фундамент прямокутним з співвідношенням сторін підошви $\eta = l/b = 1,2$, тоді $b = \sqrt{A'/\eta} = \sqrt{4,5/1,2} = 1,94$ (м).

4. Визначимо розрахунковий опір ґрунту основи за формулою (7.4).

За табл.Е.7 [5] знайдемо коефіцієнти $\gamma_{c1} = 1,2$ і $\gamma_{c2} = 1,0$ для глинистого ґрунту при $I_L = 0,33$.

Коефіцієнт $k=1$, оскільки характеристики ґрунту визначені безпосередніми випробуваннями.

За табл. Е.8 [5] при $\varphi_{II} = 17^\circ$ $M_\gamma = 0,39$; $M_q = 2,57$; $M_c = 5,15$.

Оскільки частинки супіску знаходяться у підвішеному водою стані (нижче рівня підземних вод), то питома вага ґрунту нижче рівня підземної води (WL):

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{27 - 10}{1 + 0,45} = 11,7 (\text{кН} / \text{м}^3).$$

Осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підшви фундаменту при ширині підшви $b = 2,0$ м і $Z = 1,0$ м

$$\gamma_{II} = \frac{18,5 \cdot 0,2 + 11,7 \cdot 0,8}{1,0} = 13,06 (\text{кН} / \text{м}^3).$$

Розрахунковий опір ґрунту основи:

$$R' = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,39 \cdot 1,0 \cdot 1,94 \cdot 13,06 + 2,57 \cdot 1,8 \cdot 18,5 + 5,15 \cdot 25) = 269,05 (\text{кПа}).$$

5. Площа підшви фундаменту в другому наближенні

$$A'' = \frac{1200}{269,05 - 20 \cdot 1,8} = 5,14 (\text{м}^2).$$

6. Ширина підшви фундаменту

$$b'' = \sqrt{5,14 / 1,2} = 2,07 (\text{м}).$$

7. Розрахунковий опір ґрунту основи

$$R' = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,39 \cdot 1,0 \cdot 2,07 \cdot 13,06 + 2,57 \cdot 1,8 \cdot 18,5 + 5,15 \cdot 25) = 269,8 (\text{кПа}).$$

8. Площа підшви фундаменту

$$A''' = \frac{1200}{269,8 - 20 \cdot 1,8} = 5,13 (\text{м}^2).$$

9. Ширина підшви

$$b''' = \sqrt{5,13 / 1,2} = 2,068 (\text{м}).$$

10. Приймаємо розміри підшви кратними 300 мм

$$b = 2,1 \text{ м}; \quad l = b \cdot \eta = 2,1 \cdot 1,2 = 2,52 (\text{м}) = 2,7 \text{ м}.$$

11. Середній тиск під підшвою фундаменту

$$p_{\text{сер.}} = \frac{1200}{2,1 \cdot 2,7} + 20 \cdot 1,8 = 247,6 (\text{кПа}).$$

Розташуємо фундамент так, щоб вісь x була паралельна меншій стороні фундаменту, тоді максимальні значення крайового тиску в напрямку осей x та y за формулами (7.9)

$$p_{\text{max},x} = \frac{1200}{2,1 \cdot 2,7} + \frac{450 \cdot 6}{2,1 \cdot 2,7^2} + 20 \cdot 1,8 = 424,0 (\text{кПа});$$

$$p_{\text{max},y} = \frac{1200}{2,1 \cdot 2,7} + \frac{110 \cdot 6}{2,7 \cdot 2,1^2} + 20 \cdot 1,8 = 303 (\text{кПа}).$$

Максимальний кутовий тиск під підшвою фундаменту

$$P_{\text{кут}}^{\text{max}} = \frac{1200}{2,1 \cdot 2,7} + \frac{450 \cdot 6}{2,1 \cdot 2,7^2} + \frac{110 \cdot 6}{2,7 \cdot 2,1^2} + 20 \cdot 1,8 = 479,4 (\text{кПа}).$$

Мінімальний тиск під підшвою фундаменту буде спостерігатись в напрямку осі x

$$P_{\min, x} = \frac{1200}{2,1 \cdot 2,7} - \frac{450 \cdot 6}{2,1 \cdot 2,7^2} + 20 \cdot 1,8 = 71,23 (\text{кПа}).$$

Отже,

$$P_{\text{сер}} = 247,6 \text{ кПа} < R = 269,4 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{max}, x} = 424,0 \text{ кПа} > 1,2R = 323,3 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{max}, y} = 303,0 \text{ кПа} < 1,2R = 323,3 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{max}, \text{кут}} = 479,4 \text{ кПа} > 1,5R = 404,1 \text{ кПа};$$

$$P_{\min, x} = 71,2 \text{ кПа} > 0.$$

Дві з граничних нерівностей не виконуються, тому збільшимо розміри підшоши фундаменту. Прийmemo $b = 2,4$ м, $l = 3,0$ м.

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,39 \cdot 1,0 \cdot 2,4 \cdot 12,4 + 214,33) = 271,1 (\text{кПа});$$

$$P_{\text{сер}} = \frac{1200}{2,4 \cdot 3,0^2} + 20 \cdot 1,8 = 202,7 (\text{кПа}) < R = 271,1 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{max}, x} = \frac{1200}{2,4 \cdot 3,0} + \frac{450 \cdot 6}{3,0^2 \cdot 2,4} + 20 \cdot 1,8 = 327,7 (\text{кПа}) \approx 1,2R = 325,3 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{max}, y} = \frac{1200}{2,4 \cdot 3,0} + \frac{110 \cdot 6}{3,0 \cdot 2,4^2} + 20 \cdot 1,8 = 240,9 (\text{кПа}) < 325,3 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{max}, \text{кут}} = 327,7 + \frac{110 \cdot 6}{3,0 \cdot 2,4^2} = 365,9 (\text{кПа}) < 1,5R = 406,7 \text{ кПа};$$

$$P_{\min} = 202,7 - \frac{450 \cdot 6}{2,4 \cdot 3,0^2} = 77,7 (\text{кПа}) > 0.$$

Всі необхідні граничні нерівності виконуються, тому після розрахунку осідань прийняті розміри підшоши фундаменту можна вважати остаточними.

Приклад 3. Визначення розмірів підшоши стрічкового фундаменту.

Вихідні дані. Навантаження на обрізі фундаменту $N_e = 420$ кН/м; $M_{y, e} = 70$ кНм/м. Будівля – житловий будинок з технічним підпіллям. $d_b = 1,2$ м; $d_1 = 0,5$ м. Схема розташування фундаменту показана на рис.7.3.

Ґрунтові нашарування на майданчику забудови такі:

1. Суглинок текучопластичний товщиною 1,2 м ($\gamma_{II} = 18,7$ кН/м³; $e = 0,70$; $I_L = 0,81$; $\varphi_{II} = 15^\circ$; $c_{II} = 13$ кПа);

2. Пісок середньої крупності, товщиною 7,1 м ($\gamma_{II} = 18,9$ кН/м³; $e = 0,51$; $\varphi_{II} = 35^\circ$; $c_{II} = 2$ кПа).

1. Умовний розрахунковий опір ґрунту основи, яким є пісок середньої крупності $R_0 = 500$ кПа [5, табл. Е.2].

2. Визначимо приведену глибину закладання фундаменту від підлоги підвалу

$$d_1 = h_1 + h_{cf} \cdot \gamma_{cf} / \gamma'_{II} = 0,30 + 0,20 \cdot 22 / 18,7 = 0,54 (\text{м}),$$

де $h_s = 0,5 - 0,2 = 0,3$ (м);
 $h_{cf} = 0,2$ м; $\gamma_{cf} = 22$ кН/м³.

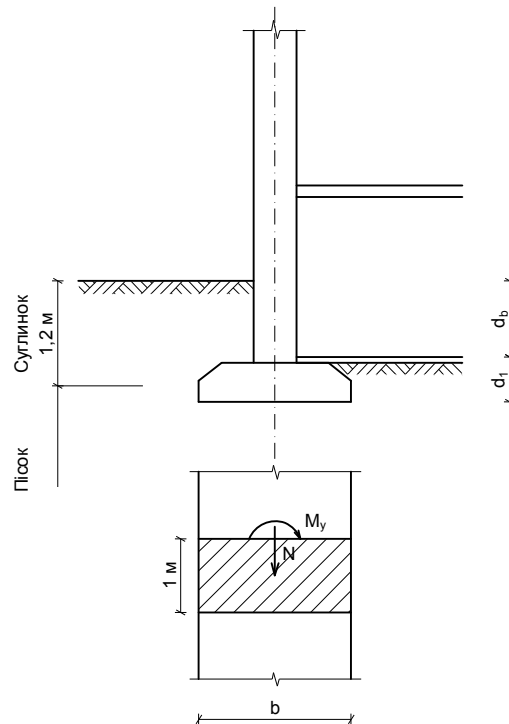


Рисунок 7.3 – Схема розміщення стрічкового фундаменту у ґрунті

3. Визначимо площу підшви фундаменту в першому наближенні

$$A' = \frac{420}{500 - 20 \cdot 1,7} = 0,9 (\text{м}^2).$$

Оскільки фундамент стрічковий, то $b = A_1 = 0,9$ (м²) при $l = 1$ м.

Призначаємо ширину фундаменту рівною ближній ширині збірної фундаментної плити: $b = 1$ м.

4. Розрахунковий опір ґрунту основи

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1,0} (1,68 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 18,9 + 7,71 \cdot 0,5 \cdot 18,76 + (7,71 - 1) \cdot 1,2 \cdot 18,76 + 9,58 \cdot 2) = 460,8 \text{ (кПа)}.$$

При цьому за таблицею Е.7 [5] для пісків середньої крупності $\gamma_{c1} = 1,4$ та для довгих будівель $\gamma_{c2} = 1,2$; $k=1$, оскільки характеристики ґрунту визначені безпосередніми випробуваннями; за табл. Е.8 [6] при $\varphi_{II} = 35^\circ$ $M_\gamma = 1,68$; $M_q = 7,71$; $M_c = 9,58$.

Осереднене значення питомої ваги ґрунтів вище підшви фундаменту

$$\gamma_{II}' = \frac{18,7 \cdot 1,2 + 18,9 \cdot 0,5}{1,7} = 18,76 \text{ (кН / м}^3\text{)}.$$

Середній тиск під підшвою фундаменту

$$P_{сер} = \frac{420}{1,0 \cdot 1,0} + 20 \cdot 1,7 = 454 \text{ (кПа)}.$$

6. Оскільки під подошвою стрічкових фундаментів згинальний момент діє тільки в одному напрямку (див. рис. 7.3), визначаємо крайовий тиск в напрямку цього згинального моменту:

$$\left[\begin{array}{l} P_{\max,y} = \frac{420}{1,0 \cdot 1,0} + \frac{70 \cdot 6}{1,0 \cdot 1,0^2} + 20 \cdot 1,7 = 874 \text{ (кПа)}; \\ P_{\min,y} = \frac{420}{1,0 \cdot 1,0} - \frac{70 \cdot 6}{1,0 \cdot 1,0^2} + 20 \cdot 1,7 = 34 \text{ (кПа)}. \end{array} \right.$$

7. Виконуємо перевірку крайових тисків

$$\begin{aligned} P_{\text{сеп}} &= 454 \text{ кПа} < R = 460 \text{ кПа}; \\ P_{\max,y} &= 874 \text{ кПа} > 1,2 R = 552 \text{ кПа}; \\ P_{\min,y} &= 34 \text{ кПа} > 0. \end{aligned}$$

Одна із граничних нерівностей не виконується.

8. Приймаємо збірну фундаментну плиту шириною $b = 1,4$ м.

Тоді

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1,0} (1,68 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 18,9 + 242,5) = 482,1 \text{ (кПа)};$$

$$p_{\text{сеп.}} = \frac{420}{1,0 \cdot 1,4} + 20 \cdot 1,7 = 303 \text{ (кПа)};$$

$$p_{\max,y} = 303 + \frac{70 \cdot 6}{1 \cdot 1,4^2} = 517,3 \text{ (кПа)};$$

$$p_{\min,y} = 303 - \frac{70 \cdot 6}{1 \cdot 1,4^2} = 88,7 \text{ (кПа)};$$

$$p_{\text{сеп.}} = 303 \text{ кПа} < R = 482,1 \text{ кПа};$$

$$p_{\max,y} = 517,3 \text{ кПа} < 1,2 R = 578,5 \text{ кПа};$$

$$p_{\min,y} = 88,7 \text{ кПа} > 0.$$

Всі граничні нерівності виконуються. Приймаємо фундаментні плити ФЛ.14.24 – 3т.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Тема: перевірка слабкого підстильного шару.

