

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра автомобільних доріг, основ та фундаментів

03-03-145М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять із навчальної дисципліни
«Механіка ґрунтів, основи і фундаменти» для здобувачів
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Охорона праці»
спеціальності 263 «Цивільна безпека»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННБА
Протокол № 5 від 19.03.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Механіка ґрунтів, основи і фундаменти» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона праці» спеціальності 263 «Цивільна безпека» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Супрунюк В. В., Фурсович М. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 26 с.

Укладачі: Супрунюк В. В., – к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів;
Фурсович М. О.,– к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів.

Відповідальний за випуск – Кузло М. Т., доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів.

Керівник групи забезпечення спеціальності
263 «Цивільна безпека» Шаталов О. С.

Попередня версія методичних вказівок 03-03-060.

Зміст

	стор.
Вступ.....	3
Заняття №1. Визначення різновидів піщаних ґрунтів.....	4
Заняття №2. Визначення різновидів глинистих ґрунтів	7
Заняття №3. Визначення типу ґрунтових умов за просіданням.....	9
Заняття №4. Визначення глибини закладення фундаментів з умови сезонного промерзання ґрунту.....	14
Заняття №5. Визначення розмірів стрічкових фундаментів..	17
Заняття №6. Визначення несучої здатності висячої палі.....	21
Список використаної літератури.....	26

© В. В Супрунюк,
М. О. Фурсович, 2024
© НУВГП, 2024

Вступ

Надійність, економічність та безпека будівництва будівель і споруд залежить від правильного вибору та розрахунку будівельних конструкцій, в тому числі основ і фундаментів. Надійність основ і фундаментів, здешевлення та безпечність робіт по їх влаштуванню, в свою чергу, залежить від вміння правильно оцінювати інженерно-геологічні умови будівельних майданчиків, властивості ґрунтів основ і сумісну роботу цих ґрунтів з фундаментами та надземними конструкціями будівлі, від якості та безпеки виконання робіт.

Окреслені завдання розглядаються дисциплін «Механіка ґрунтів основи і фундаменти», яка складається з трьох розділів: природа і фізичні властивості ґрунтів; механіка ґрунтів; основи і фундаменти.

У розділі природа і фізичні властивості ґрунтів розглядаються інженерно-геологічні дослідження, фізичні і механічні властивості дисперсних середовищ, а також фізико-механічні процеси взаємодії твердої, рідкої і газоподібної складових ґрунту. Розділ механіка ґрунтів вивчає напружено - деформований стан, міцність і стійкість ґрунтів. В розділі основи і фундаменти розглядаються розрахунки, проектування та будівництво фундаментів як частини споруди.

Методичні вказівки складаються з шести окремих задач. Метою даних методичних вказівок є набуття студентами спеціальності 263 «Цивільна безпека» практичних навичок із визначення різновидів ґрунтів, розрахунків, конструювання і будівництва основ і фундаментів із забезпеченням заходів техніки безпеки при проведенні робіт. Під час проведення практичних занять студенти розв'язують задачі, які приведені у методичних вказівках, з обов'язковим самоконтролем розв'язком індивідуальних завдань. Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу у вигляді шести окремих задач, варіанти яких отримують у викладача, і які наведені у методичних вказівках.

Заняття №1. Визначення різновидів піщаних ґрунтів

Класифікацію піщаних ґрунтів виконують згідно з ДСТУ Б В.2.1-2-96. «ґрунти. Класифікація». При визначенні повної назви піщаних ґрунтів необхідно класифікувати їх за гранулометричним складом, коефіцієнтом пористості e і коефіцієнтом водонасичення S_r .

Гранулометричним (зерновим) складом ґрунту називається ваговий вміст в ґрунті частинок різної крупності, виражений у відсотках (%) відносно до маси проби сухого ґрунту, взятого для аналізу.

Визначення гранулометричного складу полягає в розділенні ґрунту на фракції (групи частинок близьких за крупністю) і визначенні їх відсоткового вмісту.

Гранулометричний склад пісків визначають ситовим методом. Стандартний набір сит для визначення різновидів пісків включає сита з діаметрами отворів 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм.

Різновид піску за гранулометричним складом встановлюють послідовним підсумовуванням вмісту частинок більших від даного діаметра – спочатку крупніших за 2 мм, потім – 0,5; 0,25; 0,1 мм та порівняння вмісту з класифікаційними критеріями (табл. 1). Назву приймають за першою задовільняючою ознакою.

Назва пісків також доповнюється ступенем неоднорідності гранулометричного складу.

Таблиця 1 (витяг з табл. Б10 ДСТУ Б В.2.1-2-96)
Класифікація пісків за гранулометричним складом

Різновид пісків	Розмір зернин, часток d , мм	Вміст зернин, часток, у % за масою
Гравіюватий	>2,00	>25
Крупний	>0,50	>50
Середньої крупності	>0,25	>50
Дрібний	>0,10	≥75
Пилуватий	>0,10	<75

Піски також класифікують залежно від коефіцієнта пористості (табл. 2) і коефіцієнтом водонасичення (табл. 3).

Коефіцієнтом пористості e називають відношення об'єму пор в зразку ґрунту до об'єму твердих частинок ґрунту.

Коефіцієнтом водонасичення S_r називають ступінь заповнення пор водою.

Таблиця 2 (табл. Б18 ДСТУ Б В.2.1-2-96)
Класифікація пісків коефіцієнтом пористості

Різновид піску	Коефіцієнт пористості e		
	Піски гравіюваті, крупні та середньої крупності	Піски дрібні	Піски пилюваті
Щільний	<0,55	<0,60	<0,60
Середньої щільності	0,55 - 0,70	0,60 - 0,75	0,60 – 0,80
Пухкий	>0,70	>0,75	>0,80

Таблиця 3 (табл. Б17 ДСТУ Б В.2.1-2-96)
Класифікація пісків за коефіцієнтом водонасичення

Різновид ґрунтів	Коефіцієнт водонасичення S_r , д.о.
Малого ступеню водонасичення	$0,00 \leq S_r \leq 0,50$
Середнього ступеню водонасичення	$0,50 < S_r \leq 0,80$
Насичені водою	$S_r > 0,80$

Для чого обчислюють значення e і S_r

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1; \quad (1)$$

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w}, \quad (2)$$

де ρ_s - щільність частинок ґрунту, г/см³; ρ - щільність ґрунту, г/см³; W - вологість ґрунту, в частках одиниці, г/см³; ρ_w - щільність води, г/см³;

Приклад 1. Необхідно визначити повну назву піщаного ґрунту, якщо є фізико-механічні характеристики ґрунту.

Таблиця 4
Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик ґрунту

№ ґрунту	Гранулометричний склад - вміст частинок в % за крупністю									Фізико-механічні характеристики				
	10÷2	2÷1	1÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,1	0,1÷0,05	0,05÷0,01	0,01÷0,005	<0,005	ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W, %	φ , град	c , кПа
X	—	20,3	24,7	32,4	13,5	9,5	—	—	—	2,59	1,92	24,1	35	1

Це незв'язний ґрунт, в складі якого є 78,2% частинок крупніших 0,25 мм (20,3+24,7+32,4=77,4%>50%). Згідно з табл. 1 визначаємо, що ґрунт - **пісок середньої крупності**.

Вирахуємо коефіцієнт пористості e

$$e = \frac{2,59}{1,92}(1 + 0,241) - 1 = 0,674. \text{ Згідно з табл. 2 визначаємо,}$$

що пісок середньої крупності, буде **середньої щільності** ($0,55 \leq e = 0,674 \leq 0,70$).

