

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до проведення практичних робіт і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МЕХАНІКА ҐРУНТІВ І ОСНОВИ ФУНДАМЕНТОБУДУВАННЯ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Методичні рекомендації до проведення практичних робіт і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Механіка ґрунтів та основи фундаментобудування» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Гаврилюк, В. А. Александрович, Ю. І. Кобзар. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 66 с.

Укладачі: ст. викл. О. В. Гаврилюк,
канд. техн. наук, доц. В. А. Александрович,
канд. техн. наук, доц. Ю. І. Кобзар

Рецензент

Г. М. Левенко, кандидат технічних наук, провідний інженер Bauingenieure
Büro ITT Portconsult GmbH

Рекомендовано кафедрою геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва, протокол № 7 від 23.05.2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Практична робота.....	5
Практична робота 1 Побудова інженерно-геологічного розрізу.....	5
Практична робота 2 Визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів та складання зведеної таблиці.....	9
Практична робота 3 Визначення глибини закладання фундаменту.....	16
Практична робота 4 Розрахунок розмірів ширини підшви фундаменту на природній основі.....	22
Практична робота 5 Визначення напружень у ґрунтовій товщі при дії місцевого рівномірно розподіленого навантаження.....	28
Практична робота 6 Визначення напружень у ґрунтовій товщі в умовах плоского завдання.....	30
Практична робота 7 Визначення напружень у ґрунтовій товщі від власної ваги ґрунту.....	34
Практична робота 8 Розрахунок осідання фундаменту.....	35
Практична робота 9 Розрахунок несучої здатності палі.....	40
Практична робота 10 Стійкість схилу та укосу.....	46
Практична робота 11 Розрахунок фундаментів в особливих ґрунтових умовах.....	50
Практична робота 12 Визначення напрямку, швидкості та дійсної швидкості фільтрації підземних вод.....	54
2 Самостійна робота.....	58
Список рекомендованих джерел.....	64

ВСТУП

З метою практичного закріплення теоретичних положень деяких розділів дисципліни «Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування» для здобувачів спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології відповідно до робочих та навчальних програм передбачено виконання низки практичних робіт.

Методичні рекомендації складені у відповідності із практикою проведення цих занять у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова та призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології.

Основним завданням методичних рекомендацій є надання допомоги студентам у виконанні практичних робіт і самостійної роботи з дисципліни «Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування».

В розділі 1 наведено рекомендації до виконання практичних робіт. Практична робота вважається виконаною, якщо здобувач надав викладачеві робочий зошит з усіма розрахунками, схемами, графіками та кресленнями, а також відповів на низку теоретичних питань щодо відповідної тематики.

В розділі 2 наведено рекомендації до організації самостійна роботи.

1 ПРАКТИЧНА РОБОТА

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

ПОБУДОВА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗРІЗУ

Мета практичної роботи – побудувати інженерно-геологічний розріз та виділити інженерно-геологічні елементи.

Геологічний розріз – це проекція геологічних структур на вертикальну площину.

На геологічному розрізі мають бути наведені можливі дані: вік, склад породи, потужність шарів, умови залягання, гідрогеологічні умови.

Для інженерної геології застосовують спеціальні типи розрізів – інженерно-геологічні. Основна відмінність від геологічних у тому, що замість шарів у них відбивають залягання інженерно-геологічних елементів (далі – ІГЕ). Це найважливіший параметр, який враховує ще й властивості ґрунтів. ІГЕ поєднує в собі вік, літологічний (речовий) склад ґрунтів та фізико-механічні властивості. Вони вважаються однаковими у межах ІГЕ.

За даними буріння чотирьох розвідувальних свердловин необхідно збудувати інженерно-геологічний розріз. Відстань між свердловинами 50 м. Масштаби розрізу: горизонтальний 1 : 1000; вертикальний 1 : 100. Свердловини на розрізі розташовані зліва направо у порядку зростання номерів.

Для виконання практичної роботи необхідно мати: міліметровий папір формату А3, лінійку довжиною 25–30 см, простий олівець, ручку з стрижнем чорного та синього кольорів.

Алгоритм побудови інженерно-геологічного розрізу:

1. Будується шкала відстаней. Вона являє собою три горизонтальні рядки висотою 1 см. У рядку «Відстань між свердловинами» відзначаються положення свердловин на інженерно-геологічному розрізі, що будується (за умовою завдання відстань між свердловинами становить 50 м у масштабі 1 : 1000). Над цими точками будуються тонкі вертикальні лінії на висоту розрізу, які

позначають осі свердловин. У рядку «Номер свердловини» вказується номер свердловини, а в рядку «Абсолютні відмітки гирла свердловин» під осями свердловин наносяться значення абсолютних позначок гирла свердловин.