Мета роботи: виконати перевірку напружень на покрівлі слабкого підстильного шару.

Вихідні дані для виконання роботи наведено в таблиці 7.

Теоретичні відомості

При наявності в межах товщі, що стискається, на глибині Z від подошви фундаменту шару ґрунту меншої міцності порівняно з шарами, які лежать вище, розміри подошви фундаменту повинні бути такими, щоб виконувалась умова

$$\sigma_{zp} - \sigma_{zy} + \sigma_{zg} \leq R_z, \quad (8.1)$$

де σ_{zp} , σ_{zy} та σ_{zg} - σ_{zy} вертикальні напруження у ґрунті на глибині Z від підшови фундаменту, відповідно від зовнішнього навантаження на фундамент, від ваги ґрунту, що витягнутий з котловану, і від власної ваги ґрунту, кПа.

R_z – розрахунковий опір ґрунту зниженої міцності на глибині Z , кПа, який обчислюється за формулою (7.4) для умовного фундаменту шириною:

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a; \quad A_z = \frac{N}{\sigma_{zp}}; \quad a = \frac{l-b}{2}, \quad (8.2)$$

де N – вертикальне навантаження на основу від фундаменту (враховуючи його власну вагу);

l та b – відповідно довжина та ширина підшови фундаменту.

Якщо умова (8.1) не виконується, треба збільшити розміри підшови фундаменту і знову перевірити тиск на покрівлю слабого шару.

Приклад розрахунку

Вихідні дані: розміри підшови 2,1x2,4 м, $N_e=1200$ кН, $d_1=2,1$ м, $h_1=1,5$ м, $\gamma_1=17,0$ кН/м³, $\gamma_2=18,1$ кН/м³, вид слабого ґрунту – суглинок $I_L=0,9$, $\gamma_{слаб}=16,8$ кН/м³, $c_{слаб}=4$ кПа, $\phi_{слаб}=17^\circ$, розміри котловану 4x60 м (рис.8.1).

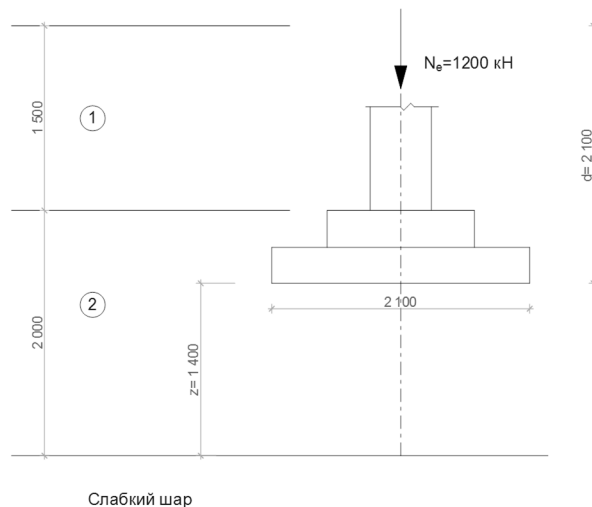


Рисунок 8.1 – Розміщення фундаменту в ґрунті

Середній тиск під підшовою фундаменту:

$$P = \frac{N_e}{A} + \gamma_{mt} \cdot d = \frac{1200}{2,1 \cdot 2,4} + 20 \cdot 2,1 = 280 \text{ кПа.}$$

Відстань від підшови фундаменту до покрівлі слабого шару складає $Z=1,4$ м (рис. 10.1).

Вертикальне напруження у ґрунті на глибині Z від підшови фундаменту від зовнішнього навантаження на фундамент:

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p = 0,529 \cdot 280 = 148 \text{ кПа,}$$

де $\alpha = 0,529$ по табл. Д.1 [5] в залежності від $\zeta = \frac{2z}{b} = \frac{2 \cdot 1,4}{2,1} = 1,333$ та $\eta = \frac{l}{b} = \frac{2,4}{2,1} = 1,14$.

Вертикальне напруження в рівні підшви фундаменту від власної ваги ґрунту:

$$\sigma_{zg,0} = \sum \gamma_i \cdot h_i = 17 \cdot 1,5 + 18,1 \cdot 0,6 = 36,4 \text{ кПа.}$$

Вертикальне напруження у ґрунті на глибині Z від підшви фундаменту від власної ваги ґрунту:

$$\begin{aligned} \sigma_{zg,0} &= \sum \gamma_i \cdot h_i = 17 \cdot 1,5 + 18,1 \cdot 0,6 = 36,4 \text{ кПа,} \\ \sigma_{zg} &= 36,5 + 18,1 \cdot 1,4 = 61,7 \text{ кПа.} \end{aligned}$$

Вертикальне напруження у ґрунті на глибині Z від підшви фундаменту від ваги ґрунту, що витягнутий з котловану:

$$\sigma_{z\gamma} = \alpha_k \cdot \sigma_{zg,0} = 0,905 \cdot 36,4 = 33 \text{ кПа,}$$

де $\alpha_k = 0,905$ по табл. Д.1 [5] в залежності від $\zeta_k = \frac{2z}{b_k} = \frac{2 \cdot 1,4}{4} = 0,7$ та

$$\eta_k = \frac{l_k}{b_k} = \frac{60}{4} = 20 > 10.$$

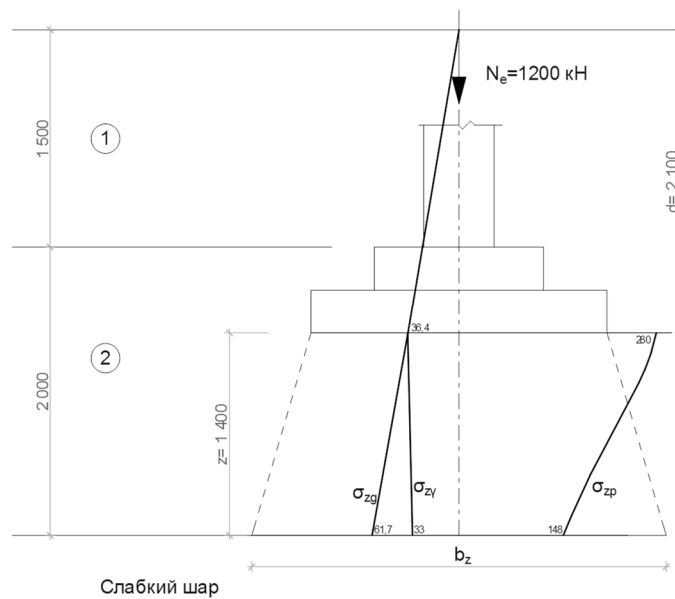


Рисунок 8.2 – Епюри вертикальних напружень у ґрунті

Площа умовного фундаменту на глибині Z :

$$A_z = \frac{N_e + \gamma_{mt} \cdot d_1 \cdot b \cdot l}{\sigma_{zp}} = \frac{1200 + 20 \cdot 2,1 \cdot 2,1 \cdot 2,4}{148} = 9,54 \text{ м}^2.$$

$$a = \frac{l-b}{2} = \frac{2,4-2,1}{2} = 0,15 \text{ м, тоді } b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a = \sqrt{9,54 + 0,15^2} - 0,15 = 2,94 \text{ м.}$$

Розрахунковий опір ґрунту зниженої міцності на глибині Z (за формулою Е.1 [5]):

$$\begin{aligned} R_z &= \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,0} (0,39 \cdot 1,0 \cdot 2,94 \cdot 16,8 + 2,57 \cdot 3,5 \cdot 17,63 + 5,15 \cdot 4) = \\ &= 218,3 \text{ кПа, } \gamma'_{II} = \frac{17 \cdot 1,5 + 18,1 \cdot 2}{3,5} = 17,63 \text{ кН/м}^3. \end{aligned}$$

Перевіряємо виконання умови (8.1):

$$\sigma_{zp} - \sigma_{z\gamma} + \sigma_{zg} = 148 - 33 + 61,7 = 176,7 \text{ кПа} < R_z = 218,3 \text{ кПа}$$

Умова виконується, тиск на покрівлю слабкого шару не перевищує його розрахункового опору.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Тема: визначення несучої здатності забивної висячої палі.

Мета роботи: призначити глибину закладання подошви ростверка та марку забивної висячої палі, визначити її несучу здатність.

Вихідні дані для виконання роботи наведено в таблиці 5, інженерно-геологічні умови приймаються з практичної роботи № 1.

Теоретичні відомості

Несуча здатність висячої забивної призматичної палі складається з несучої здатності під нижнім кінцем і несучої здатності по боковій поверхні та визначається за формулою

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i), \quad (9.1)$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті (приймається $\gamma_c = 1$);

γ_{cR} , γ_{cf} - коефіцієнти умов роботи відповідно під нижнім кінцем та по боковій поверхні палі [7, табл. Н.2.3];

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі [7, табл. Н.2.1], кПа;

A - площа спирання палі на ґрунт, м²;

u - зовнішній периметр поперечного перерізу палі, м;

f_i - розрахунковий опір i -го шару ґрунту основи по боковій поверхні палі, що визначається за формулою (9.2), для попередніх розрахунків допускається f_i приймати за табл. Н.2.2 [7], кПа;

h_i - товщина i -го шару ґрунту, що прорізається боковою поверхнею палі, м.

$$f_i = \sigma_{zg,i} \frac{v_i}{1-v_i} \operatorname{tg} \varphi_{I,i} + c_{I,i}, \quad (9.2)$$

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

v_i - коефіцієнт Пуассона ґрунту в середині i -го шару ґрунтової основи.

При визначенні R необхідно звернути увагу на визначення глибини занурення нижнього кінця, а при визначенні f_i - товщина шару ґрунту, що оточує палю, h_i не повинна перевищувати 2,0 м.

Порядок розрахунку згідно з прикладом, наведеним нижче.

Приклад розрахунку

Приклад 1. Вибрати марку і визначити несучу здатність забивної висячої палі для улаштування фундаменту під збірну залізобетонну колону одноповерхової виробничої будівлі в м. Вінниці. Будівля безпідвальна. Відмітка планування території навколо будівлі $\pm 0,000$. Переріз колони $0,4 \times 0,6$ м. Розрахункові граничні значення навантажень по обрізу фундаменту $N_m = 2600$ кН; $M_x = 420$ кНм.

Грунтові умови майданчика забудови представлені такими нашаруваннями (рис. 9.1):

рослинний шар товщиною $0,8$ м, $\gamma_{II} = 17$ кН/м³;

суглинок тугопластичний товщиною $6,7$ м, $I_L = 0,50$, $\gamma_{II} = 18$ кН/м³,
 $\gamma_s = 27,1$ кН/м³, $\gamma_{sb} = 9,8$ кН/м³, $e = 0,75$, $\varphi_{1,i} = 20^\circ$, $c_{1,i} = 22$ кПа;

супісок пилюватий пластичний товщиною $5,1$ м, $I_L = 0,7$, $\gamma_{II} = 18,2$ кН/м³,
 $\gamma_s = 27$ кН/м³, $\gamma_{sb} = 9,44$ кН/м³, $e = 0,80$, $\varphi_{1,i} = 18^\circ$, $c_{1,i} = 9$ кПа;

пісок середньозернистий, середньої щільності товщиною більше $6,0$ м,
 $\gamma_{II} = 19$ кН/м³, $\gamma_s = 26,6$ кН/м³, $\gamma_{sb} = 10,1$ кН/м³, $e = 0,65$, $\varphi_{1,i} = 33^\circ$, $c_{1,i} = 0$ кПа;
рівень ґрунтових вод – $2,0$ м.

1. Вибір глибини закладання ростверка.

Оскільки будівля не має підвалу, то основним фактором, що визначає глибину закладання ростверка, будуть конструктивні міркування та величина навантаження.

Обріз фундаменту за вимогами уніфікації має відмітку $-0,150$ м. Для збірної залізобетонної колони передбачаємо стаканний стик з ростверком. Глибина стакана за умовами уніфікації 800 мм. Глибину закладання ростверку приймаємо з конструктивних міркувань, забезпечивши товщину дна стакана не менше 400 мм. При цьому забезпечується загальна висота ростверку $1,2$ м, що задовольняє вимогу кратності 150 мм [11].

Глибина закладання ростверка від поверхні планування $d_p = 1,5 + 0,15 = 1,65$ м, що більше за глибину сезонного промерзання для м. Вінниці.

2. Вибір довжини і марки палі.