Вирахуємо коефіцієнт водонасичення S_r ,

$$S_r = \frac{2,59 \cdot 0,241}{0,674 \cdot 1,00} = 0,93. \text{ Згідно з табл. 3 пісок середньої}$$

крупності є **насиченим водою** ($0,8 < S_r = 0,93 \leq 1,0$).

Остаточна назва ґрунту: **пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою**.

Варіанти характеристик пісків для самостійної роботи представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Варіанти піщаних ґрунтів

№ ґрунту	Гранулометричний склад - вміст частинок в % за крупністю									Фізико-механічні характеристики				
	10÷2	2÷1	1÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,1	0,1÷0,05	0,05÷0,01	0,01÷0,005	<0,005	$\rho_s, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{г/см}^3$	$W, \%$	$\varphi, \text{град.}$	$c, \text{кПа}$
1	—	5	8,0	12,0	32,0	25,0	10,0	8,0	—	2,65	1,90	11,1	26	2
2	—	1,0	3,0	16,5	18,5	24,0	27,5	9,5	—	2,65	1,97	15,4	32	---
3	5,0	11,0	14,0	27,0	12,0	13,5	11,0	6,5	—	2,67	2,02	14,0	26	2
4	—	1,0	3,0	6,5	23,5	29,0	22,5	14,5	—	2,75	1,97	12,4	35	1
5	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	3,5	1,5	2,76	2,05	13,7	33	---
6	—	2,0	8,0	12,0	35,0	23,0	10,0	8,0	2,0	2,67	2,01	14,9	28	---
7	5,0	12,0	17,0	27,0	15,0	12,0	7,0	3,4	1,6	2,56	2,05	14,7	38	2
8	4,0	23,0	28,9	29,0	4,8	4,0	4,0	2,3	—	2,66	2,08	10,0	38	---
9	2,0	4,5	5,0	24,5	28,5	25,5	8,5	3,5	—	2,63	1,92	16,8	28	---
10	2,0	15,0	13,0	28,0	10,0	14,0	14,0	4,0	—	2,60	1,97	14,0	34	---
11	5,0	6,0	21,0	27,0	15,0	16,0	4,0	6,0	—	2,66	1,98	14,2	28	3
12	2,0	10,0	17,0	20,0	23,0	14,0	9,0	3,0	2,0	2,66	1,98	15,6	36	2
13	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	5,0	—	2,64	2,06	10,7	28	3
14	—	15,0	20,0	27,0	23,0	10,0	3,0	2,0	—	2,65	2,00	14,0	37	2
15	2,0	8,0	10,0	26,5	20,0	23,5	10,0	—	—	2,66	2,10	10,0	33	2
16	10,0	35,0	30,0	20,0	5,0	—	—	—	—	2,65	2,12	8,0	30	4
17	15,0	15,0	31,0	19,0	15,0	5,0	—	—	—	2,65	2,16	6,0	34	---

Продовження таблиці 5

18	—	20,0	19,0	19,0	20,0	10,0	7,0	3,0	2,0	2,66	1,98	15,6	31	---
19	—	2,0	3,0	12,0	35,0	23,0	15,0	8,0	2,0	2,67	2,00	14,8	27	---
20	1,2	18,0	23,0	18,6	23,0	15,0	0,9	0,1	0,8	2,69	1,97	15,0	28	2
21	—	11,0	13,0	16,5	23,5	9,0	12,5	14,5	—	2,70	1,95	15,4	40	1
22	15,0	17,0	17,0	27,0	15,0	2,0	2,0	3,5	1,5	2,71	2,10	13,7	34	---
23	—	5,0	13,0	17,0	25,0	18,0	10,0	8,0	4,0	2,62	2,05	14,4	33	---
24	5,0	12,0	11,0	27,0	18,0	12,0	10,0	3,4	1,6	2,53	2,10	14,1	34	---
25	4,0	23,0	18,9	29,0	9,8	9,0	4,0	2,3	—	2,67	2,00	10,6	41	1

Заняття №2. Визначення різновидів глинистих ґрунтів

Глинистими називаються зв'язні мінеральні ґрунти, що мають число пластичності $I_p \geq 1$. Різновиди глинистих ґрунтів визначають за їх пластичністю і консистенцією згідно з ДСТУ Б В.2.1-2-96. „Ґрунти. Класифікація”.

Показниками пластичності є: межа текучості W_L , межа розкочування W_p і число пластичності I_p . Показником консистенції є показник текучості I_L .

Межа текучості W_L – це вологість ґрунту в момент його переходу з пластичного стану в текучий.

Межа розкочування W_p – це вологість ґрунту в момент переходу з твердого стану в пластичний.

Числом пластичності I_p називають різницю між вологостями, які відповідають межі текучості і межі розкочування.

Для визначення різновиду глинистого ґрунту обчислюють число пластичності і показник текучості і за табл. 6 і табл. 7. визначають назву глинистого ґрунту

$$I_p = I_L - I_p; \quad (3)$$

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}. \quad (4)$$

Таблиця 6 (табл. Б11 ДСТУ Б В.2.1-2-96)

Класифікація глинистих ґрунтів за числом пластичності

Різновид ґрунту	Число пластичності I_p , %
Супісок	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Таблиця 7 (табл. Б14 ДСТУ Б В.2.1-2-96)
Класифікація глинистих ґрунтів за показником текучості

Різновид ґрунтів	Показник текучості I_L	Різновид ґрунтів	Показник текучості I_L
Супісок:		Суглинки та глини:	
Твердий	$I_L < 0,00$	Тверді	$I_L \leq 0,00$
Пластичний	$0,00 \leq I_L \leq 1,00$	Напівтверді	$0,00 \leq I_L \leq 0,25$
Текучий	$I_L > 1,00$	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	$I_L > 1,00$

Приклад 2. Необхідно визначити різновид глинистого ґрунту, якщо є фізико-механічні характеристики ґрунту.

Таблиця 8

Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик ґрунту

№ ґрунту	Фізико-механічні характеристики ґрунту						
	$\rho_s, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{г/см}^3$	$W, \%$	$W_L, \%$	$W_P, \%$	$\varphi, \text{град.}$	$c, \text{кПа}$
X	2,58	1,96	25,3	28,0	20,0	16	46

Вираховуємо число пластичності
 $I_p = W_L - W_P = 28 - 20 = 8 \%$. Згідно з табл. 6 визначаємо, що ґрунт - **суглинок** ($7 < I_p = 8 \leq 17$).

Вираховуємо показник текучості:
 $I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{25,3 - 20}{28 - 20} = 0,66$. Згідно з табл. 7 визначаємо, що

суглинок називається **м'якопластичним** ($0,5 < I_L = 0,66 < 0,75$).

Вираховуємо коефіцієнт пористості e

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1 = \frac{2,58}{1,96} (1 + 0,253) - 1 = 0,65.$$

Вираховуємо коефіцієнт водонасичення S_r

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w} = \frac{2,58 \cdot 0,253}{0,65 \cdot 1,00} = 1,0.$$

Остаточна назва ґрунту: суглинок м'якопластичний.

Варіанти характеристик глинистих ґрунтів для самостійної роботи представлені в табл. 9.