2. Будується шкала позначок. Проглядаються всі свердловин із завдання. В них аналізуються абсолютні позначки гирла свердловин і вибирається максимальна позначка. Ця максимальна позначка округлюється у велику сторону до цілого числа метрів (наприклад, 118,3 м округлюється до 119 м). Отримана відмітка буде максимальною на розрізі, за мінімальну відмітку приймаємо 0.

3. Враховуючи вертикальний масштаб побудови (1 : 100), шкала позначок (у прикладі) матиме висоту 12 см. Вона розташовується ліворуч і праворуч від розрізу і фарбується через 1 см, на ній відзначаються висотні позначки.

4. Будується інженерно-геологічний розріз. На осях свердловин, позначених тонкими лініями, наносяться абсолютні позначки гирла свердловин. Отримані точки з'єднуються від руки. При цьому лінія проводиться за крайні свердловини на 0,5–1,0 см. Так буде позначено денну поверхню. Потім на осях свердловин відкладаються позначки підосви першого від поверхні геологічного шару. Отримані точки також з'єднуються від руки і лінія підосви проводиться за свердловини на 0,5–1,0 см.

У шарі на розрізі зазначають:

- генезис та вік породи;
- наносять цифри відміток підосви шару у кожній свердловині (ліворуч) та абсолютні позначки підосви шару (праворуч);
- умовне штрихування гірської породи, що складає шар (рис. 1.1).

Аналогічно ведеться побудова другого, третього та інших геологічних шарів на розрізі. Якщо в одній свердловині є дана порода, а в сусідній відсутня, це означає, що в інтервалі між свердловинами вона виклинюється.

Позначки рівнів ґрунтових вод у сусідніх свердловинах з'єднують пунктирною лінією. Наносять цифрами глибини залягання ґрунтових вод у кожній свердловині (ліворуч) та абсолютні позначки ґрунтових вод (праворуч).

Свердловини відзначаються жирними лініями. Найнижчий на розрізі геологічний шар будується на 1 см нижче забоїв свердловин і окреслюється знизу пунктиром.

Оформляється геологічний розріз наступним чином. Наноситься напис по центру «Інженерно-геологічний розріз I–I», масштаб горизонтальний 1 : 1000, масштаб вертикальний 1 : 100; праворуч умовні позначення від побудованого розрізу; у правому нижньому куту – ПБ здобувача, група.