З геологічного розрізу видно, що ґрунти ІГЕ 2 та ІГЕ 4, розташовані нижче підошви ростверку, можуть служити основою для палі, але глинисті ґрунти з показником текучості $I_L \geq 0,4$ не є найкращою основою, тому перевагу віддаємо піску середньої крупності. При цьому враховуємо також і те, що навантаження на фундамент достатньо суттєве.

Заглиблення забивних висячих палі у піски середньої крупності має бути не менше $0,5$ м. З забезпечення цієї вимоги, а також заведення палі у

ростверк на величину не менше 5 см, приймаємо палі С12-30. Положення паль у ґрунті показано на рис. 9.1.

Несучу здатність палі (по ґрунту) визначаємо при глибині котлована $d = 1,65 \text{ м}$ за формулою (9.1).

Коефіцієнти, які входять в формулу (9.1), знаходимо за [7]

$$\gamma_c = 1, [17, \text{п. Н.2.1}];$$

$$\gamma_{cR} = \gamma_{cf} = 1, [7, \text{табл. Н.2.3}].$$

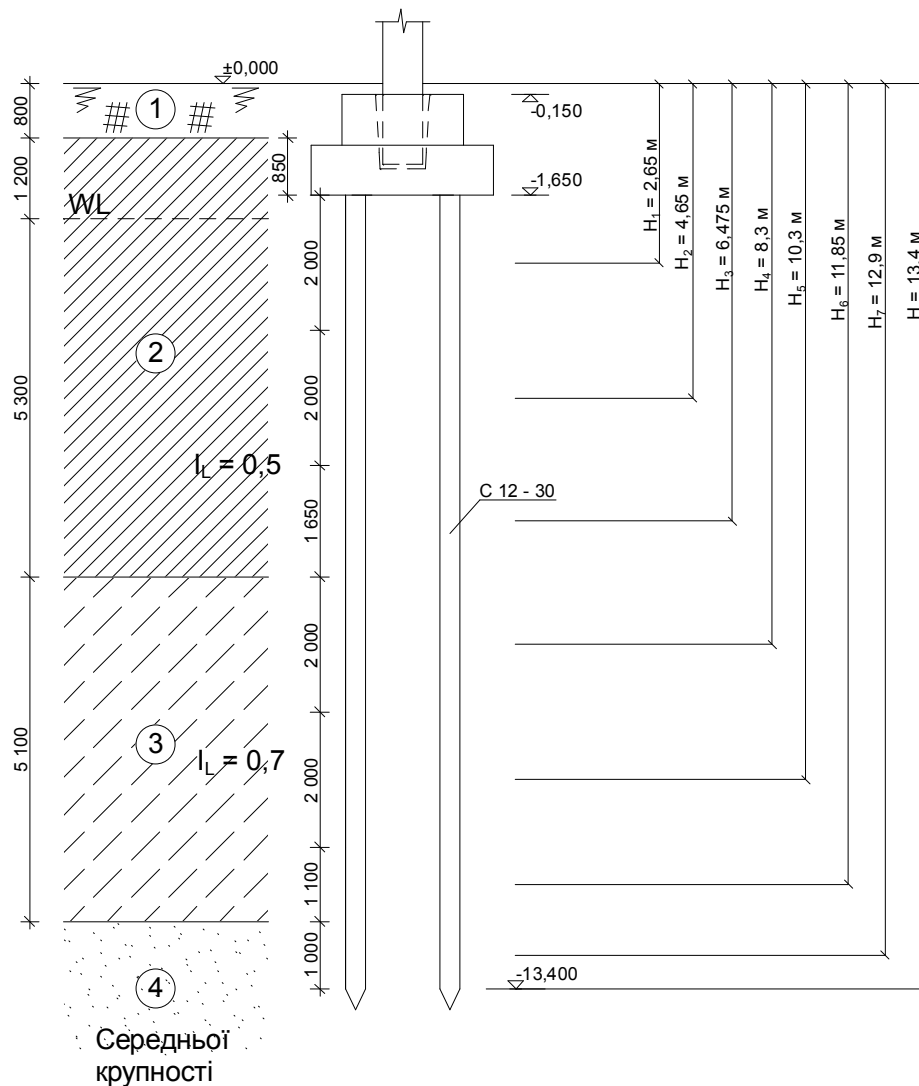


Рисунок 9.1 – Положення у ґрунті і розрахункова схема фундаменту з забивних паль

Площа поперечного перерізу палі $A = 0,3 \times 0,3 = 0,09 \text{ (м}^2\text{)}$, периметр поперечного перерізу палі $u = 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ (м)}$.

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі (R) та по боковій поверхні (f_{li}) знаходимо за [7, табл. Н.2.1; Н.2.2] в залежності від глибини, на якій знаходяться нижній кінець палі та середина i -го шару ґрунту. Також

розрахунковий опір ґрунту по боковій поверхні знаходимо за формулою (9.2).

Для визначення розрахункового опору ґрунту по боковій поверхні палі, розділимо ґрунтову товщу на шари товщиною не більше 2 м (див. рис. 9.1). Обчислення опору по боковій поверхні виконуємо в табличній формі (таблиця 9.1).

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі при глибині закладання нижнього кінця від рівня природного рельєфу 13,4 м для піску середньої крупності, середньої щільності [7, табл. Н.2.1] $R = 4272$ кПа.

Визначимо розрахунковий опір ґрунту по бічній поверхні палі, розділивши ґрунтову товщу на шари потужністю не більше 2 м. Розрахунок опору по бічній поверхні поданий у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 - Розрахунок опору по бічній поверхні забивної палі

| H_i , м | h_i , м | Показник текучості | f_{1i} , кПа (за табл. Н.2.2) | $\gamma_{cf,i} \cdot f_{1i} \cdot h_i$, кН/м | $\sigma_{zg,i}$, кПа | v_i | $\varphi_{1,i}$, ° | $c_{1,i}$, кПа | f_{2i} , кПа (за формулою (2.5)) | $\gamma_{cf,i} \cdot f_{2i} \cdot h_i$, кН/м |
|-----------|-----------|----------------------|---------------------------------|---|-----------------------|-------|---------------------|-----------------|------------------------------------|---|
| 2,65 | 2,0 | 0,5 | 18 | 36,0 | 38,7 | 0,35 | 20 | 22 | 29,6 | 59,2 |
| 4,65 | 2,0 | 0,5 | 24 | 48,0 | 58,3 | 0,35 | 20 | 22 | 33,43 | 66,86 |
| 6,475 | 1,65 | 0,5 | 25 | 41,3 | 76,2 | 0,35 | 20 | 22 | 36,93 | 60,93 |
| 8,3 | 2,0 | 0,7 | 10 | 20,0 | 93,71 | 0,3 | 18 | 9 | 22,05 | 44,1 |
| 10,3 | 2,0 | 0,7 | 10 | 20,0 | 112,59 | 0,3 | 18 | 9 | 24,7 | 49,4 |
| 11,85 | 1,1 | 0,7 | 10 | 11,0 | 127,22 | 0,3 | 18 | 9 | 26,72 | 29,4 |
| 12,9 | 1,0 | Сер.кр., сер. щільн. | 69 | 69,0 | 137,46 | 0,3 | 33 | 0 | 38,26 | 38,26 |
| | | | | | | | | | $\Sigma=245,3$ | $\Sigma=348,1$ |

Несуча здатність висячої забивної призматичної палі

$$F_d = 1(1 \cdot 4272 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 232,3) = 663,2 \text{ (кН)},$$

$$F_{d2} = 1(1 \cdot 4272 \cdot 0,3^2 + 1,2 \cdot 348,1) = 802,2 \text{ (кН)}.$$

Розрахункове навантаження на палю:

$$N_1 = 678,8/1,4 = 484,86 \text{ (кН)};$$

$$N_2 = 802,2/1,4 = 573 \text{ (кН)}.$$

В даному прикладі паля нижнім кінцем передає навантаження на пісок середньозернистий, який є міцною основою. Тому, при реальному проектуванні доцільно перевірити міцність матеріалу ствола палі.

В подальших розрахунках повинно використовуватись менше значення розрахункового навантаження $N = 485 \text{ кН}$.

Таблиця 10.1 – Інженерно-геологічні умови будівельних майданчиків (практична робота №1)