Таблиця 9

Варіанти глинистих ґрунтів

№ варіанта	Фізико-механічні характеристики							№ варіанта	Фізико-механічні характеристики						
	ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W, %	W _L , %	W _P , %	ϕ , град	c, кПа		ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W, %	W _L , %	W _P , %	ϕ , град	c, кПа
1	2,67	1,90	26,3	27,0	21,0	12	12	14	2,69	1,95	29,0	35,0	21,0	22	23
2	2,70	1,90	29,0	30,0	19,0	18	40	15	2,70	1,94	29,6	35,0	22,0	15	14
3	2,71	1,92	30,0	41,0	24,0	20	28	16	2,67	1,90	26,3	27,0	21,0	18	15
4	2,71	1,89	25,8	26,9	20,0	24	13	17	2,70	1,90	29,0	30,0	19,0	23	20
5	2,72	1,88	33,9	35,0	23,0	16	14	18	2,71	1,92	30,0	41,0	24,0	20	24
6	2,73	1,96	29,2	53,2	31,3	17	15	19	2,71	1,89	25,8	26,9	20,0	22	22
7	2,72	1,71	21,0	31,0	19,0	20	10	20	2,72	1,88	33,9	35,0	23,0	23	25
8	2,71	1,85	24,0	35,0	22,0	14	14	21	2,70	1,97	21,0	21,0	11,0	29	18
9	2,68	1,83	29,3	31,0	22,5	19	60	22	2,63	1,93	33,0	37,0	20,0	18	16
10	2,69	1,95	23,5	35,0	22,0	16	15	23	2,76	1,98	29,0	47,0	22,0	19	52
11	2,70	2,10	20,0	21,0	15,0	17	16	24	2,49	1,99	24,0	35,0	21,0	17	18
12	2,72	1,93	31,0	37,0	23,0	19	50	25	2,71	1,84	23,6	31,0	22,0	17	18
13	2,76	1,88	20,0	47,0	22,0	20	20								

Заняття №3. Визначення типу ґрунтових умов за просіданням

Специфічною особливістю просідаючих ґрунтів є те, що знаходячись в напруженому стані від зовнішнього навантаження і власної ваги, або тільки власної ваги, при замочуванні водою вони додатково деформуються. Ці додаткові деформації називаються просіданням. Деформації просідання враховуються лише при величині відносного просідання ґрунтів $\varepsilon_{st} \geq 0,01$.

Ґрунтові умови будівельних майданчиків, складених просідаючими ґрунтами, залежно від величини можливого просідання під власною вагою при замочуванні діляться на:

I – тип – просідання від власної ваги відсутнє або не перевищує 5 см ($S_{st} \leq 5$ см);

II – тип – просідання від власної ваги перевищує 5 см ($S_{st} > 5$ см).

Приклад 3. Визначити тип ґрунтових умов будівельного майданчика, якщо на ньому до глибини 5 м залягає лесовидний

супісок, а нижче до глибини 11 м – лесовидний суглинок. Характеристики ґрунтів наведені в табл. 10.

Таблиця 10

Таблиця фізико-механічних характеристик ґрунтів

№ ПЕ	ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W, %	W _L , %	W _P , %	Відносне просідання ε_{st} при тиску p , кПа			Товщина, М
						100	200	300	
ПЕ-1	2,70	1,58	10,0	18,0	12,0	0,02	0,03	0,04	5,0
ПЕ-2	2,69	1,61	11,0	27,0	15,0	0,008	0,013	0,018	6,0

Для визначення типу ґрунтових умов за просіданням визначимо можливе просідання просідаючої товщі від власної ваги ґрунту при його замочуванні до $S_r=0,8$ для чого:

1. Визначаємо назву ґрунтів за числом пластичності I_p та показником текучості I_L .

2. За даними значень $\varepsilon_{st}=f(p)$ будемо графіки (рис.1 і рис.2).

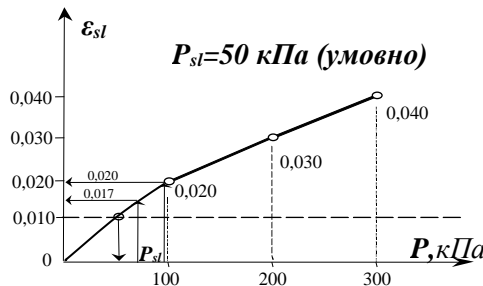


Рис.1. Графік залежності $\varepsilon_{st}=f(p)$ для ПЕ-1.

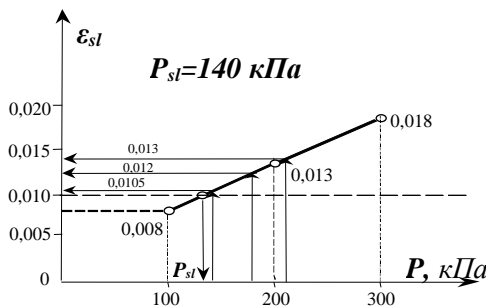


Рис.2. Графік залежності $\varepsilon_{st}=f(p)$ для ПЕ-2.

3. Просідаючу ґрунтову товщу ділимо на розрахункові шари товщиною $h_i \leq 2$ м. Окремий розрахунковий шар не повинен знаходитись в двох інженерно-геологічних елементах.

4. Ґрунти будуть просідати в замоченому стані, тобто коли $S_r \geq 0,8$. Тому визначаємо питому вагу ґрунтів при $S_r = 0,8$.

Коефіцієнти пористості ґрунту ПГЕ-1 і ПГЕ-2 у природному стані вологість замочених ґрунтів W_{sat} , і їх питома вага γ_{sat} :

Для ПГЕ - 1:

- коефіцієнт пористості ґрунту

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1 = \frac{2,70}{1,58} (1 + 0,1) - 1 = 0,88;$$

- вологість замоченого ґрунту

$$W_{sat} = \frac{S_r \cdot e \cdot \rho_w}{\rho_s} = \frac{0,8 \cdot 0,88 \cdot 1,0}{2,70} = 0,261;$$

- питома вага замоченого ґрунту

$$\gamma_{sat} = \frac{\rho}{1 + W} (1 + W_{sat}) \cdot g = \frac{1,58}{1 + 0,1} (1 + 0,261) \cdot 10 = 18,1 \text{ кН/м}^3.$$

Для ПГЕ - 2:

- коефіцієнт пористості ґрунту

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1 = \frac{2,69}{1,61} (1 + 0,11) - 1 = 0,85;$$

- вологість замоченого ґрунту

$$W_{sat} = \frac{0,8 \cdot 0,85 \cdot 1,0}{2,69} = 0,253;$$

- питома вага замоченого ґрунту

$$\gamma_{sat} = \frac{1,61}{1 + 0,11} (1 + 0,253) \cdot 10 = 18,2 \text{ кН/м}^3.$$

5. Визначаємо напруження в ґрунтовому масиві, які виникають від власної ваги замоченого ґрунту на нижній межі кожного розрахункового шару $\sigma_{zg,sat} = \sum_{i=1}^n \gamma_{sat,i} \cdot h_i$ (табл. 11).

6. Визначаємо напруження в середині кожного розрахункового шару $\sigma_{zg,sat,i}$.

7. З графіків $\varepsilon_{sl,i} = f(\sigma_{zg,sat,i})$ (див. рис. 1 і рис. 2) визначаємо початковий тиск просідання p_{sl} відповідного ПГЕ і відносне просідання $\varepsilon_{sl,i}$ для кожного розрахункового шару. Якщо $\sigma_{zg,sat,i} <$

p_{sl} (напруження в середині розрахункового шару менше початкового тиску просідання p_{sl} відповідного ПГЕ), то ґрунт в розрахунковому шарі вважаємо при цьому тиску непросідаючим.

8. Визначаємо просідання $S_{sl,i}$ кожного розрахункового шару просідаючої товщі: $S_{sl,i} = \varepsilon_{sl,i} \cdot h_i \cdot k_{sl,i}$, де $k_{sl,i} = 1,0$ при визначенні просідання від власної ваги ґрунту.