Інженерно-геологічний розріз

МГ 1 : 1000; МВ 1 : 100

∞

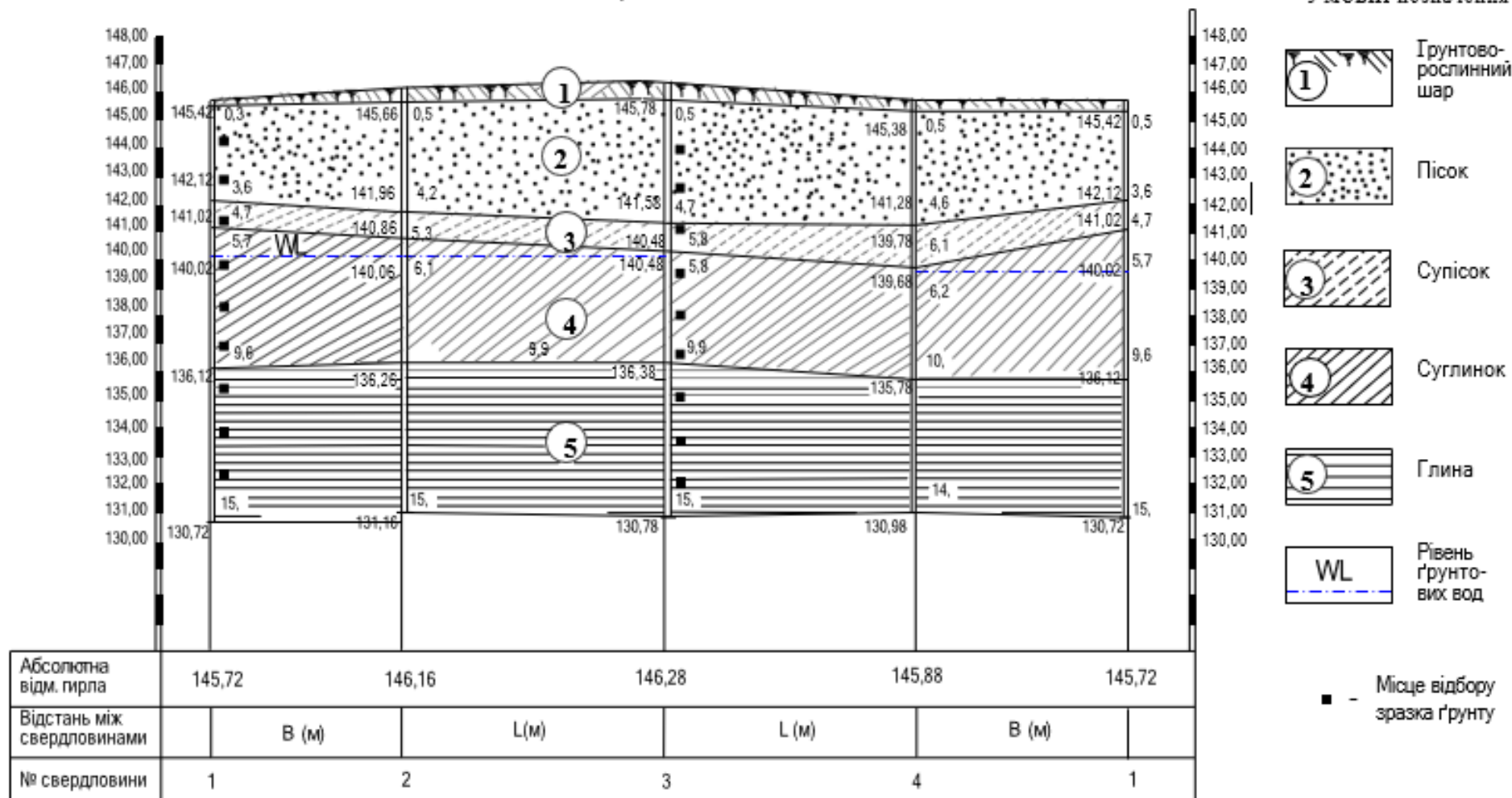


Рисунок 1.1 – Інженерно-геологічний розріз

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТІВ ТА СКЛАДАННЯ ЗВЕДЕНОЇ ТАБЛИЦІ

Зведену таблицю літологічного складу та фізико-механічних характеристик ґрунтів складаємо на підставі фізичних характеристик, прийнятих за вихідними даними та розрахункових, а також механічних характеристик, що визначаються за таблицями нормативної літератури (табл. 1.1).

Фізичні характеристики, що визначаються дослідним шляхом:

- вологість ґрунтів, w , % або в у. о.;
- питома вага ґрунту, g , кН/м³;
- питома вага частинок, g_s , кН/м³;
- вологість на межі розкочування, w_p , %;
- вологість на межі текучості, w_L , %.

Фізичні характеристики, що визначаються розрахунком:

- питома вага сухого ґрунту, $g_d = \frac{\gamma}{1+w}$, кН/м³;
- коефіцієнт пористості, $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$;
- поруватість, $n = (1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}) 100$, %;
- питома вага ґрунту, зваженого у воді, $g_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e}$, кН/м³;
- число пластичності, $I_p = w_L - w_p$, %.
- показник течійності, $I_L = \frac{w-w_p}{I_p}$;
- ступінь вологості, $S_r = \frac{w \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w}$,

де w – значення вологості, підставляються у частках одиниці;

g_w – питома вага води, рівна 10 кН/м³.

У процесі розрахунку фізичних характеристик ґрунтів має бути виконано їх класифікацію:

- пилувато-глинистих ґрунтів за видом згідно з таблицею 1.2;
- піщаних ґрунтів по вмісту води згідно з таблицею 1.3;
- пилувато-глинистих ґрунтів по консистенції згідно з таблицею 1.4;
- піщаних ґрунтів за щільністю складу згідно з таблицею 1.5.

Таблиця 1.2 – Класифікація пилувато-глинистих ґрунтів за видом

Тип пилувато-глинистих ґрунтів	Число пластичності I_p , %
Супісок	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинки	$7 < I_p \leq 17$
Глини	$I_p > 17$

Таблиця 1.3 – Класифікація піщаних ґрунтів за вмістом води

Різновиди крупноуламкових і піщаних ґрунтів за ступенем вологості	Ступінь вологості, S_r
Маловологі	$0 < S_r \leq 0,5$
Вологі	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насичені водою	$0,8 < S_r \leq 1$