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | γ_{II} , кН/м ³ | $\gamma_{s,}$ кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C _{II} , кПа | | p; кПа | S, м |
| 1 | Рослинний шар | 0,4–0,6 | 16,0 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок перевідклад. | 4,8–4,2 | 17,5 | 26,9 | 0,20 | 0,29 | 0,16 | - | - | 0,37 | - | - |
| | Пісок пилюватий | 3,6–4,0 | 16,0 | 26,5 | 0,17 | - | - | 26° | 1 | 0,30 | 100 | 0,0063 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0126 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0190 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0270 |
| | Пісок серед. крупн. | 14,6–13,8 | 19,4 | 26,2 | 0,20 | - | - | - | - | 0,29 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 9,0 м | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Рослинний шар | 0,9–1,1 | 15,8 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок червоно-бурий | 5,6–6,4 | 17,8 | 26,6 | 0,17 | 0,22 | 0,14 | - | - | 0,37 | - | - |
| | Супісок пилюватий | 2,8–3,0 | 16,7 | 26,4 | 0,16 | 0,16 | 0,10 | 20° | 3 | 0,35 | 100 | 0,007 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,014 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,021 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,032 |
| | Пісок крупнозернистий | Необмеж. | 18,8 | 26,5 | 0,17 | - | - | - | - | 0,20 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 4 м | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Насипний шар (суглинний) | 3,8–3,5 | 15,4 | 26,0 | 0,13 | 0,20 | 0,12 | 19° | 4 | 0,40 | 100 | 0,0075 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,015 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0225 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,03 |
| | Суглинок | 7,0–8,0 | 19,0 | 26,8 | 0,22 | 0,28 | 0,15 | - | - | 0,37 | - | - |
| | Глина, що підстиляється скелею | 10,2–9,6 | 19,0 | 27,2 | 0,24 | 0,46 | 0,16 | - | - | 0,47 | - | - |
| | Рівень ґрунтових вод – 7 м | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | $\gamma_{ц}$, кН/м ³ | $\gamma_{с}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|---------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | $\varphi_{ц}$, град | $C_{ц}$, кПа | | p; кПа | S, м |
| 4 | Рослинний шар | 0,8–0,6 | 15,0 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібнозернистий | 5,5–5,9 | 19,2 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | 0,29 | - | - |
| | Мулистий ґрунт | 2,5–2,0 | 16,2 | 27,0 | 0,20 | 0,24 | 0,14 | 17° | 4 | 0,42 | 100 | 0,0066 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0132 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0193 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0310 |
| | Глина третинна | 10,3–9,7 | 20,0 | 27,6 | 0,25 | 0,46 | 0,16 | - | - | 0,41 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 4 м | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Рослинний шар | 0,8–1,0 | 16,4 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок пилюватий | 4,6–5,0 | 18,0 | 26,8 | 0,17 | 0,20 | 0,15 | - | - | 0,30 | - | - |
| | Суглинок легкий | 2,5–3,0 | 17,5 | 26,6 | 0,17 | 0,21 | 0,12 | 18° | 5 | 0,42 | 100 | 0,0052 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0104 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0156 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0280 |
| | Пісок середньозернистий | 5,5–4,9 | 20,0 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,27 | - | - |
| Глина четвертинна | Необмеж. | 18,5 | 27,4 | 0,27 | 0,42 | 0,17 | - | - | 0,47 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 2,5 м | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Рослинний шар | 0,6–1,0 | 16 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок легкий | 5,5–6,0 | 16,5 | 26,5 | 0,16 | 0,23 | 0,13 | 19° | 5 | 0,40 | 100 | 0,0058 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0116 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0174 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0290 |
| | Супісок | 4,5–3,8 | 19,2 | 26,6 | 0,15 | 0,18 | 0,12 | - | - | 0,31 | - | - |
| | Пісок середн. крупн. | 9,8–10,2 | 20,2 | 26,5 | 0,17 | - | - | - | - | 0,26 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 4,5 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | $\gamma_{\text{п}}$, кН/м ³ | $\gamma_{\text{с}}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|-------------------------------|--|--------------------|---|---|-----------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | $\varphi_{\text{п}}$, град | $C_{\text{п}}$, кПа | | p; кПа | S, м |
| 7 | Рослинний шар | 0,8–1,0 | 16,0 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібнозернистий | 5,8–5,5 | 19,0 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,28 | - | - |
| | Супісок пилуватий | 3,2–3,5 | 17,2 | 26,7 | 0,19 | 0,22 | 0,15 | 20° | 4 | 0,36 | 100 | 0,0069 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0138 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0207 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,03 |
| | Глина третинна | Необмеж. | 20,0 | 27,4 | 0,24 | 0,46 | 0,16 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 1,75 м | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Насипний ґрунт | 0,5–0,8 | 16,2 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібнозернистий | 4,1–3,8 | 17,3 | 26,5 | 0,16 | - | - | 28° | 1 | 0,29 | 100 | 0,0036 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0072 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0108 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0210 |
| | Глина третинна | Необмеж. | 20,4 | 27,8 | 0,23 | 0,38 | 0,15 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 4 м | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Насипний ґрунт | 2,0–1,4 | 15,5 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 4,8–4,2 | 19,0 | 26,6 | 0,19 | 0,22 | 0,15 | - | - | 0,30 | - | - |
| | Пісок пилуватий | 3,6–4,0 | 17,2 | 26,5 | 0,14 | - | - | 26° | 2 | 0,26 | 100 | 0,0042 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0084 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0126 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0195 |
| | Суглинок червоно-бурий | Необмеж. | 20,4 | 27,6 | 0,22 | 0,38 | 0,15 | - | - | 0,40 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 6,9 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | γ_{II} , кН/м ³ | $\gamma_{s\delta}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|--------------------|-----------------------------------|--|-----------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C _{II} , кПа | | p; кПа | S, м |
| 10 | Мулистий ґрунт | 2,0–1,5 | 18,0 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок пилюватий | 5,5–5,9 | 17,5 | 26,5 | 0,18 | - | - | 25° | 3 | 0,28 | 100 | 0,0058 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0116 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0174 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0250 |
| | Суглинок бурий перевідкладений | 4,8–4,1 | 19,2 | 26,7 | 0,19 | 0,34 | 0,16 | - | - | 0,41 | - | - |
| Пісок середн. крупн | 6,2–6,8 | 20,1 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,27 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 5,3 м | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Мулистий ґрунт | 1,6–2,0 | 15,6 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Глина пластична | 4,0–3,5 | 17,2 | 27,4 | 0,32 | 0,48 | 0,18 | 15° | 8 | 0,42 | 100 | 0,0058 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0116 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0174 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0290 |
| | Пісок дрібнозернистий | 6,8–7,2 | 19,8 | 25,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,25 | - | - |
| Глина | 4,8–5,4 | 20,4 | 27,8 | 0,24 | 0,44 | 0,17 | - | - | 0,41 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 1,8 м | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Насипний ґрунт | 2,0–2,2 | 15,4 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 3,5–4,1 | 19,0 | 26,6 | 0,20 | 0,22 | 0,15 | - | - | 0,30 | - | - |
| | Пісок пилюватий | 3,0–3,5 | 16,2 | 26,5 | 0,19 | - | - | 27° | 3 | 0,28 | 100 | 0,0039 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0078 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0117 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0270 |
| Глина | Необмеж. | 19,2 | 26,7 | 0,22 | 0,34 | 0,16 | - | - | 0,40 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 2,7 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | $\gamma_{\text{ш}}$, кН/м ³ | $\gamma_{\text{с}}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|-----------------------------|--|--------------------|---|---|-----------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | $\varphi_{\text{ш}}$, град | $C_{\text{ш}}$, кПа | | p; кПа | S, м |
| 13 | Мулистий ґрунт | 1,8–2,0 | 16,2 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок важкий | 3,4–4,0 | 18,4 | 27,1 | 0,20 | 0,32 | 0,16 | - | - | 0,38 | - | - |
| | Супісок пилюватий легкий | 3,2–2,8 | 17,3 | 26,6 | 0,20 | 0,21 | 0,15 | 18° | 6 | 0,30 | 100 | 0,0041 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0082 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0123 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0180 |
| | Пісок крупний | Необмеж. | 19,8 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | - | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 8 м | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Рослинний шар | 0,9–0,6 | 16,2 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок середньозернистий | 4,5–3,9 | 17,8 | 26,5 | 0,11 | - | - | - | - | 0,28 | - | - |
| | Пісок пилюватий | 6,7–7,2 | 16,8 | 26,4 | 0,18 | - | - | 26° | 3 | 0,29 | 100 | 0,004 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,008 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,012 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,020 |
| | Глина четвертинна | 12,0–14,0 | 19,7 | 27,4 | 0,25 | 0,44 | 0,20 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 7 м | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Насипний ґрунт | 1,8–2,0 | 16,0 | - | 0,10 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок | 6,4–7,4 | 15,0 | 26,7 | 0,19 | 0,30 | 0,16 | 17° | 7 | 0,38 | 100 | 0,009 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,018 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,027 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,038 |
| | Пісок дрібний | 4,8–5,4 | 18,1 | 26,5 | 0,16 | - | - | - | - | 0,26 | - | - |
| | Пісок середньої крупності | Необмеж. | 19,8 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | 0,27 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 10 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Погу́ж-ність шару, м | $\gamma_{ц}$, кН/м ³ | $\gamma_{с}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|---------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | $\varphi_{ц}$, град | $C_{ц}$, кПа | | p ; кПа | S, м |
| 16 | Мулистий ґрунт | 1,4–1,6 | 14,5 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок бурий | 5,5–4,2 | 17,6 | 26,6 | 0,18 | 0,28 | 0,15 | - | - | 0,38 | - | - |
| | Пісок дрібний | 3,2–4,4 | 16,5 | 26,5 | 0,15 | - | - | 26° | 2 | 0,28 | 100 | 0,0045 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0090 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0135 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0200 |
| | Глина третинна | Необмеж. | 20,1 | 27,2 | 0,20 | 0,46 | 0,17 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 7 м | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Рослинний шар | 0,5–0,9 | 16,2 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок | 8,6–9,6 | 16,8 | 26,7 | 0,18 | 0,28 | 0,17 | - | - | 0,36 | - | - |
| | Пісок пилюватий | 2,2–1,8 | 17,0 | 26,5 | 0,15 | - | - | 25° | 3 | 0,26 | 100 | 0,0042 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0084 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0120 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0180 |
| | Пісок середньої крупності | Необмеж. | 19,8 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | 0,30 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 9,5 м | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Рослинний шар | 0,5–0,8 | 15,0 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 6,0–7,0 | 17,7 | 26,6 | 0,14 | 0,18 | 0,12 | - | - | 0,30 | - | - |
| | Глина четвертинна, що підстиляється скелею | 3,2–4,8 | 17,0 | 27,6 | 0,32 | 0,48 | 0,17 | 16° | 9 | 0,43 | 100 | 0,0085 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0170 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0255 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0360 |
| Рівень ґрунтових вод – 7 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | γ_{II} , кН/м ³ | $\gamma_{s,}$ кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C_{II} , кПа | | p ; кПа | S, м |
| 19 | Чорнозем | 0,7–0,8 | 16,0 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок легкий | 4,0–5,6 | 16,5 | 26,7 | 0,15 | 0,26 | 0,12 | 20° | 5 | 0,35 | 100 | 0,0062 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0124 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0186 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0280 |
| | Пісок середньої крупності | 6,8–7,4 | 19,6 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,28 | - | - |
| Глина четвертинна | 16,2–15,8 | 19,6 | 27,2 | 0,22 | 0,42 | 0,17 | - | - | 0,42 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 5 м | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Мулистий ґрунт | 1,4–1,1 | 16,0 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 4,8–5,4 | 17,4 | 26,7 | 0,15 | 0,20 | 0,14 | - | - | 0,31 | - | - |
| | Пісок пілуватий | 6,0–7,0 | 18,1 | 26,5 | 0,21 | - | - | 24° | 4 | 0,26 | 100 | 0,0045 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0090 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0135 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0220 |
| Пісок середньої крупності | 15,0–14,0 | 19,2 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,25 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 6,5 м | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Чорнозем | 0,8–0,7 | 16,0 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок бурий | 6,0–7,0 | 19,0 | 27,0 | 0,20 | 0,25 | 0,15 | - | - | 0,32 | - | - |
| | Супісок пілуватий | 4,8–5,4 | 16,0 | 26,7 | 0,19 | 0,21 | 0,14 | 19° | 5 | 0,37 | 100 | 0,0060 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0120 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0180 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0290 |
| Пісок середньої крупності | Необмеж. | 19,9 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,27 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 2 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | $\gamma_{ш}$, кН/м ³ | $\gamma_{св}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|----------------------------|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C_{II} , кПа | | p; кПа | S, м |
| 22 | Рослинний шар | 0,6–0,8 | 16,5 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібнозернистий | 4,0–5,8 | 19,1 | 26,6 | 0,17 | - | - | - | - | 0,26 | - | - |
| | Глина пластична | 6,5–5,8 | 17,0 | 27,5 | 0,30 | 0,48 | 0,20 | 16° | 9 | 0,42 | 100 | 0,0052 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0104 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0156 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0295 |
| | Суглинок важкий | 18,2–16,0 | 19,8 | 27,0 | 0,22 | 0,35 | 0,19 | - | - | 0,38 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 5 м | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Чорнозем | 0,7–0,8 | 16,5 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок | 6,2–7,8 | 16,5 | 27,0 | 0,15 | 0,30 | 0,15 | 18° | 6 | 0,38 | 100 | 0,0064 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0128 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0192 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0280 |
| | Пісок дрібнозернистий | 6,2–5,8 | 19,2 | 26,5 | 0,15 | - | - | - | - | 0,28 | - | - |
| | Глина третинна | 14,5–15,2 | 19,8 | 27,4 | 0,24 | 0,45 | 0,21 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 9 м | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Рослинний шар | 0,9–1,0 | 16,4 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 4,5–5,2 | 16,3 | 26,7 | 0,18 | 0,20 | 0,14 | 20° | 5 | 0,30 | 100 | 0,0052 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0104 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0156 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0260 |
| | Пісок дрібний | 6,2–7,4 | 18,9 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | 0,28 | - | - |
| | Суглинок важкий | 18,0–16,0 | 19,7 | 27,0 | 0,19 | 0,42 | 0,16 | - | - | 0,40 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 7 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Поглибленість шару, м | $\gamma_{ш}$, кН/м ³ | $\gamma_{св}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C_{II} , кПа | | p; кПа | S, м |
| 25 | Чорнозем | 0,8–0,9 | 16,6 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібнозернистий | 6,0–5,6 | 19,3 | 26,5 | 0,20 | - | - | - | - | 0,27 | - | - |
| | Супісок пилюватий | 4,5–3,8 | 15,0 | 26,6 | 0,21 | 0,24 | 0,18 | 17° | 7 | 0,30 | 100 | 0,0062 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0122 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0183 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0280 |
| | Глина четвертинна | Необмеж. | 19,8 | 27,4 | 0,23 | 0,44 | 0,22 | - | - | 0,43 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 2 м | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Рослинний шар | 0,3–0,5 | 17,0 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок пластичний жовтий | 3,2–3,7 | 18,5 | 27,0 | 0,18 | 0,18 | 0,13 | 21° | 11 | 0,30 | 100 | 0,0076 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0151 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,023 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,031 |
| | Пісок середн. крупн | 2,0–2,4 | 18,3 | 26,6 | 0,14 | - | - | - | - | 0,27 | - | - |
| | Суглинок сіро-голубий | 12,0–14,0 | 18,6 | 26,8 | 0,26 | 0,32 | 0,20 | - | - | 0,37 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 2,5 м | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Чорнозем | 0,6–0,8 | 16,0 | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок | 5,1–6,2 | 18,7 | 26,8 | 0,28 | 0,31 | 0,19 | 16° | 16 | 0,35 | 100 | 0,0081 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0166 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0251 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0356 |
| | Глина жовто-сіра | 6,3–7,3 | 19,2 | 27,4 | 0,37 | 0,73 | 0,37 | - | - | 0,43 | - | - |
| | Каолін первинний (елювій граніту) | 6,5–6,8 | 20,2 | 27,4 | 0,20 | 0,52 | 0,23 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 3 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | $\gamma_{ш}$, кН/м ³ | $\gamma_{св}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|-------------------------------|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C_{II} , кПа | | p; кПа | S, м |
| 28 | Рослинний шар | 0,7–1,0 | 16,1 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок лесоподібний | 3,9–4,3 | 16,9 | 26,8 | 0,22 | 0,30 | 0,19 | - | - | 0,35 | - | - |
| | Суглинок | 6,5–6,9 | 18,1 | 26,9 | 0,24 | 0,36 | 0,21 | 19° | 18 | 0,34 | 100 | 0,0060 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0110 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0160 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0286 |
| | Глина | 5,0–5,5 | 19,1 | 27,3 | 0,28 | 0,51 | 0,29 | - | - | 0,41 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 11 м | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Насипний ґрунт | 0,8–0,9 | 16,5 | - | 0,17 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок лесоподібний | 2,6–2,8 | 17,8 | 26,9 | 0,21 | 0,33 | 0,19 | - | - | 0,36 | - | - |
| | Суглинок | 7,0–7,5 | 17,6 | 27,0 | 0,16 | 0,34 | 0,20 | 21° | 26 | 0,35 | 100 | 0,0044 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0085 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0126 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0184 |
| | Суглинок лесоподібний | 5,2–5,9 | 18,6 | 27,1 | 0,18 | 0,36 | 0,21 | - | - | 0,35 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 10,3 м | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Чорнозем | 0,6–0,8 | 16,1 | - | 0,18 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок жовто-бурий | 4,1–4,5 | 17,0 | 26,8 | 0,15 | 0,25 | 0,19 | - | - | 0,33 | - | - |
| | Суглинок жовтий | 3,7–4,2 | 16,5 | 26,6 | 0,18 | 0,27 | 0,19 | 20° | 19 | 0,34 | 100 | 0,0049 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0094 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0139 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0224 |
| | Глина червоно-бура | 11,0–12,0 | 19,2 | 27,1 | 0,28 | 0,42 | 0,21 | - | - | 0,42 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 10 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | По-туж-ність шару, м | γ_{II} , кН/м ³ | $\gamma_{s,}$ кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | ϕ_{II} , град | C _{II} , кПа | | p ; кПа | S, м |
| 31 | Рослинний шар | 0,4–0,6 | 16,0 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок | 6,0–6,5 | 17,8 | 26,7 | 0,22 | 0,29 | 0,20 | - | - | 0,35 | - | - |
| | Пісок дрібний мулистий | 4,3–4,5 | 18,3 | 26,5 | 0,20 | - | - | 5° | - | 0,30 | 100 | 0,0093 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0178 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0263 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0368 |
| | Глина муловата | 3,1–3,4 | 19,5 | 27,1 | 0,28 | 0,40 | 0,22 | 16° | 20 | 0,45 | - | - |
| Пісок крупнозернистий | Необмеж. | 18,6 | 26,5 | 0,18 | - | - | - | - | 0,28 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 7 м | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Насипний ґрунт | 1,8–2,0 | 16,5 | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок пілуватий | 5,7–5,9 | 19,4 | 26,8 | 0,27 | - | - | - | - | 0,30 | - | - |
| | Супісок | 3,9–4,4 | 19,0 | 26,7 | 0,28 | 0,26 | 0,24 | - | - | 0,35 | - | - |
| | Супісок мулистий | 4,2–4,6 | 19,6 | 26,8 | 0,31 | 0,25 | 0,22 | 16° | 10 | 0,34 | 100 | 0,0058 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0118 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0179 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0276 |
| Глина коричнева | Необмеж. | 18,9 | 27,4 | 0,31 | 0,52 | 0,26 | 18° | 45 | 0,41 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 6 м | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Рослинний шар | 0,5–0,7 | 17,0 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок пілуватий | 4,4–5,2 | 17,7 | 26,5 | 0,16 | - | - | - | - | 0,30 | - | - |
| | Мул піщаний | 3,1–3,5 | 16,4 | 27,0 | 0,29 | 0,20 | 0,14 | 2° | 10 | 0,42 | 100 | 0,0105 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0190 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0275 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0361 |
| Пісок дрібний | Необмеж. | 17,9 | 26,6 | 0,17 | - | - | - | - | 0,42 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 2,6 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Поглибленість шару, м | $\gamma_{ц}$, кН/м ³ | $\gamma_{с}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|-------------------------------|--|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|---------------|----------------------------|--|---------|
| | | | | | W | W _L | W _p | $\varphi_{ц}$, град | $C_{ц}$, кПа | | p; кПа | S, м |
| 34 | Насипний ґрунт | 1,7–2,0 | 16,5 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок з прошарками піску | 3,3–3,7 | 16,5 | 26,7 | 0,09 | 0,16 | 0,12 | 24° | 6 | 0,30 | 100 | 0,0051 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0109 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0167 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0283 |
| | Супісок | 7,5–8,2 | 16,9 | 26,8 | 0,13 | 0,26 | 0,21 | - | - | 0,30 | - | - |
| Пісок середньої крупності | Необмеж. | 17,2 | 26,6 | 0,07 | - | - | - | - | 0,29 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 16 м | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Насипний ґрунт | 1,5–1,8 | 16,5 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібний | 4,2–4,9 | 17,0 | 26,6 | 0,11 | - | - | 36° | 4 | 0,35 | 100 | 0,00076 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0020 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0041 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0095 |
| | Суглинок | 5,3–6,1 | 17,6 | 26,7 | 0,18 | 0,26 | 0,18 | - | - | 0,40 | - | - |
| Глина | Необмеж. | 18,9 | 27,1 | 0,28 | 0,42 | 0,19 | - | - | 0,27 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 15 м | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Насипний ґрунт | 1,3–1,6 | 16,0 | - | 0,13 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 1,9–2,3 | 16,3 | 26,7 | 0,12 | 0,22 | 0,15 | 26° | 14 | 0,30 | 100 | 0,0060 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0123 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0187 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0267 |
| | Пісок дрібний | 2,8–3,1 | 17,0 | 26,6 | 0,11 | - | - | - | - | 0,29 | - | - |
| Супісок | Необмеж. | 17,6 | 26,7 | 0,21 | 0,24 | 0,16 | - | - | 0,30 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 12,0 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Потужність шару, м | γ_{II} , кН/м ³ | γ_s , кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | c_{II} , кПа | | p , кПа | S, м |
| 37 | Рослинний шар | 0,4–0,5 | 16,5 | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібний | 2,5–2,8 | 17,9 | 26,5 | 0,17 | - | - | - | - | 0,31 | - | - |
| | Суглинок | 2,0–2,4 | 17,3 | 26,8 | 0,13 | 0,17 | 0,09 | 19° | 15 | 0,37 | 100 | 0,009 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,016 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,023 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,034 |
| | Глина голубувато-сіра | Необмеж. | 17,0 | 27,1 | 0,20 | 0,39 | 0,18 | - | - | 0,40 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 0,8 м | | | | | | | | | | | | |
| 38 | Рослинний шар | 0,3–0,5 | 16,5 | - | 0,14 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок бурий | 6,7–7,0 | 16,9 | 26,7 | 0,12 | 0,15 | 0,11 | 20° | 3 | 0,30 | 100 | 0,0077 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0152 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0227 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0302 |
| | Пісок середньої крупності | 2,5–2,8 | 17,2 | 26,6 | 0,07 | - | - | - | - | 0,29 | - | - |
| Суглинок | Необмеж. | 19,4 | 26,9 | 0,25 | 0,33 | 0,21 | - | - | 0,35 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 4 м | | | | | | | | | | | | |
| 39 | Рослинний шар | 0,3–0,6 | 16,0 | - | 0,18 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок з включ. гравію | 2,7–3,1 | 19,2 | 26,6 | 0,19 | 0,28 | 0,17 | - | - | 0,37 | - | - |
| | Супісок з включеннями гравію | 2,1–2,5 | 18,7 | 26,7 | 0,21 | 0,25 | 0,19 | 14° | 15 | 0,35 | 100 | 0,0048 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0089 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0130 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0188 |
| Суглинок | Необмеж. | 17,6 | 26,7 | 0,18 | 0,26 | 0,18 | - | - | 0,38 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 13 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Поглибленість шару, м | $\gamma_{ш}$, кН/м ³ | $\gamma_{св}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|------------------------------|--|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C_{II} , кПа | | p ; кПа | S, м |
| 40 | Насипний ґрунт | 0,7–0,9 | 16,0 | - | 0,17 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Пісок дрібний мулистий | 1,4–1,7 | 18,3 | 26,5 | 0,20 | - | - | 4° | - | 0,28 | 100 | 0,0088 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0173 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0258 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0391 |
| | Суглинок | 4,1–4,5 | 18,5 | 26,9 | 0,16 | 0,19 | 0,12 | - | - | 0,36 | - | - |
| Глина бура | Необмеж. | 20,1 | 27,2 | 0,26 | 0,43 | 0,20 | - | - | 0,42 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 8 м | | | | | | | | | | | | |
| 41 | Рослинний шар | 0,6–0,8 | 16,5 | - | 0,18 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок жовто-бурий | 4,4–4,7 | 18,6 | 26,7 | 0,25 | 0,30 | 0,18 | 20° | 36 | 0,35 | 100 | 0,011 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,020 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,029 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,040 |
| | Глина мулиста | 2,3–2,6 | 17,8 | 27,1 | 0,42 | 0,51 | 0,25 | 2,5° | 11 | 0,40 | - | - |
| Суглинок світло-сірий | Необмеж. | 18,2 | 26,8 | 0,24 | 0,31 | 0,17 | - | - | 0,38 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 5,3 м | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Рослинний шар | 0,7–0,9 | 16,0 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок мулистий | 3,0–3,5 | 19,4 | 26,8 | 0,30 | 0,26 | 0,22 | 17° | 11 | 0,34 | 100 | 0,0072 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0134 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0196 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0290 |
| | Суглинок сірий | 5,2–5,7 | 18,1 | 26,8 | 0,23 | 0,33 | 0,20 | - | - | 0,36 | - | - |
| Суглинок моренний | Необмеж. | 19,3 | 26,9 | 0,17 | 0,33 | 0,19 | - | - | 0,38 | - | - | |
| Рівень ґрунтових вод – 3 м | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 10.1