9. Визначаємо загальне просідання всієї товщі за формулою $S_{sl} = \sum_{i=1}^n S_{sl,i}$.

Подальші розрахунки проводимо у табличній формі (див.табл.11).

Таблиця 11

Довизначення типу ґрунтових умов за просіданням

№ ПГЕ	Назва ґрунту	Товщина ПГЕ, м	Питома вага замоченого ґрунту γ_{sat} , кН/м ³	Товщина розрахункового шару h_i , м	$\sigma_{zg,sat}$, кПа	$\sigma_{zg,sat,i}$, кПа	$\varepsilon_{sl,i}$	$S_{sl,i}$, м
ПГЕ -1	Супісок	5,0	18,1	2,0	36,2	18,1	$\sigma_{zg,sat,i} < p_{sl}$	0,000
				2,0	72,4	54,3	0,011	0,022
				1,0	90,5	81,45	0,016	0,016
ПГЕ -2	Суглинок	6,0	18,2	2,0	126,9	108,4	$\sigma_{zg,sat,i} < p_{sl}$	0,000
				2,0	163,3	145,1	0,011	0,022
				2,0	199,7	181,5	0,012	0,024
								0,084

Просідання всієї товщі $S_{sl} = 0,084$ м = 8,4 см > 5 см. Отже, ґрунтові умови відносяться до II-го типу за просіданням.

Варіанти характеристик глинистих просідаючих ґрунтів для самостійної роботи представлені в табл. 12.

Таблиця 12

Варіанти глинистих просідаючих ґрунтів

№ Варіанта	№ ПГЕ	Фізико-механічні характеристики ґрунтів								
		ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W, %	W _L , %	W _P , %	Товщина ґрунтів, м	Відносне просідання ε_{sl} при тиску p , кПа		
								100	200	300
1	ПГЕ-1	2,70	1,33	10,0	31,0	20,0	5,0	0,093	0,101	0,119
	ПГЕ-2	2,70	1,69	17,4	40,0	23,0	5,9	0,003	0,009	0,014
2	ПГЕ-1	2,76	1,43	8,0	26,0	18,0	4,9	0,07	0,09	0,108
	ПГЕ-2	2,67	1,57	6,9	32,0	17,0	6,0	0,003	0,018	0,023
3	ПГЕ-1	2,74	1,51	8,3	36,0	22,0	4,8	0,048	0,072	0,089
	ПГЕ-2	2,71	1,66	12,5	29,1	18,0	6,1	0,010	0,012	0,016

Продовження таблиці 12

4	ПЕ-1	2,68	1,53	17,6	36,4	20,0	4,6	0,062	0,091	0,105
	ПЕ-2	2,72	1,47	10,6	42,0	24,0	6,2	0,009	0,017	0,027
5	ПЕ-1	2,68	1,60	12,9	48,0	26,0	4,2	0,018	0,029	0,042
	ПЕ-2	2,74	1,79	17,0	34,0	22,0	5,8	0,010	0,011	0,015
6	ПЕ-1	2,76	1,43	8,0	28,0	16,5	4,3	0,077	0,099	0,106
	ПЕ-2	2,74	1,79	17,0	34,0	18,0	5,6	0,005	0,006	0,011
7	ПЕ-1	2,67	1,57	6,9	32,0	17,0	4,5	0,013	0,018	0,023
	ПЕ-2	2,70	1,51	8,3	36,0	22,0	5,4	0,004	0,011	0,016
8	ПЕ-1	2,70	1,62	15,5	27,9	16,8	4,7	0,020	0,025	0,030
	ПЕ-2	2,76	1,43	8,0	28,0	15,5	5,5	0,008	0,013	0,018
9	ПЕ-1	2,74	1,79	17,0	34,0	18,0	5,1	0,050	0,060	0,080
	ПЕ-2	2,68	1,72	15,6	23,8	17,8	5,9	0,011	0,013	0,016
10	ПЕ-1	2,68	1,82	16,2	24,2	18,0	5,2	0,019	0,027	0,034
	ПЕ-2	2,68	1,57	6,9	32,0	18,0	5,8	0,009	0,018	0,028
11	ПЕ-1	2,70	1,51	8,3	36,0	22,0	5,4	0,048	0,072	0,089
	ПЕ-2	2,68	1,57	6,9	32,0	17,0	6,2	0,008	0,017	0,022
12	ПЕ-1	2,70	1,51	8,3	36,0	22,0	5,0	0,048	0,072	0,089
	ПЕ-2	2,68	1,72	15,6	23,8	17,8	6,4	0,005	0,006	0,009
13	ПЕ-1	2,68	1,82	16,2	24,2	18,0	5,2	0,018	0,023	0,031
	ПЕ-2	2,69	1,80	16,0	24,0	19,0	6,6	0,012	0,016	0,018
14	ПЕ-1	2,69	1,72	14,6	23,1	17,7	5,5	0,019	0,026	0,033
	ПЕ-2	2,70	1,66	17,5	31,0	19,2	6,8	0,008	0,022	0,028
15	ПЕ-1	2,71	1,34	10,3	30,0	21,0	5,6	0,073	0,091	0,109
	ПЕ-2	2,72	1,67	16,4	38,0	22,0	6,6	0,007	0,011	0,018
16	ПЕ-1	2,73	1,45	8,1	26,5	18,5	5,4	0,06	0,08	0,098
	ПЕ-2	2,68	1,56	7,2	31,0	17,2	6,4	0,004	0,013	0,019
17	ПЕ-1	2,73	1,54	8,2	34,0	20,0	5,2	0,058	0,075	0,083
	ПЕ-2	2,68	1,63	11,5	28,1	17,0	6,3	0,009	0,012	0,015
18	ПЕ-1	2,67	1,52	17,1	35,4	21,0	4,8	0,061	0,092	0,102
	ПЕ-2	2,71	1,49	10,5	41,0	25,0	6,1	0,009	0,014	0,021
19	ПЕ-1	2,70	1,62	12,5	47,0	24,0	4,6	0,028	0,039	0,056
	ПЕ-2	2,75	1,75	17,2	33,0	21,0	6,0	0,009	0,013	0,018
20	ПЕ-1	2,76	1,43	8,0	28,0	16,5	5,8	0,071	0,093	0,101
	ПЕ-2	2,74	1,79	16,5	33,0	17,0	6,2	0,007	0,009	0,014
21	ПЕ-1	2,69	1,61	6,7	31,0	16,0	6,0	0,015	0,022	0,027
	ПЕ-2	2,75	1,56	8,3	35,0	22,5	5,8	0,006	0,015	0,020
22	ПЕ-1	2,73	1,61	15,0	27,4	16,5	5,7	0,022	0,027	0,033
	ПЕ-2	2,77	1,48	8,3	27,6	15,4	5,9	0,009	0,014	0,019
23	ПЕ-1	2,73	1,78	17,3	32,6	16,9	5,6	0,031	0,042	0,059
	ПЕ-2	2,69	1,75	15,2	23,1	17,1	6,6	0,012	0,014	0,017
24	ПЕ-1	2,70	1,81	15,2	23,2	18,1	5,1	0,021	0,027	0,033
	ПЕ-2	2,69	1,58	6,5	31,0	18,3	6,4	0,009	0,016	0,025
25	ПЕ-1	2,79	1,58	8,1	39,0	23,1	5,4	0,033	0,052	0,069
	ПЕ-2	2,64	1,52	6,7	35,0	19,5	6,8	0,009	0,014	0,021

Заняття №4. Визначення глибини закладення фундаментів з умови сезонного промерзання ґрунту