Таблиця 1.4 – Класифікація пилувато-глинистих ґрунтів за консистенцією

Різнovid ґрунтів	Показник текучості (J_L)
Супісок: – твердий; – пластичний; – течійний	<0 0–1 >1
Суглінки и глини: – тверді; – напівтверді; – тугопластичні; – м'якопластичні; – течійнопластичні; – течійні	<0 0–0,25 0,25–0,50 0,50–0,75 0,75–1 >1

Таблиця 1.5 – Класифікація піщаних ґрунтів за щільністю складу

Вид пісків	Щільність складу		
	щільні	середньої щільності	рихлі
За коефіцієнтом поруватості e			
Піски гравелисті, крупні і середньої крупності	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,7$
Піски дрібні	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Піски пилюваті	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Механічні характеристики

Визначення механічних характеристик c_n , φ , E (нормативне значення) ґрунтів здійснюємо у відповідності з вимогами [2] таблиць, наведених нижче, в тому числі:

1) піщаних ґрунтів:

- питоме зчеплення c_n , кПа, кут внутрішнього тертя φ , град та модуль деформації, E , МПа згідно з таблицею 1.6;
- умовний розрахунковий опір ґрунтів, R_o , кПа, згідно з таблицею 1.7;
- пилювато-глинистих ґрунтів;
- питоме зчеплення c_n , кПа і кут внутрішнього тертя φ , град, згідно з таблицею 1.9;
- модуль деформації, E , МПа, згідно з таблицею 1.10;
- умовний розрахунковий опір ґрунтів, R_o , кПа, згідно з таблицею 1.8.

Таблиця 1.6 – Нормативні механічні характеристики c_n , φ , E для піщаних ґрунтів

Піски	Позначення характеристик ґрунтів	Характеристики ґрунтів при коефіцієнті пористості e			
		0,45	0,55	0,65	0,75
1	2	3	4	5	6
Гравелисті і крупні	c_n	2	1	–	–
	φ_n	43	40	38	–
	E	50	40	30	–

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6
Середньої крупності	c_n	3	2	1	–
	φ_n	40	38	35	–
	E	50	40	30	–
Дрібні	c_n	6	4	2	–
	φ_n	38	36	32	28
	E	48	38	28	18
Пилуваті	c_n	8	6	4	2
	φ_n	36	34	30	26
	E	39	28	18	11

Таблиця 1.7 – Умовний розрахунковий опір піщаних ґрунтів

Піски	Значення R_0 , кПа, залежно від щільності пісків	
	щільні	середньої щільності
Крупні	600	500
Середньої крупності	500	400
Дрібні :		
– малого ступеня вологості;	400	300
– середнього ступеня вологості і насичені водою	300	200
Пилуваті :		
– малого ступеня вологості;	300	250
– середнього ступеня вологості;	200	150
– насичені водою	150	100

Таблиця 1.8 – Умовний розрахунковий опір пилувато-глинистих ґрунтів

Глинисті ґрунти	Коефіцієнт поруватості, e	Значення R_0 , кПа, при показнику течійності ґрунту	
		$I_L = 0$	$I_L = 1$
Супіски	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глини	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

У розрахунках основ і фундаментів за деформаціями ґрунтові характеристики позначаються: ρ_{II} , γ_{II} , φ_{II} , c_{II} тощо, які розрахункові значення допускається приймати рівними нормативним.

Таблиця 1.9 – Нормативні механічні характеристики c_n , φ_n , для пілувато-глинистих ґрунтів

Найменування ґрунтів і межі нормативних значень їх показника течійності		Позначення характеристик ґрунтів	Характеристики ґрунтів при коефіцієнті поруватості e						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супіски	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21	17	15	13	–	–	–
		φ_n	30	29	27	24	–	–	–
	$0,25 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	19	15	13	11	9	–	–
		φ_n	28	26	24	21	18	–	–
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	47	37	31	25	22	19	–
		φ_n	26	25	24	23	22	20	–
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	c_n	39	34	28	23	18	15	–
		φ_n	24	23	22	21	19	17	–
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	–	–	25	20	16	14	12
		φ_n	–	–	19	18	16	14	12
Глини	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	–	81	68	54	47	41	36
		φ_n	–	21	20	19	18	16	14
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	c_n	–	–	57	50	43	37	32
		φ_n	–	–	18	17	16	14	11
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	–	–	45	41	36	33	29
		φ_n	–	–	15	14	12	10	7

Таблиця 1.10 – Нормативні механічні характеристики e для пилувато-глинистих ґрунтів