| Варіант | Найменування ґрунту і рівень ґрунтових вод | Погу́ж-ність шару, м | $\gamma_{ц}$, кН/м ³ | $\gamma_{с}$, кН/м ³ | Вологість | | | Характеристики міцності | | Коефіцієнт Пуассона, ν | Дані випробування ґрунту квадратним штампом площею $A = 0,5 \text{ м}^2$ | |
|-----------------------------|--|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------------|--|--------|
| | | | | | W | W _L | W _p | φ_{II} , град | C_{II} , кПа | | p ; кПа | S, м |
| 43 | Насипний ґрунт | 0,9–1,1 | 17,0 | - | 0,12 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Супісок | 1,3–1,5 | 16,3 | 26,7 | 0,12 | 0,22 | 0,17 | - | - | 0,32 | - | - |
| | Пісок дрібний | 6,3–6,8 | 17,0 | 26,6 | 0,11 | - | - | 36° | 4 | 0,29 | 100 | 0,0042 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0083 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0124 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0182 |
| | Пісок середньої крупності | Необмеж. | 17,2 | 26,6 | 0,07 | - | - | - | - | 0,30 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 15 м | | | | | | | | | | | | |
| 44 | Рослинний шар | 0,5–0,7 | 16,5 | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок лесоподібний | 3,2–3,7 | 16,8 | 26,5 | 0,16 | 0,29 | 0,18 | 22° | 20 | 0,35 | 100 | 0,0054 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0095 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0136 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0194 |
| | Суглинок | 5,3–6,1 | 18,6 | 27,1 | 0,18 | 0,36 | 0,21 | - | - | 0,35 | - | - |
| | Пісок дрібний | Необмеж. | 17,9 | 26,5 | 0,17 | - | - | - | - | 0,30 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 6 м | | | | | | | | | | | | |
| 45 | Рослинний шар | 1,2–1,5 | 16,6 | - | 0,16 | - | - | - | - | - | - | - |
| | Суглинок лесоподібний | 3,0–3,8 | 18,2 | 26,6 | 0,19 | 0,32 | 0,21 | 18° | 19 | 0,34 | 100 | 0,0114 |
| | | | | | | | | | | | 200 | 0,0203 |
| | | | | | | | | | | | 300 | 0,0293 |
| | | | | | | | | | | | 400 | 0,0409 |
| | Суглинок | 4,1–4,8 | 17,6 | 27,0 | 0,16 | 34 | 0,20 | - | - | 0,35 | - | - |
| | Супісок | Необмеж. | 16,3 | 26,7 | 0,12 | 0,22 | 0,17 | - | - | 0,33 | - | - |
| Рівень ґрунтових вод – 18 м | | | | | | | | | | | | |