Глибина закладення фундаменту d (рис. 3) – це відстань по вертикалі від його підшви (лінія FL) до рівня планування поверхні ґрунту (лінія DL). Глибина закладення приймається з урахуванням багатьох факторів, одним із яких є глибина сезонного промерзання ґрунту

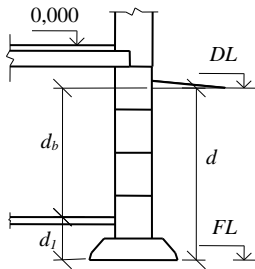


Рис. 3. До визначення глибини закладання фундаменту

Розрахункова глибина промерзання ґрунту визначається за формулою

$$d_f = k_h \cdot d_{fn}, \quad (5)$$

де k_h - коефіцієнт, що враховує вплив теплового режиму споруди, приймають: для зовнішніх фундаментів опалюваних будівель - за таблицею 13; для зовнішніх і внутрішніх фундаментів неопалюваних будівель, а також при зведенні будівлі в зимовий період з негативними температурами – $k_h = 1,1$. (коефіцієнт k_h слід приймати рівним 1,1 для всіх типів будівель - цим враховується ймовірність припинення будівництва на зимовий період).

d_{fn} - нормативна глибина промерзання ґрунту, яка визначається за формулою

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (6)$$

де M_t - безрозмірний коефіцієнт, що чисельно дорівнює сумі абсолютних значень середньомісячних негативних температур за зиму в даному районі (визначають згідно зі ДСТУ-Н Б В.1.1-

27:2010 – див. табл. 14, а за відсутності даних для конкретного району будівництва – за результатами спостережень гідрометеорологічної станції, що знаходиться в аналогічних умовах з районом будівництва);

d_0 - величина, що враховує вид ґрунту і дорівнює, м, для: суглинків і глин – 0,23; супісків, пісків пилуватих та дрібних – 0,28; пісків гравіюватих, крупних та середньої крупності – 0,30; великоуламкових ґрунтів – 0,34. Значення d_0 для ґрунтів неоднорідного складу визначається як середньозважене в межах глибини промерзання.

Таблиця 13. (табл. Г.1 ДБН В.2.1-10-2009)

Коефіцієнт k_h

Особливості споруди	Коефіцієнт k_h при розрахунковій середньодобовій температурі повітря в приміщенні, що примикає до зовнішніх фундаментів, °С				
	0	5	10	15	20 і >
Без підвалу з підлогами, що влаштовують:					
<i>по ґрунту</i>	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
<i>на лагах по ґрунту</i>	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
<i>по утепленому цокольному перекриттю</i>	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
З підвалом чи технічним підпіллям	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
<p>1. Наведені в таблиці 2 значення коефіцієнта k_h відносяться до фундаментів, у яких відстань від зовнішньої грані стіни до краю фундаменту $a_f < 0,5$ м; якщо $a_f \geq 1,5$ м, значення коефіцієнта k_h підвищуються на 0,1, але не більше ніж до значення $k_h=1$; при проміжному розмірі a_f значення коефіцієнта k_h визначають інтерполяцією.</p> <p>2. До приміщень, що примикають до зовнішніх фундаментів, відносяться підвали і технічні підпілля, а за їх відсутності - приміщення першого поверху. 3. При проміжних значеннях температури повітря коефіцієнт k_h приймають з округленням до найближчого меншого значення, зазначеного в таблиці.</p>					

Таблиця 14. (витяг з табл.2 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010)
 Абсолютне значення середньомісячних від'ємних температур за
 зиму по місяцях

Область, місто	зимові місяці			Область, місто	зимові місяці			Область, місто	зимові місяці		
	ХІІ	І	ІІ		ХІІ	І	ІІ		ХІІ	І	ІІ
Вінницька область	-3,4	-6	-5,3	Київська область	-3,5	-5,9	-5,2	Рівненська область	-2,6	-4,6	-3,4
Вінниця	-3,4	-6	-5,3	Київ	-3,5	-5,9	-5,2	Рівне	-2,6	-5,4	-4,4
Волинська область	-2,1	-4,9	-3,9	Кропивницька область	-3,3	-5,6	-5,1	Сумська область	-5,4	-7,9	-7,6
Луцьк	-2,1	-4,9	-3,9	Кропивницький	-3,3	-5,6	-5,1	Суми	-5,4	-7,9	-7,6
Луганська область	-3,8	-6,6	-6,0	АР Крим	+1,5	-1,0	-0,7	Тернопільська область	-2,8	-5,4	-4,4
Луганськ	-3,8	-6,6	-6,0	Джанкой	+0,9	-1,8	-1,3	Тернопіль	-2,8	-5,4	-4,4
Січеславська область	-3,1	-5,4	-4,8	Євпаторія	+2,3	-0,1	-0,1	Харківська область	-4,8	-7,3	-6,9
Дніпро	-3,1	-5,4	-4,8	Сімферополь	+1,5	-1,0	-0,7	Харків	-4,8	-7,3	-6,9
Донецька область	-4,2	-6,6	-6,2	Феодосія	+3,2	+0,6	+0,5	Херсонська область	-0,8	-3,2	-2,6
Донецьк	-4,2	-6,6	-6,2	Ялта	+6,1	+4,0	+3,8	Херсон	-0,8	-3,2	-2,6
Житомирська область	-3,2	-5,7	-4,9	Львівська область	-2,6	-5,0	-4,2	Хмельницька область	-3,0	-5,6	-4,6
Житомир	-3,2	-5,7	-4,9	Львів	-2,6	-5,0	-4,2	Хмельницький	-3,0	-5,6	-4,6
Закарпатська область	+0,1	-3,1	-0,7	Миколаївська область	-1,2	-3,5	-2,8	Черкаська область	-3,5	-5,8	-5,6
Ужгород	+0,1	-3,1	-0,7	Миколаїв	-1,2	-3,5	-2,8	Черкаси	-3,5	-5,8	-5,6
Запорізька область	-2,3	-4,9	-4,2	Одеська область	+0,2	-2,5	-2,0	Чернігівська область	-4,2	-6,7	-6,2
Бердянськ	-1,2	-3,8	-3,5	Любешівка	-2,6	-5,0	-4,2	Чернігів	-4,2	-6,7	-6,2
Запоріжжя	-2,3	-4,9	-4,2	Одеса	+0,2	-2,5	-2,0	Чернівецька область	-2,4	-5,0	-3,5
Івано-Франківська область	-2,4	-5,1	-3,7	Полтавська область	-4,5	-6,9	-6,4	Чернівці	-2,4	-5,0	-3,5
Івано-Франківськ	-2,4	-5,1	-3,7	Полтава	-4,5	-6,9	-6,4				

Приклад 4. Визначити глибину закладення стрічкового фундаменту, в інженерно-геологічних умовах прикладу №1 (або прикладу №2) Піску середньої крупності, середньої щільності, насиченого водою, для міста Рівне.

Глибина закладення фундаменту, виходячи з глибини сезонного промерзання ґрунтів. Розрахункову глибину промерзання ґрунту визначаємо за формулою (5). Коефіцієнт $k_h=1,1$ - враховуємо ймовірність припинення будівництва на зимовий період; d_{fn} - нормативна глибина промерзання ґрунту, яку визначаємо за формулою (6). Коефіцієнт $d_0=0,3\text{м}$ – прийнято як для пісків середньої крупності.

Згідно з табл. 14 для м. Рівне сума абсолютних значень середньомісячних від'ємних температур за зиму становить $M_t = 2,6 + 4,6 + 3,4 = 10,6$. Отже

$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} = 0,3 \sqrt{10,6} = 0,98\text{м}$. Розрахункова глибина промерзання ґрунту становитиме $d_f = 1,1 \cdot 0,98 = 1,07\text{ м}$.