Походження і вік ґрунтів		Найменування ґрунтів і межі нормативних значень їх показника течійності I_L		Модуль деформації E , МПа, при коефіцієнті поруватості e										
				0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,6
Четвертинні відклади	Алювіальні, делювіальні, озерні, озерно-алювіальні	Супіски	$0 \leq I_L \leq 0,75$	–	32	24	16	10	7	–	–	–	–	–
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	–	34	27	22	17	14	11	–	–	–	–
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	–	32	25	19	14	11	8	–	–	–	–
			$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	–	–	–	17	12	8	6	5	–	–	–
		Глини	$0 \leq I_L \leq 0,25$	–	–	28	24	21	18	15	12	–	–	–
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	–	–	–	21	18	15	12	9	–	–	–
			$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	–	–	–	–	15	12	9	7	–	–	–
	Флювіо-гляціальні	Супіски	$0 \leq I_L \leq 0,75$	–	33	24	17	11	7	–	–	–	–	–
		Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	–	40	33	27	21	–	–	–	–	–	–
			$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	–	35	28	22	17	14	7	–	–	–	–
			$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	–	–	–	17	13	10	–	–	–	–	–
	Моренні	Супіски Суглинки	$I_L \leq 0,5$	60	50	40	–	–	–	–	–	–	–	–
	Юрські відклади оксфордського ярусу	Глини	$-0,25 \leq I_L \leq 0$	–	–	–	–	–	–	–	27	25	22	–
$0 \leq I_L \leq 0,25$			–	–	–	–	–	–	–	24	22	19	15	–
$0,25 \leq I_L \leq 0,5$			–	–	–	–	–	–	–	–	–	16	12	10

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАЛЯГАННЯ ФУНДАМЕНТУ

Глибина залягання фундаменту на природній основі повинна прийматися на підставі вимог [3, 5], виходячи з таких основних моментів:

- призначення і конструктивних особливостей споруджуваної споруди (наявності підвалу, уніфікованих особливостей збірних елементів фундаментів, модульності частин монолітних фундаментів та ін.) d_k , навантажень і впливів на фундаменти;
- рельєфу існуючого і після інженерної підготовки території забудови;
- інженерно-геологічних умов майданчика будівництва (фізико-механічних властивостей ґрунтової основи);
- мінімальної величини глибини закладання фундаментів, $d_{min} = 0,5$ м;
- гідрогеологічних умов майданчика будівництва;
- розрахункова глибина сезонного промерзання ґрунтів d_f .

Визначення розрахункової глибини сезонного промерзання ґрунту

Розрахункову глибину сезонного промерзання ґрунту визначити згідно з формулою

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} ,$$

де d_{fn} – нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту;

k_h – коефіцієнт, що враховує вплив теплового режиму споруди.

Значення коефіцієнта k_h визначаємо за таблицею 1.11. Щоб скористатися цією таблицею, необхідно знати конструкцію підлоги та нормативний температурний режим першого поверху або підвального приміщення.

Таблиця 1.11 – 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 більше
Без підвалу з підлогами, що влаштовують :					
– по ґрунту;	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
– на лагах по ґрунту;	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
– по утепленому цокольному перекриттю	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

Величину нормативної глибини сезонного промерзання ґрунту – d_{fn} можна визначити за формулою

$$d_{fn} = d_o \cdot \sqrt{|M_t|},$$

де d_o – величина, що залежить від виду ґрунту, розташованого під подошвою фундаменту, що проектується і прийнята для суглинків – 0,23 м; супісків, пісків дрібних та пілуватих – 0,28 м; пісків гравелистих, великих та середньої крупності – 0,3 м; великоуламкових ґрунтів – 0,34 м. Якщо ґрунтовий шар, розташований під подошвою фундаменту, слід прийняти попередньо шар, що залягає на глибині: – 2 м (для безпідвальних будівель) і 4 м (для будівлі, або його частини, що мають підвал);

M_t – безрозмірний коефіцієнт, що чисельно дорівнює сумі абсолютних значень середньомісячних негативних температур за зимовий період у районі будівництва, визначаємо за [4], а за відсутності даних для конкретного району будівництва – за результатами спостережень гідрометеорологічної станції, що знаходиться в аналогічних умовах з районом будівництва.

Врахування конструктивних особливостей будівлі

На цьому етапі здійснюємо попереднє конструювання фундаментів у вертикальному розрізі. Тип та розміри фундаменту приймаємо залежно від конструктивних особливостей надземної частини будівлі, об'ємно-планувальних рішень щодо підземної частини, діючих сортаментів збірних елементів фундаментів, вимог до модульності розмірів окремих частин монолітних фундаментів, розташування рівня горизонтальної гідроізоляції та підлоги підвалу щодо підшови фундаменту та ін. Орієнтовне конструювання можна виконати відповідно до рисунків 1.2–1.6.