Таблиця 10.2 – Вихідні дані для розрахунку осідання фундаменту під колону або стіну методом пошарового підсумовування (варіант ґрунтових умов згідно з табл. 10.1)

| Варіант | Розрахункове навантаження | | Розміри підшви фундаменту, м | Глибина закладання фундаменту і підвалу (d/d _b), м | Відмітка планування | Розміри котловану, м | Тип споруди |
|---------|---------------------------|--------------|------------------------------|--|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | експлуатаційне, кН | граничне, кН | | | | | |
| 1 | 1000 | 1200 | 2,1×2,4 | <u>2,1</u> - | 0,00 | 4,0×60,0 | Виробнича з повним каркасом (ЗБ) |
| 2 | 770 | 930 | 1,8×2,1 | <u>2,4</u> 0,6 | -2,20 | 15,0×42,0 | Цивільна з повним каркасом (ЗБ) |
| 3 | 1150 | 1400 | 2,1×2,7 | <u>2,1</u> - | 0,00 | 5,0×74,0 | Виробнича з повним каркасом (МК) |
| 4 | 620 | 750 | 1,5×1,8 | <u>1,8</u> - | -0,50 | 21,0×68,0 | Цивільна з повним каркасом (МК) |
| 5 | 690 | 830 | b=3,2 | <u>2,0</u> 1,3 | -1,60 | 18,0×18,0 | Багатоповерхова безкаркасна (цегл.) |
| 6 | 750 | 910 | 1,5×2,4 | <u>2,2</u> 1,0 | -2,00 | 5,0×150,0 | Виробнича з повним каркасом (ЗБ) |
| 7 | 970 | 1170 | 1,8×2,7 | <u>1,9</u> - | 0,00 | 15,0×36,0 | Цивільна з повним каркасом (ЗБ) |
| 8 | 1030 | 1230,0 | 1,8×3,0 | <u>2,1</u> - | 0,00 | 4,0×185,0 | Виробнича з повним каркасом (МК) |
| 9 | 880 | 1060 | 2,1×2,1 | <u>1,8</u> - | 0,00 | 15,0×15,0 | Цивільна з повним каркасом (МК) |
| 10 | 1080 | 1300 | 2,1×2,7 | <u>1,9</u> - | 0,00 | 5,0×74,0 | Виробнича з повним каркасом (ЗБ) |
| 11 | 1200 | 1440 | 2,1×3,0 | 2,0/- | 0,70 | B _к = 24,0 | “-“ |
| 12 | 1320 | 1580 | 2,1×3,3 | 2,1/- | 0,00 | 6,0×86,0 | “-“ |
| 13 | 1230 | 1480 | 2,4×2,7 | 1,7/- | -0,40 | 5,0×62,0 | “-“ |
| 14 | 1370 | 1640 | 2,4×3,0 | 1,8/- | -0,30 | 5,0×122,0 | “-“ |
| 15 | 1500 | 1800 | 2,4×3,3 | <u>1,9</u> - | 0,00 | 20,0×100 | Виробнича з повним каркасом (ЗБ) |
| 16 | 1780 | 2140 | 2,4×3,6 | <u>2,0</u> 0,8 | -1,20 | 13,0×54,0 | Цивільна з повним каркасом (ЗБ) |
| 17 | 1960 | 2460 | 2,4×3,9 | 2,1/0,7 | -2,00 | 14,0×34,0 | “-“ |
| 18 | 1380 | 1660 | 2,7×2,7 | 2,2/1,0 | -1,70 | 18,0×90,0 | “-“ |
| 19 | 1540 | 1850 | 2,7×3,0 | 1,8/- | -0,50 | 20,0×28,0 | “-“ |
| 20 | 1690 | 2030 | 2,7×3,3 | 1,9/- | -0,60 | 15,0×48,0 | “-“ |
| 21 | 1850 | 2220 | 2,7×3,6 | 2,0/0,6 | -1,30 | 21,0×44,0 | “-“ |
| 22 | 2000 | 2400 | 2,7×3,9 | <u>2,2</u> - | 0,00 | 6,0×96,0 | Виробн. з повним каркасом (МК) |

Продовження таблиці 10.2

| Варіант | Розрахункове навантаження | | Розміри підшви фунда-менту, м | Глибина закладання фундаменту і підвалу (d/d _b), м | Відмітка планування | Розміри котло-ва-ну, м | Тип споруди |
|---------|---------------------------|----------------|-------------------------------|--|---------------------|------------------------|--|
| | експлуа-таційне, кН | гра-ни-чне, кН | | | | | |
| 23 | 2150 | 2580 | 2,7×4,2 | 2,3/1,5 | -1,30 | 7,0×98,0 | -“- |
| 24 | 1710 | 2050 | 3,0×3,0 | 1,7/- | 0,00 | 24,0×77,0 | -“- |
| 25 | 1880 | 2260 | 3,0×3,3 | 1,8/- | 0,00 | 5,0×62,0 | -“- |
| 26 | 2050 | 2460 | 3,0×3,6 | 1,9/0,7 | -2,00 | 35,0×112 | -“- |
| 27 | 2220 | 2670 | 3,0×3,9 | 2,0/- | 0,00 | 6,0×146 | -“- |
| 28 | 2390 | 2870 | 3,0×4,2 | 1,9/0,7 | -1,90 | 20,0×36,0 | Цивільна з повним каркасом (МК) |
| 29 | 2560 | 3080 | 3,0×4,5 | 2,0/0,8 | -2,00 | 20,0×20,0 | -“- |
| 30 | 2060 | 2480 | 3,3×3,3 | 1,8/- | 0,00 | 22,0×40,0 | -“- |
| 31 | 2260 | 2710 | 3,3×3,6 | 1,9/- | 0,00 | 17,0×31,0 | -“- |
| 32 | 2440 | 2920 | 3,3×3,9 | <u>2,0</u> 0,8 | -1,10 | 40,0×164 | Виробн. з повним каркасом (ЗБ) |
| 33 | 2630 | 3160 | 3,3×4,2 | 2,1/0,7 | -1,50 | 7,0×74,0 | -“- |
| 34 | 2820 | 3380 | 3,3×4,5 | <u>2,2</u> 0,7 | -1,70 | 7,0×110 | Виробн. з повним каркасом (ЗБ) |
| 35 | 3000 | 3600 | 3,3×4,8 | 2,3/1,0 | -1,70 | 26,0×146 | -“- |
| 36 | 620 | 715 | b = 2,0 | <u>3,0</u> 2,3 | -0,40 | 14,0×70,0 | Багатоповерхова безкаркасна (цегл. з армув.) |
| 37 | 510 | 590 | b = 1,6 | <u>3,2</u> 2,4 | -0,50 | 15,0×42,0 | Багатоповерхова безкаркасна (цегл. з армув.) |
| 38 | 840 | 966 | b = 2,4 | 2,5/1,9 | -0,60 | 17,0×55,0 | -“- |
| 39 | 760 | 870 | b = 2,8 | <u>2,7</u> 2,0 | -0,80 | 18,0×43,0 | Багатоповерхова безкаркасна (великі блоки) |
| 40 | 790 | 908 | b = 3,2 | <u>3,0</u> 2,2 | -1,00 | 20,0×36,0 | Багатоповерхова безкаркасна (великі блоки) |
| 41 | 430 | 490 | b = 1,4 | 2,6/2,0 | -1,00 | 19,0×46,0 | -“- |
| 42 | 350 | 400 | b = 1,2 | 2,5/1,9 | -1,10 | 14,0×44,0 | -“- |
| 43 | 570 | 655 | b = 2,0 | <u>1,8</u> - | -0,50 | 12,0×39,0 | Багатоповерхова безкаркасна (цегла) |
| 44 | 660 | 759 | b = 2,4 | 2,4/1,8 | -0,60 | 15,0×48,0 | -“- |
| 45 | 480 | 550 | b = 1,0 | 2,9/2,1 | -0,90 | 16,0×80,0 | -“- |

Примітка. У останньому стовпці таблиці прийняті такі скорочення:

“ЗБ” – залізобетонний,

“МК” – металевий.

Таблиця 10.3 – Вихідні дані до розрахунку огороження котловану

| Варіант | H, м | h, м | q, кПа | Вид ґрунту шару 1 | h ₁ , м | c ₁ , кПа | φ ₁ , град. | γ ₁ , кН/м ³ | γ _{sb} , кН/м ³ | Вид ґрунту шару 2 | h ₂ , м | c ₂ , кПа | φ ₂ , град. | γ ₂ , кН/м ³ | γ _{sb} , кН/м ³ | h _w , м |
|---------|------|------|--------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | 6,0 | 2,0 | 20 | пісок | 3,0 | 2,0 | 38 | 18,0 | 9,8 | суглинок | 3,0 | 12 | 12 | 18,1 | - | 1,0 |
| 2 | 5,0 | 2,0 | - | супісок | 4,0 | 13 | 24 | 17,8 | 9,9 | пісок | 1,0 | 4 | 36 | 18,0 | 9,9 | 2,0 |
| 3 | 4,0 | 1,0 | 10 | суглинок | 2,0 | 28 | 22 | 17,5 | - | глина | 2,0 | 57 | 18 | 19,0 | - | 2,0 |
| 4 | 7,0 | 2,0 | 30 | пісок | 4,0 | 4 | 30 | 17,9 | 10,0 | супісок | 3,0 | 15 | 27 | 18,2 | 10,1 | 3,0 |
| 5 | 8,0 | 3,0 | - | супісок | 3,0 | 17 | 29 | 17,6 | 9,9 | суглинок | 5,0 | 19 | 20 | 18,0 | - | 1,0 |
| 6 | 6,0 | 3,0 | 40 | суглинок | 2,0 | 34 | 23 | 18,2 | - | супісок | 4,0 | 9 | 18 | 17,9 | 9,8 | 1,0 |
| 7 | 9,0 | 4,0 | 50 | пісок | 5,0 | 6 | 38 | 18,1 | 10,3 | глина | 4,0 | 36 | 12 | 20,0 | - | 2,0 |
| 8 | 5,0 | 2,5 | - | глина | 2,0 | 29 | 7 | 19,5 | - | суглинок | 3,0 | 14 | 14 | 19,4 | - | 2,0 |
| 9 | 4,0 | 2,0 | 10 | супісок | 1,0 | 11 | 21 | 17,8 | 10,2 | глина | 3,0 | 33 | 10 | 19,5 | - | 1,0 |
| 10 | 7,0 | 3,0 | 20 | суглинок | 3,0 | 12 | 12 | 17,7 | - | пісок | 4,0 | 4 | 30 | 18,5 | 10,3 | 2,0 |
| 11 | 8,0 | 4,0 | - | пісок | 4,0 | 5 | 34 | 17,9 | 10,4 | супісок | 4,0 | 13 | 24 | 18,0 | 10,5 | 3,0 |
| 12 | 9,0 | 3,0 | 30 | супісок | 6,0 | 15 | 26 | 18,1 | 10,0 | суглинок | 3,0 | 16 | 16 | 17,8 | - | 3,0 |
| 13 | 10,0 | 4,0 | 20 | суглинок | 4,0 | 20 | 18 | 17,8 | - | глина | 6,0 | 43 | 16 | 18,8 | - | 4,0 |
| 14 | 6,0 | 2,5 | - | пісок | 3,0 | 8 | 36 | 18,0 | 10,5 | супісок | 3,0 | 15 | 27 | 18,2 | 10,6 | 3,0 |
| 15 | 5,0 | 1,0 | 40 | супісок | 3,0 | 9 | 18 | 18,1 | 10,6 | пісок | 2,0 | 3 | 40 | 17,8 | 10,8 | 2,0 |
| 16 | 7,0 | 4,0 | 30 | суглинок | 5,0 | 25 | 19 | 17,7 | - | супісок | 2,0 | 19 | 28 | 18,0 | 10,3 | 2,0 |
| 17 | 8,0 | 2,0 | - | пісок | 3,0 | 3 | 40 | 17,5 | 10,9 | суглинок | 5,0 | 34 | 23 | 17,6 | - | 4,0 |
| 18 | 9,0 | 3,5 | 10 | супісок | 4,0 | 19 | 28 | 17,9 | 10,4 | глина | 5,0 | 81 | 21 | 20,0 | - | 5,0 |
| 19 | 10,0 | 5,0 | 50 | суглинок | 5,0 | 23 | 21 | 17,6 | - | пісок | 5,0 | 8 | 36 | 18,0 | 10,7 | 3,0 |
| 20 | 5,0 | 1,5 | - | пісок | 4,0 | 2 | 32 | 17,9 | 10,9 | супісок | 1,0 | 13 | 25 | 18,0 | 11,0 | 2,5 |
| 21 | 6,0 | 2,5 | 20 | супісок | 1,0 | 10 | 20 | 17,8 | 10,2 | суглинок | 5,0 | 13 | 13 | 17,9 | - | 2,5 |
| 22 | 7,0 | 3,5 | 40 | суглинок | 3,0 | 17 | 17 | 18,0 | - | глина | 4,0 | 34 | 11 | 18,3 | - | 2,0 |
| 23 | 8,0 | 3,5 | - | пісок | 6,0 | 1 | 35 | 17,5 | 9,9 | супісок | 2,0 | 14 | 25 | 17,8 | 10,4 | 3,5 |