Врахуємо прокладання водогону і каналізації, які проходять крізь стіни підвалу і нижче розрахункової глибини промерзання ґрунту. Таким чином, глибина закладення фундаменту, виходячи з глибини сезонного промерзання ґрунтів становитиме $d = 1,07 + 0,3 = 1,37 \approx 1,4\text{м}$. Приймаємо 1,5 м.

Заняття №5. Визначення розмірів стрічкових фундаментів

Приклад 5. Визначити розміри підшви стрічкового фундаменту, інженерно-геологічні умови прийняті з прикладу №1 (або №2), $\varphi_{II}=35^\circ$, $c_{II}=1$ кПа. глибина закладання фундаменту $d=1,5\text{м}$ (рис.3). Навантаження на рівні планувальної відмітки $n_{II}=240$ кН/м.

Визначаємо попередню ширину фундаменту за формулою прийнявши $R_0=400$ кПа

$$b = \frac{n_{II}}{R_0 - \bar{\gamma}d} = \frac{240,0}{400 - 20 \cdot 1,5} = 0,65\text{м}. \quad (7)$$

Уточнюємо розрахунковий опір ґрунту R

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}], \quad (8)$$

де $\gamma_{cl}=1,4$, $\gamma_{c1}=1,0$ (за табл. 15); $k=1$ (характеристики ґрунту основи визначались безпосереднім випробуванням). $k=1,1$ – якщо вони прийняті з таблиць додатку В ДБН В.2.1-10-2009; $k_z=1$ ($b=0,66<10m$). k_z – коефіцієнт, що приймають: при $b<10m$ – $k_z=1$, при $b\geq 10m$ – $k_z=8/b+0,2$; b – ширина підшви фундаменту, м; M_γ , M_q , M_c , – коефіцієнти, які визначаються за φ_{II} . $M_\gamma=1,68$, $M_q=7,71$, $M_c=9,58$ (з табл. 16 при $\varphi_{II}=35^\circ$); $\gamma_{II}^i=19,3\text{кН/м}^3$ (питома вага ґрунту зворотньої засипки) з табл. 5; $\gamma_{II}=19,3\text{кН/м}^3$ – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підшви фундаменту, (за наявності підземних вод визначають з урахуванням зважувальної дії води); c_{II} – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає безпосередньо під підшвою фундаменту; $d=1,5$ м; $d_I=0,5$ м; $d_b=1,0$ м.

Таблиця 15. (табл. Е.7 ДБН В.2.1-10-2009)
Значення коефіцієнтів γ_{c1} , γ_{c2} ,

Ґрунти	Коефіцієнт γ_{c1}	Коефіцієнт γ_{c2} для споруд із жорсткою конструктивною схемою при відношенні довжини споруди або її відсіку до висоти L/H	
		4 і більше	1,5 і менше
Великоуламкові з піщаним заповнювачем і піщані, крім дрібних і пілуватих	1,4	1,2	1,4
Піски дрібні	1,3	1,1	1,3
Піски пілуваті:			
малого і середнього ступеня водонасичення	1,25	1,0	1,2
насичені водою	1,1	1,0	1,2
Глинисті, а також великоуламкові з глинистим заповнювачем з показником текучості ґрунту або заповнювача: $I_L\leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
Те саме при $0,25<I_L\leq 0,50$	1,2	1,0	1,1
Те саме при $I_L>0,50$	1,1	1,0	1,1

1. До споруд із жорсткою конструктивною схемою відносяться споруди, конструкції яких спеціально пристосовані до сприйняття зусиль від деформацій основ (водонапірні башти, димові труби, тощо).
 2. Для будинків із гнучкою конструктивною схемою значення коефіцієнта γ_{c2} приймають за одиницю. 3. При проміжних значеннях L/H коефіцієнт γ_{c2} приймається за інтерполяцією.

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma}k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}] = \frac{1,4 \cdot 1,0}{1,0} \times \\ \times [1,68 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 19,3 + 7,71 \cdot 0,5 \cdot 19,3 + (7,71 - 1) 1,0 \cdot 19,3 + 9,51 \cdot 1] = 328,3 \text{ кПа.}$$

Перераховуємо ширину стрічкового фундаменту при $R_0 = 328,3$ кПа.

$$b = \frac{240,0}{328,3 - 20 \cdot 1,5} = 0,795 \text{ м.}$$

Приймаємо більшу по ширині типову фундаментну плиту шириною $b = 0,8$ м за ГОСТ 13580-85. Перевіримо виконання умови.

$$p = \frac{n_{II}}{A} + \bar{\gamma} \cdot d = \frac{240}{0,8 \cdot 1,0} + 20 \cdot 1,5 = 330 \text{ кПа. } < R = 335,1 \text{ кПа.}$$

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,0}{1,0} [1,68 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 19,3 + 7,71 \cdot 0,5 \cdot 19,3 + (7,71 - 1) 1,0 \cdot 19,3 + 9,51 \cdot 1] = 335,1 \text{ кПа.}$$

Умова виконується. Остаточо приймаємо фундаментну плиту шириною $b = 0,8$ м за ГОСТ 13580-85.

Таблиця 16. (табл. Е.8 ДБН В.2.1-10-2009)

Значення коефіцієнтів M_{γ} , M_q , M_c ,

Кут внутрішнього тертя φ_{II} , град	Коефіцієнти			Кут внутрішнього тертя φ_{II} , град	Коефіцієнти			Кут внутрішнього тертя φ_{II} , град	Коефіцієнти		
	M_{γ}	M_q	M_c		M_{γ}	M_q	M_c		M_{γ}	M_q	M_c
0	0	1,00	3,14	16	0,36	2,43	4,99	31	1,24	5,95	8,24
1	0,01	1,06	3,23	17	0,39	2,57	5,15	32	1,34	6,34	8,55
2	0,03	1,12	3,32	18	0,43	2,73	5,31	33	1,44	6,76	8,88
3	0,04	1,18	3,41	19	0,47	2,89	5,48	34	1,55	7,22	9,22
4	0,06	1,25	3,51	20	0,51	3,06	5,66	35	1,68	7,71	9,58
5	0,08	1,32	3,61	21	0,56	3,24	5,84	36	1,81	8,24	9,97
6	0,10	1,39	3,71	22	0,61	3,44	6,04	37	1,95	8,81	10,37
7	0,12	1,47	3,82	23	0,69	3,65	6,24	38	2,11	9,44	10,80
8	0,14	1,55	3,93	24	0,72	3,87	6,47	39	2,28	10,11	11,25

9	0,16	1,64	4,05	25	0,78	4,11	6,67	40	2,46	10,85	11,73
10	0,18	1,73	4,17	26	0,84	4,37	6,90	41	2,66	11,64	12,24
11	0,21	1,83	4,29	27	0,91	4,64	7,14	42	2,88	12,51	12,79
12	0,23	1,94	4,42	28	0,98	4,93	7,40	43	3,12	13,46	13,37
13	0,26	2,05	4,55	29	1,06	5,25	7,67	44	3,38	14,50	13,98
14	0,29	2,17	4,69	30	1,15	5,59	7,95	45	3,66	15,64	14,64
15	0,32	2,30	4,84								

Варіанти завдань для самостійної роботи наведені в табл. 17.