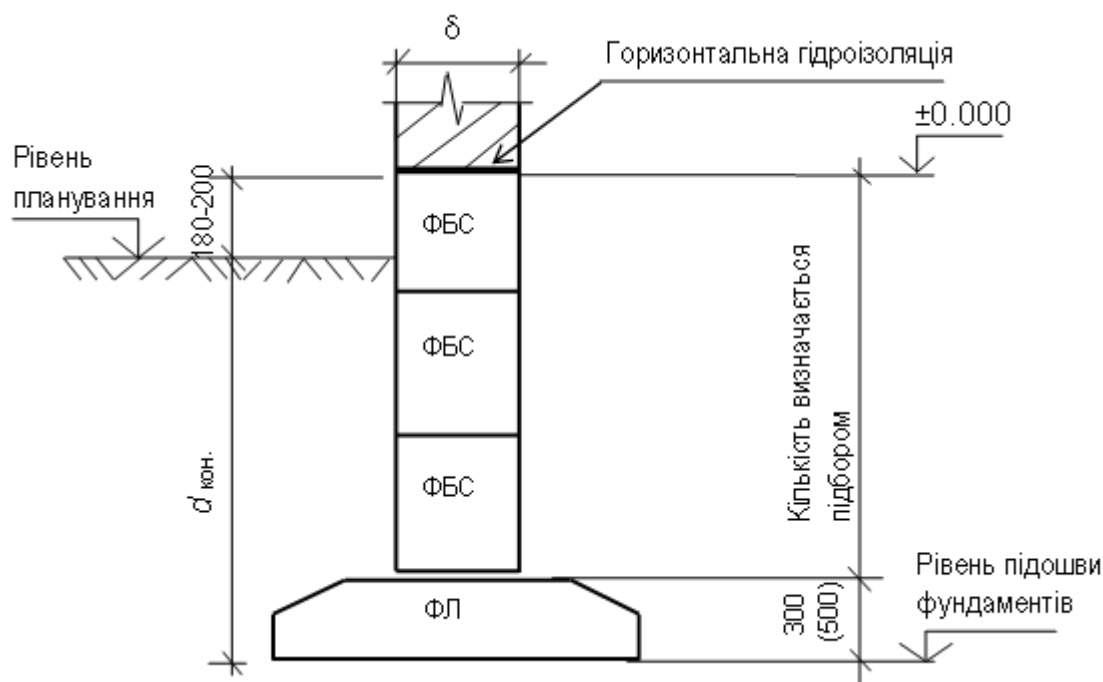


Рисунок 1.2 – Попереднє конструювання стрічкового фундаменту (збірний, без підвалу)