Продовження таблиці 10.3

| Варіант | H, м | h, м | q, кПа | Вид ґрунту шару 1 | h ₁ , м | c ₁ , кПа | φ ₁ , град. | γ ₁ , кН/м ³ | γ _{sb} , кН/м ³ | Вид ґрунту шару 2 | h ₂ , м | c ₂ , кПа | φ ₂ , град. | γ ₂ , кН/м ³ | γ _{sb} , кН/м ³ | h _w , м |
|---------|------|------|--------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 24 | 9,0 | 4,5 | 30 | супісок | 5,0 | 16 | 28 | 17,6 | 10,1 | пісок | 4,0 | 8 | 34 | 17,7 | 11,1 | 2,5 |
| 25 | 10,0 | 4,5 | 20 | суглинок | 7,0 | 25 | 22 | 18,1 | - | супісок | 3,0 | 16 | 27 | 18,0 | 10,8 | 4,0 |
| 26 | 5,0 | 2,0 | - | глина | 2,5 | 56 | 20 | 18,7 | - | суглинок | 2,5 | 23 | 19 | 18,5 | - | 2,0 |
| 27 | 6,0 | 2,0 | 40 | пісок | 4,0 | 7 | 35 | 17,3 | 9,7 | глина | 2,0 | 50 | 18 | 18,2 | - | 3,0 |
| 28 | 7,0 | 3,0 | 60 | супісок | 6,0 | 17 | 27 | 17,9 | 9,8 | пісок | 1,0 | 0 | 40 | 17,8 | 11,6 | 2,0 |
| 29 | 8,0 | 3,0 | 50 | суглинок | 5,0 | 30 | 24 | 18,0 | - | супісок | 3,0 | 18 | 27 | 18,1 | 10,7 | 4,0 |
| 30 | 9,0 | 4,0 | - | пісок | 3,0 | 0 | 30 | 17,8 | 10,6 | суглинок | 6,0 | 28 | 23 | 17,9 | - | 3,5 |

99

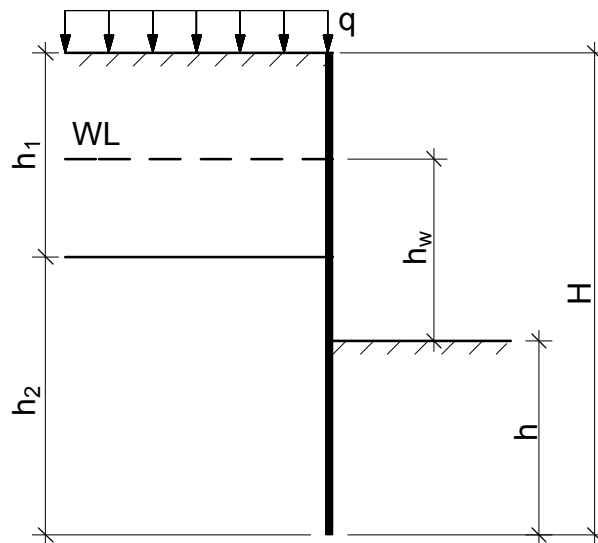


Рисунок 10.1 – Розрахункова схема до розрахунку огороження котловану

Таблиця 10.4 – Вихідні дані для розрахунку стійкості укосу

| Варіант | q, кН/м ² | Висота укосу, м | Горизонтальна проекція укосу, м |
|---------|----------------------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | 10 | 15 | 35 |
| 2 | 20 | 18 | 30 |
| 3 | 30 | 20 | 42 |
| 4 | 50 | 23 | 41 |
| 5 | - | 25 | 40 |
| 6 | 70 | 27 | 38 |
| 7 | - | 10 | 19 |
| 8 | 25 | 12 | 24 |
| 9 | 45 | 13 | 26 |
| 10 | 60 | 16 | 18 |
| 11 | - | 17 | 35 |
| 12 | 20 | 19 | 30 |
| 13 | 30 | 21 | 31 |
| 14 | - | 22 | 26 |
| 15 | 40 | 24 | 27 |
| 16 | 50 | 26 | 29 |
| 17 | - | 28 | 43 |
| 18 | 25 | 29 | 37 |
| 19 | 35 | 11 | 16 |
| 20 | 45 | 15 | 24 |
| 21 | 55 | 18 | 33 |
| 22 | - | 20 | 32 |
| 23 | 80 | 23 | 25 |
| 24 | 90 | 25 | 30 |
| 25 | - | 27 | 42 |
| 26 | 50 | 14 | 21 |
| 27 | 60 | 15 | 20 |
| 28 | 30 | 23 | 28 |
| 29 | - | 16 | 19 |
| 30 | 40 | 17 | 24 |
| 31 | 45 | 19 | 26 |
| 32 | 10 | 21 | 38 |
| 33 | - | 22 | 35 |
| 34 | 20 | 24 | 30 |
| 35 | 30 | 26 | 31 |
| 36 | 40 | 18 | 26 |
| 37 | 50 | 19 | 27 |
| 38 | 60 | 21 | 29 |
| 39 | - | 15 | 23 |
| 40 | - | 18 | 27 |
| 41 | 70 | 20 | 36 |
| 42 | 80 | 23 | 44 |
| 43 | 90 | 25 | 33 |
| 44 | 30 | 27 | 32 |
| 45 | - | 20 | 25 |

Таблиця 10.5 – Вихідні дані для розрахунку фундаменту мілкового закладання і фундаменту з паль

| Варіант | Розрахункові експлуатаційні навантаження | | | Відмітка планування, м | Глибина підвалу, м | Переріз колони (ширина стіни), м |
|---------|--|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------|
| | N _e , кН | M _{e,x} , кНм | M _{e,y} , кНм | | | |
| 1 | 1200 | 50 | - | 0,000 | 1,7 | 0,4×0,4 (ЗБК мон.) |
| 2 | 1900 | 75 | - | -0,500 | 2,4 | 0,4×0,6 (ЗБК збір.) |
| 3 | 2200 | 80 | - | 0,000 | - | 0,4×0,6 (МК) |
| 4 | 1700 | 50 | 35 | -1,000 | - | 0,4×0,4 (ЗБК мон.) |
| 5 | 1500 | 60 | - | -1,200 | 2,4 | 0,4×0,4 (ЗБК збір.) |
| 6 | 2000 | 60 | - | -0,700 | 2,4 | 0,6×0,6 (ЗБК мон.) |
| 7 | 2200 | 80 | 40 | -0,600 | - | 0,6×0,6 (ЗБК збір.) |
| 8 | 2400 | 100 | - | 0,000 | - | 0,6×0,6 (ЗБК мон.) |
| 9 | 2600 | 100 | 50 | 0,000 | 1,8 | 0,6×0,6 (МК) |
| 10 | 3000 | 100 | - | 0,000 | 1,8 | 0,6×0,6 (ЗБК мон.) |
| 11 | 75 | - | 50 | 0,000 | - | b = 0,51* |
| 12 | 1500 | 60 | - | -1,000 | - | 0,4×0,6 (ЗБК збір.) |
| 13 | 1600 | - | - | -1,000 | 2,4 | 0,4×0,6 (ЗБК мон.) |
| 14 | 1700 | 80 | - | -1,000 | 2,4 | 0,4×0,6 (ЗБК збір.) |
| 15 | 70 | - | 15 | -1,000 | - | b = 0,51* |
| 16 | 2500 | 100 | 50 | -1,000 | 3,2 | 0,6×0,6 (ЗБК мон.) |
| 17 | 2700 | - | - | -0,500 | 3,2 | 0,6×0,8 (МК) |
| 18 | 2900 | 120 | - | -0,500 | - | 0,6×0,8 (ЗБК мон.) |
| 19 | 70 | - | 40 | -0,500 | - | b = 0,51* |
| 20 | 500 | 50 | - | -0,400 | - | 0,4×0,4 (ЗБК збір.) |
| 21 | 600 | 60 | - | -0,500 | 1,8 | 0,4×0,4 (ЗБК мон.) |
| 22 | 700 | 70 | - | -0,700 | 1,8 | 0,4×0,4 (МК) |
| 23 | 70 | - | 50 | -0,800 | - | b = 0,51* |
| 24 | 1800 | 70 | 35 | 0,000 | - | 0,4×0,6 (ЗБК мон.) |
| 25 | 2000 | 90 | 50 | 0,000 | 2,4 | 0,4×0,6 (ЗБК збір.) |
| 26 | 70 | - | 60 | 0,000 | 2,4 | b = 0,51* |
| 27 | 1000 | 50 | - | -0,500 | 2,4 | 0,4×0,4 (ЗБК мон.) |
| 28 | 8000 | 50 | - | -1,000 | - | 0,4×0,4 (ЗБК збір.) |
| 29 | 400 | - | - | -1,500 | - | b = 0,51* |
| 30 | 2400 | 80 | - | 0,000 | - | 0,6×0,6 (ЗБК мон.) |
| 31 | 2600 | 90 | 50 | -0,500 | 2,4 | 0,6×0,6 (ЗБК збір.) |
| 32 | 2800 | 100 | - | 0,000 | 2,4 | 0,6×0,6 (ЗБК мон.) |
| 33 | 205 | - | 83 | -1,200 | 3,0 | b = 0,38* |
| 34 | 310 | - | 95 | -0,800 | 2,7 | b = 0,38* |
| 35 | 427 | - | 103 | -0,600 | 3,0 | b = 0,51* |
| 36 | 585 | - | 110 | -1,400 | 3,3 | b = 0,38* |
| 37 | 607 | - | 75 | -0,700 | 3,1 | b = 0,38* |
| 38 | 730 | - | 96 | -0,800 | 3,2 | b = 0,51* |
| 39 | 852 | - | 120 | -0,900 | 3,0 | b = 0,51* |
| 40 | 2380 | 350 | 102 | 0,000 | - | 0,6×1,0 (МК) |
| 41 | 1870 | 406 | 80 | 0,000 | - | 0,4×0,8 (МК) |
| 42 | 2550 | 480 | 110 | -0,500 | - | 0,6×1,2 (МК) |
| 43 | 2930 | 500 | 90 | 0,000 | - | 0,6×1,0 (МК) |
| 44 | 3110 | 510 | 130 | 0,000 | - | 0,6×1,2 (МК) |
| 45 | 3380 | 450 | 120 | -0,600 | 2,7 | 0,6×0,6 (МК) |

Примітка. 1 * - будівля з несучими стінами із цегли; 2 – ЗБК збір. - колони зі збірного залізобетону; 3 – ЗБК мон. - колони із монолітного залізобетону; 4 – МК - колони металеві.

Таблиця 10.6 – Вихідні дані для перевірки слабкого підстильного шару

| Варіант | Розміри підосви фундаменту, м | N_e , кН | d_1 , м | d_b , м | h_1 , м | h_2 , м | γ_1 , кН/м ³ | γ_2 , кН/м ³ | $\gamma_{\text{слаб}}$, кН/м ³ | Розміри котловану, м | Вид слабкого ґрунту | $C_{\text{слаб}}$, кПа | $\phi_{\text{слаб}}$, град. |
|---------|-------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--|----------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | 1,8×2,4 | 920 | 2,1 | 0 | 0,7 | 2,4 | 17,0 | 18,5 | 18,0 | 15×42 | Суглинок, $I_L = 0,8$ | 10 | 14 |
| 2 | 2,1×2,7 | 1400 | 1,4 | 2,1 | 1,1 | 3,6 | 16,5 | 18,9 | 17,0 | 5×74 | Мул, $I_L = 1,0$ | 12 | 5 |
| 3 | $b = 1,8$ | 530 | 0,6 | 2,5 | 0,5 | 3,9 | 16,3 | 19,0 | 17,9 | 4×60 | Пісок пилюватий | 17 | 3 |
| 4 | $b = 2,4$ | 710 | 0,7 | 2,7 | 0,8 | 3,6 | 17,3 | 18,5 | 17,5 | 5×40 | Глина мулиста, $I_L = 1,1$ | 12 | 13 |
| 5 | 1,5×1,8 | 750 | 1,8 | 0 | 1,2 | 2,0 | 17,1 | 17,8 | 17,2 | 21×68 | Супісок, $I_L = 0,9$ | 3 | 18 |
| 6 | $b = 3,2$ | 830 | 0,7 | 2,6 | 0,9 | 3,5 | 17,4 | 18,7 | 17,6 | 18×18 | Суглинок мулистий, $I_L = 0,8$ | 10 | 10 |
| 7 | 1,5×2,4 | 910 | 2,2 | 0 | 1,1 | 2,3 | 16,6 | 18,1 | 16,9 | 5×150 | Мул, $I_L = 1,2$ | 10 | 6 |
| 8 | 1,8×2,7 | 1170 | 1,0 | 1,9 | 1,3 | 2,7 | 16,7 | 18,2 | 17,1 | 15×36 | Суглинок, $I_L = 0,85$ | 11 | 15 |
| 9 | $b = 1,0$ | 550 | 0,6 | 2,6 | 0,4 | 3,8 | 17,2 | 18,6 | 17,0 | 16×80 | Глина мулиста, $I_L = 1,0$ | 13 | 11 |
| 10 | 1,8×3,0 | 1230 | 1,2 | 1,9 | 1,3 | 4,2 | 16,3 | 18,0 | 17,3 | 4×185 | Суглинок, $I_L = 0,9$ | 9 | 16 |