Таблиця 17

Варіанти завдань для визначення розмірів підшови фундаментів

№ Варіанта	d , м	d_l , м	d_b , м	Навантаження на рівні планувальної відмітки n_l , кН/м
1	1,8	0,5	1,3	220
2	2,1	0,6	1,5	320
3	2,0	0,5	1,5	180
4	1,5	0,65	0,85	230
5	1,6	0,55	1,05	350
6	1,7	0,8	1,9	190
7	1,8	0,75	1,05	190
8	1,9	0,7	1,2	200
9	2,0	0,55	1,45	300
10	2,1	0,65	1,45	270
11	2,2	0,75	1,45	340
12	1,85	0,5	1,35	230
13	1,95	0,5	1,45	180
14	1,75	0,8	0,95	200
15	2,0	0,6	1,4	260
16	2,1	0,6	1,5	240
17	2,2	0,7	1,5	220
18	1,5	0,65	0,85	190
19	1,6	0,75	0,85	170
20	1,7	0,75	0,95	300
21	1,8	0,6	1,2	210
22	1,9	0,5	1,4	250
23	2,0	0,55	1,45	240
24	2,1	0,55	1,55	180
25	2,2	0,5	1,7	170

Заняття №6. Визначення несучої здатності висячої палі

Для визначення несучої здатності палей F_d застосовують такі методи: ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд; статичні і динамічні випробування палей натурних розмірів; статичне зондування; статичні випробування інвентарних палей.

Несуча здатність висячих палей складається з несучої здатності палі під нижнім кінцем палі та несучої здатності її бічної поверхні (рис. 4) й визначається за формулою

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf_i} f_i h_i), \quad (9)$$

де γ_c – коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті (приймається рівним 1); A – площа поперечного перерізу нижнього кінця палі; R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі (визначається з табл. 18); u – зовнішній периметр поперечного перерізу палі; f_i – розрахунковий опір i -го шару ґрунту основи на бічній поверхні палі (визначається з табл. 19); h_i – товщина i -го розрахункового шару ґрунту (приймається рівною не більше 2 м); γ_{cR} γ_{cf_i} – коефіцієнти умов роботи ґрунту, відповідно під нижнім кінцем і на бічній поверхні палі (для забивних суцільних палей приймаються рівними одиниці).

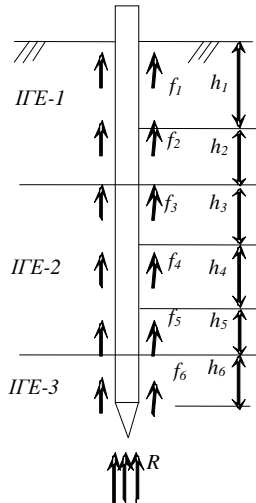


Рис.4. Розрахункові опори ґрунту

Таблиця 18

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі

Глиби-на зану- рення нижньо- го кінця палі, м	Розрахунковий опір під нижнім кінцем забивних палей і пале- оболонки, заглиблених без виймання ґрунту R , кПа						
	пісків середньої щільності						
	граві- юватих	крупних	---	середньої крупності	дріб- них	пилу- ватих	---
	глинистих ґрунтів з показником текучості I_L , що дорівнює						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	$\frac{6600}{4000}$	3000	$\frac{3100}{2000}$	$\frac{2000}{1200}$	1100	600
4	8300	$\frac{6800}{5100}$	3800	$\frac{3200}{2500}$	$\frac{2100}{1600}$	1250	700
5	8800	$\frac{7000}{6000}$	4000	$\frac{3400}{2800}$	$\frac{2200}{2000}$	1300	800
7	9700	$\frac{7300}{6900}$	4300	$\frac{3700}{3300}$	$\frac{2400}{2200}$	1400	850
10	10500	$\frac{7700}{7300}$	5000	$\frac{4000}{3500}$	$\frac{2600}{2400}$	1500	900
15	11700	$\frac{8200}{7500}$	5600	$\frac{4400}{4000}$	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	$\frac{4800}{4500}$	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5000	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

1. Над ризкою даються значення R для піщаних ґрунтів, під ризкою – для глинистих. **2.** В таблицях заглиблення нижнього кінця палі і середню глибину розташування розрахункового шару ґрунту при розплануванні території зрізуванням, підсіпкою, наміванням до 3 м слід приймати від рівня природного рельєфу, а при зрізуванні, підсіпці, наміванні від 3 до 10 м - від умовної позначки, розташованої відповідно на 3 м вище рівня зрізки, або на 3 м нижче рівня підсіпки. **3.** Для проміжних заглиблень палей та проміжних значень показника текучості глинистих ґрунтів значення R і f_i в табл.18 і 19 визначаються інтерполяцією. **4.** Для щільних пісків, ступінь щільності яких визначається за даними статичного зондування, значення R в табл. 18 для палей, заглиблених без використання підмиву або лідерних свердловин, слід збільшити на 100%. Якщо ступінь щільності ґрунту визначалася за даними інших видів інженерних досліджень за відсутності даних статичного зондування, то для щільних пісків

значення R в табл. 4.1 слід збільшити на 60%, але не більше як до 20000 кПа. **5.** Значення розрахункового опору R під нижнім кінцем забивних паль з поперечним перерізом 0,15×0,15м і менше, які використовуються в фундаментах внутрішніх перегородок одноповерхових виробничих будівель, допускається збільшувати на 20%. **6.** Для супісків з числом пластичності $I_p \leq 4$ та коефіцієнтом пористості $e \leq 0,8$ розрахункові опори R і f_i слід визначати як для пілуватих пісків середньої щільності.

Таблиця 19
Розрахунковий опір ґрунту на бічній поверхні палі

Середня глибина розташування шару ґрунту, м	Розрахунковий опір на бічній поверхні забивних паль f_i , кПа									
	пісків середньої щільності									
	крупних і середньої крупності	дрібних	пилуватих	---	---	---	---	---	---	---
	глинистих ґрунтів з показником текучості I_L , що дорівнює									
	$\leq 0,2$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2	
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4	
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5	
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5	
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6	
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6	
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6	
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6	
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6	
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6	
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6	
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7	
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7	

1. При визначенні розрахункового опору ґрунту на бічній поверхні палі f_i з табл. 3. слід урахувати вимоги приміток 2 і 3 до табл. 18. **2.** При визначенні з табл. 19 розрахункових опорів ґрунтів на бічній поверхні палі f_i верстви ґрунту слід розчленувати на однорідні шари товщиною не більше 2 м. **3.** Значення розрахункового опору щільних пісків на бічній поверхні палі f_i слід збільшувати на 30% в порівнянні зі значеннями, даними в табл. 19. Розрахунковий опір супісків і суглинків з коефіцієнтом пористості $e \leq 0,5$ і глин з коефіцієнтом пористості $e \leq 0,6$ слід збільшувати на 15% у порівнянні зі значеннями, наведеними в табл. 19, при різних значеннях показника текучості I_L .

Приклад 6. Визначити розрахунком несучу здатність палі F_d , на забивну залізобетонну палю С 90.30, заглиблену дизель-молотом з дна котловану глибиною $h_k=1,5$ м. Паля прорізає ПЕ-1 Супісок пластичний з $I_L=0,4$, товщиною 3 м; ПЕ-2 суглинок твердий $I_L=0,1$, товщиною 4,5 м і заглиблюється в ПЕ-3 пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою на глибину 1,2 м.

Несучу здатність палі F_d визначаємо за формулою (9)

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf,i} f_i h_i) =$$

$$= 1,0(1,0 \cdot 4016 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 417,84) = 862,85 \text{ кН}$$

де $\gamma_c=1,0$; $\gamma_{cR}=1,0$; $\gamma_{cfi}=1,0$; $A=0,3 \cdot 0,3=0,09 \text{ м}^2$; $u=4 \cdot 0,3=1,2 \text{ м}$; $\gamma_{cR}=1,0$; $R=4016 \text{ кПа}$ (за табл. 18 для піску середньої крупності, середньої щільності і 10,2 м (табл. 20)).