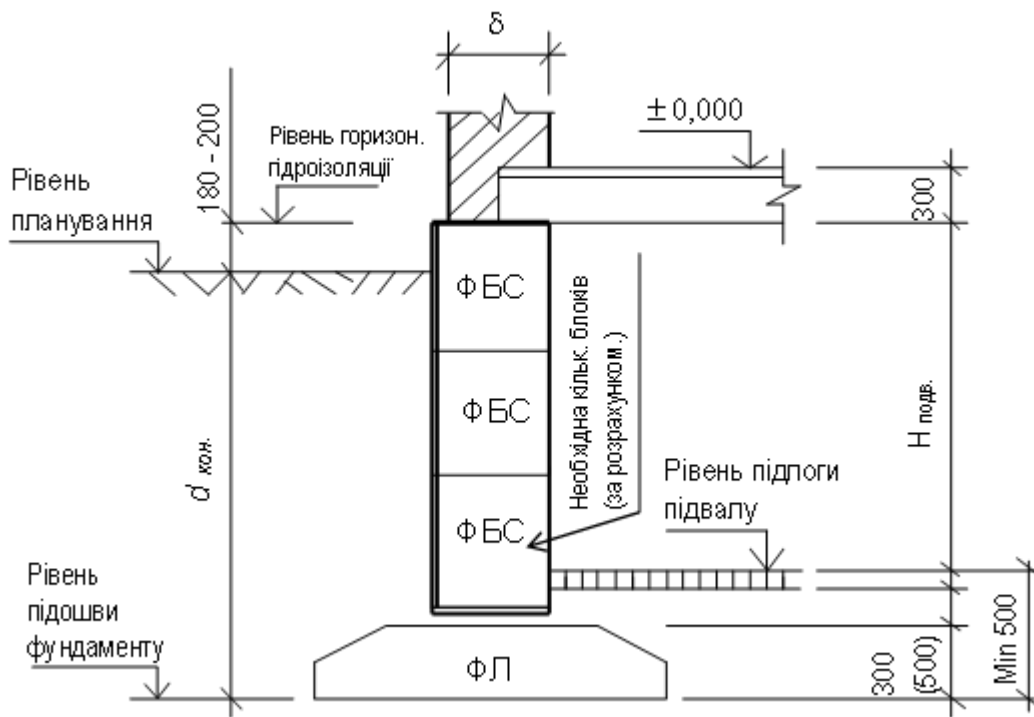


Рисунок 1.3 – Попереднє конструювання стрічкового фундаменту (збірний, із підвалом)

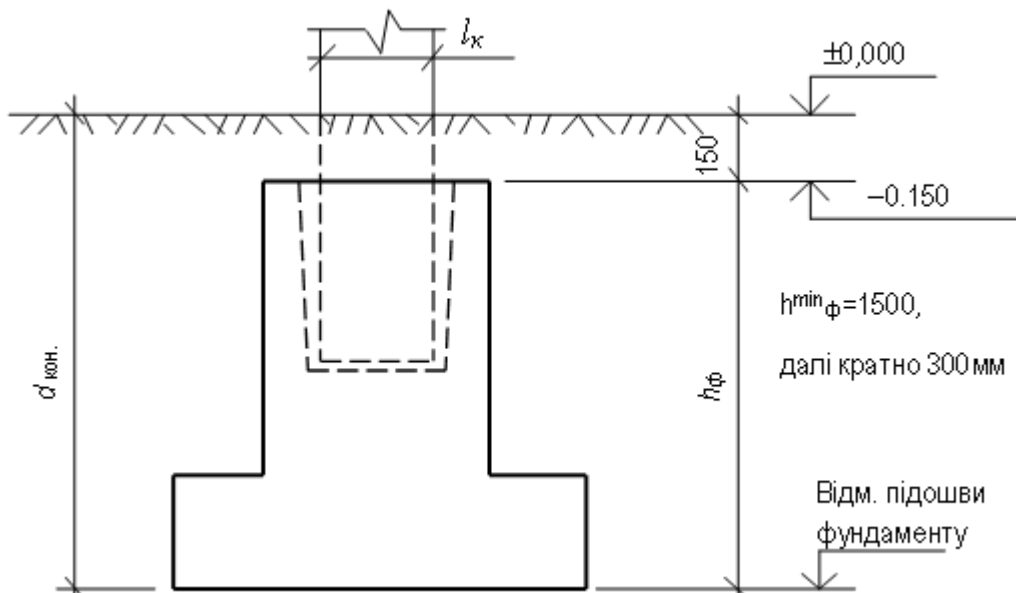


Рисунок 1.4 – Попереднє конструювання окремого (стовпчастого), монолітного фундаменту під збірну залізобетонну колону (без підвалу)

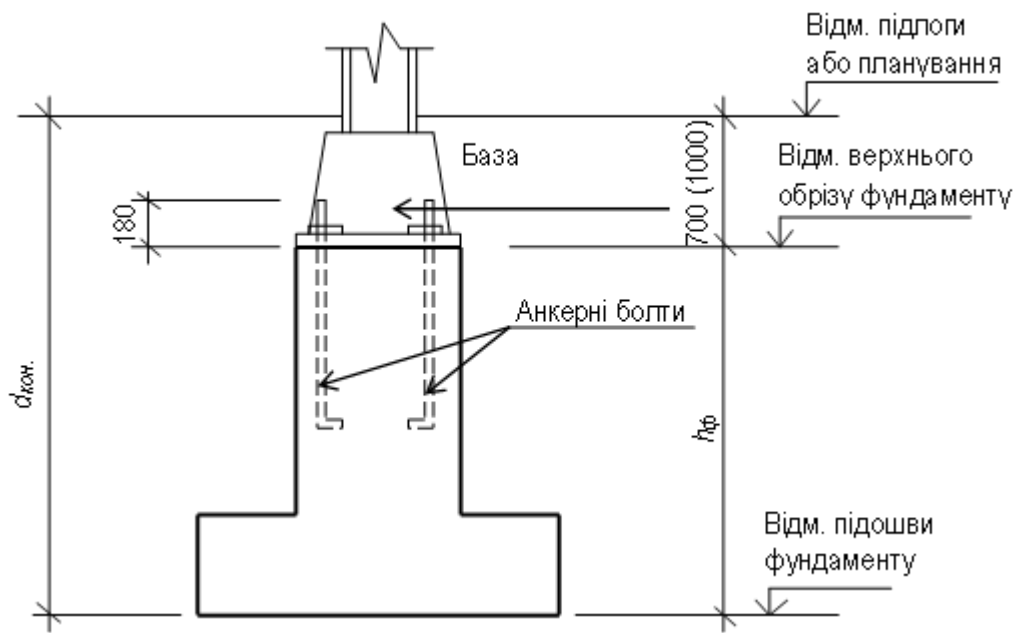


Рисунок 1.5 – Попереднє конструювання окремого (стовпчастого), монолітного фундаменту під металеву колону (без підвалу)