Продовження таблиці 10.6

| Варіант | Розміри підосви фундаменту, м | N_e , кН | d_1 , м | d_b , м | h_1 , м | h_2 , м | γ_1 , кН/м ³ | γ_2 , кН/м ³ | $\gamma_{\text{слаб}}$, кН/м ³ | Розміри котловану, м | Вид слабкого грунту | $C_{\text{слаб}}$, кПа | $\varphi_{\text{слаб}}$, град. |
|---------|--|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 11 | $b = 2,4$ | 760 | 2,4 | 0 | 0,9 | 2,8 | 17,1 | 18,8 | 17,4 | 15×48 | Суглинок мулистий, $I_L = 1,0$ | 15 | 9 |
| 12 | 2,1×2,1 | 1060 | 1,4 | 2,9 | 1,4 | 3,8 | 16,4 | 18,7 | 17,1 | 15×15 | Пісок пилуватий | 16 | 4 |
| 13 | 2,1×2,7 | 1300 | 1,4 | 2,9 | 1,4 | 3,8 | 16,4 | 18,7 | 17,1 | 15×15 | Пісок пилуватий | 16 | 4 |
| 14 | $b = 2,0$ | 660 | 1,8 | 0 | 0,75 | 2,3 | 17,0 | 18,5 | 17,0 | 12×39 | Суглинок мулистий, $I_L = 1,0$ | 12 | 12 |
| 15 | 2,1×3,0 | 1440 | 1,2 | 2,6 | 1,3 | 3,8 | 16,3 | 17,9 | 16,8 | $B_k = 24,0$ | Супісок, $I_L = 0,7$ | 4 | 15 |
| 16 | 2,1×3,3 | 1580 | 2,1 | 0 | 0,6 | 2,4 | 16,8 | 18,6 | 16,9 | 6×86 | Глина мулиста, $I_L = 0,9$ | 11 | 13 |
| 17 | $b = 1,2$ | 400 | 0,6 | 2,7 | 1,5 | 2,8 | 16,9 | 18,3 | 17,3 | 14×44 | Суглинок мулистий, $I_L = 1,0$ | 13 | 13 |
| 18 | 2,4×2,7 | 1480 | 1,7 | 0 | 0,8 | 2,2 | 16,5 | 18,5 | 17,2 | 5×62 | Глина, $I_L = 0,95$ | 9 | 13 |
| 19 | 2,4×3,0 | 1650 | 1,2 | 2,9 | 1,3 | 3,6 | 16,4 | 18,0 | 17,4 | 5×122 | Супісок, $I_L = 0,75$ | 5 | 14 |

Продовження таблиці 10.6

| Варіант | Розміри підшви фундаменту, м | N_e , кН | d_1 , м | d_b , м | h_1 , м | h_2 , м | γ_1 , кН/м ³ | γ_2 , кН/м ³ | $\gamma_{\text{слаб}}$, кН/м ³ | Розміри котловану, м | Вид слаб- кого грунту | $C_{\text{слаб}}$, кПа | $\varphi_{\text{слаб}}$, град. |
|---------|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|--|----------------------------|------------------------------------|
| 20 | $b = 1,4$ | 490 | 2,6 | 0 | 1,4 | 2,3 | 16,7 | 19,4 | 18,0 | 19×46 | Суглинок мулистий, $I_L = 1,0$ | 8 | 13 |
| 21 | 2,4×3,3 | 1800 | 1,3 | 2,8 | 1,8 | 3,3 | 16,8 | 19,0 | 17,5 | 20×100 | Супісок, $I_L = 0,7$ | 8 | 12 |
| 22 | 2,4×3,6 | 2140 | 2,0 | 0 | 1,6 | 1,6 | 16,7 | 18,9 | 16,5 | 13×54 | Мул, $I_L = 1,0$ | 10 | 3 |
| 23 | $b = 3,2$ | 908 | 3,0 | 0 | 1,4 | 2,5 | 16,6 | 19,2 | 18,1 | 20×36 | Суглинок, $I_L = 0,95$ | 10 | 11 |
| 24 | 2,4×3,9 | 2460 | 1,4 | 2,2 | 1,3 | 3,6 | 16,3 | 18,8 | 16,8 | 14×34 | Мул, $I_L = 1,0$ | 9 | 5 |
| 25 | 2,7×2,7 | 1660 | 2,2 | 0 | 1,1 | 2,1 | 16,7 | 18,6 | 16,9 | 18×90 | Пісок пи- луватий, насич. во- дою | 15 | 3 |
| 26 | $b = 2,8$ | 870 | 0,8 | 2,0 | 1,4 | 2,3 | 16,5 | 19,0 | 18,3 | 18×43 | Суглинок, $I_L = 0,95$ | 12 | 11 |
| 27 | 2,7×3,0 | 1850 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 2,2 | 16,2 | 18,7 | 16,1 | 20×28 | Суглинок, $I_L = 0,95$ | 13 | 14 |
| 28 | 2,7×3,3 | 2030 | 1,3 | 1,5 | 0,8 | 3,1 | 16,8 | 19,1 | 16,5 | 15×48 | Глина, $I_L = 1,0$ | 9 | 10 |
| 29 | $b = 2,4$ | 966 | 0,9 | 1,6 | 0,9 | 2,6 | 16,4 | 19,2 | 18,1 | 17×55 | Суглинок, $I_L = 0,9$ | 11 | 11 |

Продовження таблиці 10.6

| Варіант | Розміри підшви фундаменту, м | N_e , кН | d_1 , м | d_b , м | h_1 , м | h_2 , м | γ_1 , кН/м ³ | γ_2 , кН/м ³ | $\gamma_{\text{слаб}}$, кН/м ³ | Розміри котловану, м | Вид слаб- кого грунту | $C_{\text{слаб}}$, кПа | $\varphi_{\text{слаб}}$, град. |
|---------|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|--|----------------------------|------------------------------------|
| 30 | 2,7×3,6 | 2220 | 2,0 | 0 | 1,0 | 2,1 | 16,6 | 18,9 | 17,0 | 21×44 | Супісок, $I_L = 0,9$ | 11 | 9 |
| 31 | 2,7×3,9 | 2400 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 2,4 | 16,0 | 18,8 | 17,5 | 6×96 | Глина мулиста, $I_L = 0,9$ | 9 | 13 |
| 32 | $b = 1,6$ | 590 | 0,9 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 16,4 | 18,2 | 17,1 | 15×42 | Суглинок, $I_L = 0,9$ | 8 | 14 |
| 33 | 2,7×4,2 | 2580 | 2,3 | 0 | 1,6 | 1,6 | 16,8 | 18,9 | 17,0 | 7×98 | Супісок, $I_L = 0,9$ | 12 | 10 |
| 34 | 3,0×3,0 | 2050 | 1,3 | 1,7 | 1,4 | 2,8 | 16,7 | 18,6 | 17,3 | 24×7 | Пісок пи- луватий, насих. во- дою | 14 | 4 |
| 35 | $b = 2,0$ | 715 | 0,6 | 1,6 | 1,7 | 1,5 | 16,9 | 18,0 | 17,4 | 14×70 | Суглинок, $I_L = 0,95$ | 13 | 13 |
| 36 | 3,0×3,3 | 2260 | 1,8 | 1,1 | 1,3 | 2,9 | 16,7 | 18,8 | 17,5 | 5×62 | Пісок пи- луватий, насих. во- дою | 13 | 3 |
| 37 | 3,0×3,6 | 2460 | 1,4 | 1,1 | 1,3 | 2,2 | 16,5 | 18,3 | 17,4 | 35×112 | Глина, $I_L = 1,2$ | 7 | 10 |
| 38 | 3,0×3,9 | 2670 | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 16,1 | 18,7 | 16,9 | 6×146 | Суглинок, $I_L = 0,9$ | 12 | 12 |

Продовження таблиці 10.6

| Варіант | Розміри підшви фундаменту, м | N_e , кН | d_1 , м | d_b , м | h_1 , м | h_2 , м | γ_1 , кН/м ³ | γ_2 , кН/м ³ | $\gamma_{\text{слаб}}$, кН/м ³ | Розміри котловану, м | Вид слаб- кого грунту | $C_{\text{слаб}}$, кПа | $\varphi_{\text{слаб}}$, град. |
|---------|---------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|--|----------------------------|------------------------------------|
| 39 | $b = 2,2$ | 700 | 0,7 | 1,4 | 1,0 | 2,3 | 16,4 | 17,9 | 17,0 | 26×146 | Супісок, $I_L = 0,9$ | 10 | 12 |
| 40 | $b = 2,6$ | 810 | 0,8 | 1,7 | 1,2 | 2,3 | 16,3 | 18,9 | 16,8 | 7×110 | Пісок пи- луватий, насих. во- дою | 14 | 5 |
| 41 | 3,0×4,2 | 2870 | 1,9 | 0 | 1,3 | 1,5 | 16,5 | 18,6 | 17,1 | 20×6 | Суглинок, $I_L = 0,8$ | 9 | 13 |
| 42 | 3,0×4,5 | 3080 | 1,7 | 1,5 | 0,8 | 3,7 | 16,4 | 18,4 | 17,2 | 20×20 | Глина, $I_L = 1,2$ | 8 | 9 |
| 43 | $b = 3,0$ | 910 | 0,8 | 1,8 | 1,1 | 2,5 | 16,6 | 18,7 | 16,7 | 7×74 | Мул, $I_L = 1,0$ | 8 | 6 |
| 44 | 3,3×3,3 | 2480 | 1,8 | 0 | 1,3 | 1,6 | 17,4 | 19,0 | 17,1 | 22×40 | Супісок, $I_L = 0,9$ | 11 | 10 |
| 45 | 3,3×3,6 | 2710 | 1,9 | 0 | 0,9 | 1,8 | 17,3 | 19,1 | 17,3 | 17×31 | Суглинок, $I_L = 0,9$ | 10 | 14 |

ЛІТЕРАТУРА:

1. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко, О. Г. Рудь, О. В. Кічаєва та ін. ; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 563 с.
2. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: [підручник] / [М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлєв та ін.]. – Полтава, 2003. – 446 с.
3. Далматов Б. И. Механика ґрунтов, основания и фундаменты / Далматов Б. И. – М. : Стройиздат, 1981. – 319 с.
4. Цытович Н. А. Механика ґрунтов (краткий курс) / Цытович Н. А. – М. : Высшая школа, 1983. – 288 с.
5. Ваганов І. І. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища **[Електронний ресурс]:[навчальний посібник]** / [Ваганов І. І., Маєвська І. В., Попович М. М.]. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 262 с. – Режим доступу: <http://posibnyky.vntu.edu.ua/geologiya/>
6. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2018 - [Чинний від 2019-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 36 с. – (Національні стандарти України).
7. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною № 1 та № 2. – [Чинний від 2012-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с. – (Національні стандарти України).
8. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008 [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 74 с. - (Національні стандарти України).
9. Ґрунти. Класифікація: ДСТУ Б.В.2.1-2-96. – [Чинний від 1997-01-01]. – К. : Мінбуд України, 1997. – 45 с. – (Національні стандарти України).
10. Проектування основ і фундаментів : **[навчальний посібник]** / [Ваганов І. І., Маєвська І. В., Попович М. М., Титко О. В.]. – Вінниця : ВНТУ, 2003 – 140 с.
11. Ваганов І. І. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з основ та фундаментів для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво». Частина 1. Фундаменти мілкового закладання / [Ваганов І. І., Маєвська І. В., Попович М. М.] – Вінниця : ВНТУ, 2009 – 57с.
12. Ваганов І. І. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з основ та фундаментів для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво». Частина 2. Пальові фундаменти/ [Ваганов І. І., Маєвська І. В., Попович М. М., Блащук Н. В.] – Вінниця : ВНТУ, 2010 – 77с.