Допоміжні розрахунки в визначення граничного опору ґрунту на бічній поверхні палі виконуємо в табличній формі (табл.20) попередньо розбивши ПЕ на розрахункові шари $h_i \leq 2$ м.

Таблиця 20

До розрахунку несучої здатності палі

Назва ПЕ	Товщи на ПЕ, м		Товщина розрахункового шару h_i , м	Середня глибина залягання розрахункового шару, м	f_{is} , кПа	γ_{cfi}	$h_i f_i \gamma_{cfi}$, кПа·м
супісок пластичний $I_L=0,4$.	4,5		2,0	2,5	23	1,0	46
			1,0	4,0	27	1,0	27
			2,00	5,5	57	1,0	114
суглинок твердий $I_L=0,10$.	4,5		2,00	7,5	61	1,0	122
			0,5	8,75	63,13	1,0	31,56
			1,20	9,6	64,4	1,0	77,28
пісок середньої крупності, середньої щільності	1,2	ПН 90.30					
						Σ	417,84

Варіанти завдань для самостійної роботи наведені в табл. 21.

Таблиця 21

Варіанти завдань для визначення несучої здатності палі

№ Ва-ріанта	h_k , м	Паля	ІГЕ-1, товщина	ІГЕ-2, товщина	ІГЕ-3, товщина
1	1,8	ПН 90.30	Супісок пластичний $I_f=0,5$; 2,5 м	Пісок дрібний, серед - ньої щільності; 4,5 м	Глина напівтверда $I_f=0,1$; 1,7 м
2	2,1	ПН 80.30	Суглинок напівтвердий $I_f=0,15$; 2,7 м	Супісок пластичний $I_f=0,3$; 4,3 м	Пісок середньої круп- ності, щільний; 0,7 м
3	2,0	ПН 80.30	Пісок пілуватий, середньої щільності; 2,1 м	Глина напівтверда $I_f=0,15$; 4,2 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 1,4 м
4	1,5	ПН 90.35	Супісок пластичний $I_f=0,1$; 2,8 м	Пісок дрібний, щільний; 4,5 м	Пісок середньої, круп- ності щільний; 1,4 м
5	1,6	ПН 90.40	Глина текучопластична $I_f=0,85$; 2,2 м	Суглинок напівтвердий $I_f=0,1$; 5,0 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 1,5 м
6	1,7	ПН 70.25	Пісок пілуватий, щільний; 2,1 м	Пісок середньої круп- ності, щільний; 4,1 м	Глина напівтверда $I_f=0,1$; 0,5 м
7	1,8	ПН 80.30	Суглинок напівтвердий $I_f=0,1$; 2,7 м	Пісок пілуватий, серед- ньої щільності; 4,1 м	Пісок дрібний, серед - ньої щільності; 0,9 м
8	1,9	ПН 80.35	Пісок пілуватий, щільний; 2,2 м	Супісок пластичний $I_f=0,2$; 4,7 м	Пісок крупний, серед- ньої щільності; 0,8 м
9	2,0	ПН 70.40	Супісок пластичний $I_f=0,4$; 2,1 м	Глина текучоплас- тична $I_f=0,95$; 4,1 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 0,5 м
10	2,1	ПН 90.30	Пісок крупний, середньої щільності; 2,5 м	Глина напівтверда $I_f=0,25$; 4,5 м	Пісок дрібний, щільний; 1,7 м
11	2,2	ПН 100.30	Пісок пілуватий, щільний; 3,0 м	Супісок пластичний $I_f=0,6$; 6,0 м	Пісок крупний, серед- ньої щільності; 0,7 м
12	1,85	ПН 100.35	Суглинок напівтвердий $I_f=0,25$; 3,5 м	Пісок пілуватий, серед- ньої щільності; 5,5 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 0,7 м
13	1,95	ПН 110.35	Пісок дрібний, середньої щільності; 4,0 м	Супісок пластичний $I_f=0,25$; 5,7 м	Пісок пілуватий, се- редньої щільності; 1 м
14	1,75	ПН 110.40	Глина текучопластична $I_f=1,0$; 3,5 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 5,2 м	Глина напівтверда $I_f=0,2$; 2,0 м
15	2,0	ПН 120.35	Супісок пластичний $I_f=0,35$; 4,0 м	Пісок дрібний, щільний; 6,0 м	Пісок крупний, серед- ньої щільності; 1,7 м
16	2,1	ПН 120.40	Пісок пілуватий, щільний; 3,8 м	Суглинок напівтвердий $I_f=0,18$; 5,9 м	Пісок дрібний, щільний; 2,0 м
17	2,2	ПН 100.30	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 3,2 м	Супісок пластичний $I_f=0,55$; 5,5 м	Пісок пілуватий, се- редньої щільності; 1 м
18	1,5	ПН 110.30	Супісок пластичний $I_f=0,45$; 3,5 м	Пісок дрібний, щільний; 5,2 м	Пісок дрібний, щільний; 2,0 м
19	1,6	ПН 100.35	Суглинок напівтвердий $I_f=0,05$; 2,2 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 5,8 м	Глина напівтверда $I_f=0,2$; 1,7 м
20	1,7	ПН 100.40	Глина текучопластична $I_f=0,76$; 3,0 м	Глина напівтверда $I_f=0,15$; 6,0 м	Пісок дрібний, серед- ньої щільності; 0,7 м
21	1,8	ПН 90.35	Пісок пілуватий, щільний; 2,7 м	Супісок пластичний $I_f=0,5$; 4,5 м	Глина тверда $I_f=$ - 0,15; 1,5 м
22	1,9	ПН 90.40	Супісок пластичний $I_f=0,15$; 2,1 м	Пісок пілуватий, серед- ньої щільності; 5,1 м	Пісок крупний, серед- ньої щільності; 1,5 м
23	2,0	ПН 110.30	Пісок дрібний, щільний; 3,2 м	Глина текучоплас- тична $I_f=0,9$; 5,5 м	Глина напівтверда $I_f=0,25$; 2,0 м
24	2,1	ПН 120.30	Суглинок напівтвердий $I_f=0,23$; 4,0 м	Супісок пластичний $I_f=0,15$; 5,7 м	Пісок дрібний, щільний; 2,0 м

Список використаної літератури

1. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Грунти. Класифікація. [Чинний від 1997-01-01]. Київ, 1996. 61 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.1-10-2009, зміна 1. «Основи та фундаменти споруд». [Чинний від 2011-01-01]. Київ, 2010. 49 с. (Інформація та документація).
3. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. [Чинний від 2010-01-01]. Київ, 2009. 78 с. (Інформація та документація).
4. ДСТУ Б В.2.6.-65:2008 «Палі залізобетонні». [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2008. 32 с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-01-01]. Київ, 2010. 28 с. (Інформація та документація).
6. Бабич Є. М., Крись Ю. А. Механіка ґрунтів, основ та фундаментів: навч. посіб. Рівне : РДТУ, 2001. 367 с.
7. Крись Ю. О. Основи та фундаменти : Практикум : навч. посібник. Вид. 2-ге, перероб. та доп. Рівне : НУВГП, 2019. 247 с.
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/14954>.
8. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів. Основи і фундаменти / Зоценко М. Л., Коваленко В. І., Хілобок В. Г., Яковлев А. В. Київ : Вища школа, 1992. 550 с.
9. Федорчук Г. Ф., Фурсович М. О., Жеребят'єв О. В. Механіка ґрунтів. Лабораторний практикум. Рівне : НУВГП, 2016. 129 с.
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1904>.