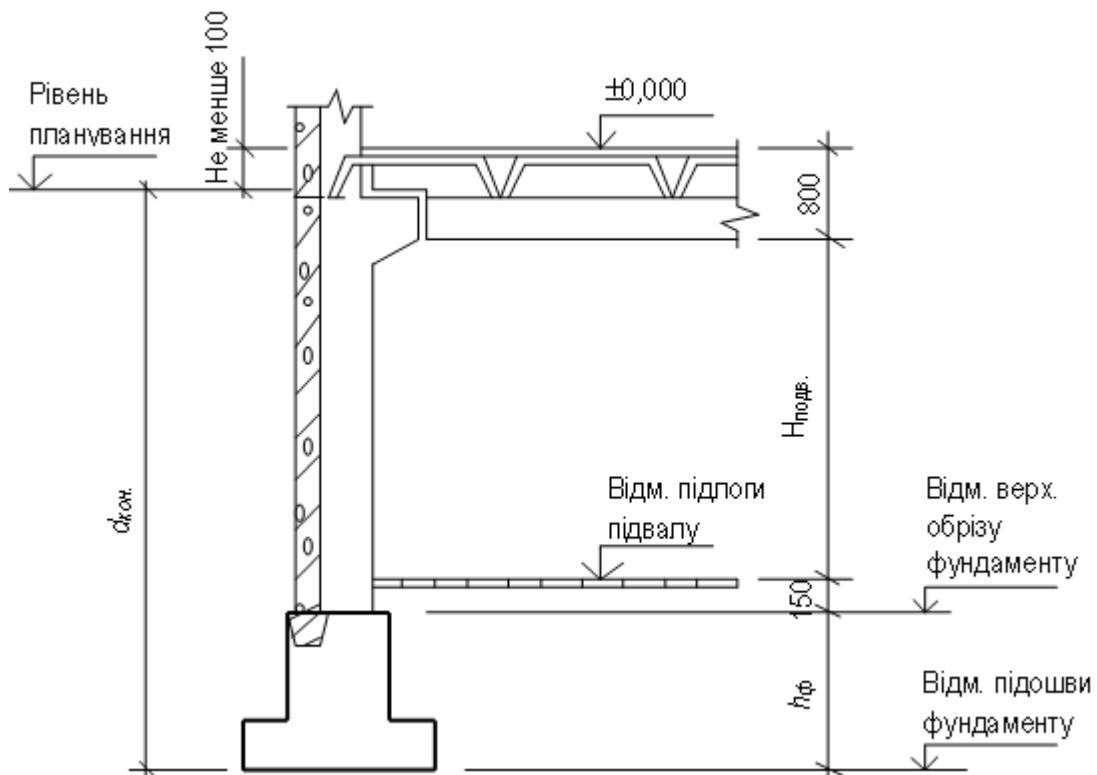


Рисунок 1.6 – Попереднє конструювання окремого (стовпчастого), монолітного фундаменту під збірну залізобетонну колону (з підвалом)

Величина глибини закладання фундаменту повинна бути більше будь-якого з знайдених значень: d_f , $d_{\text{кон.}}$, d_{min} ; тобто повинна виконуватись така умова:

$$d > d_f > d_{\text{кон.}} > d_{\text{min.}}$$

Таблиця 1.12 – Перелік ґрунтів, не рекомендованих для використання як природну основу

№ з/п	Вид ґрунту, стан	Причина
1	Гумусовані ґрунти (ґрунт, культурний шар)	Схильні до біохімічного розкладання, сильно стискаються
2	Органогенний ґрунт (торф, мул, сапропель)	Схильні до біохімічного розкладання, сильно стискаються
3	Просадні ґрунти	Здатність до наднормативних нерівномірних просідань
4	Сильно стисливі ґрунти з $E < 5$ МПа	Здатність до істотних усадок
5	Пухкі піски з коефіцієнтом поруватості $e > 0,8$	Здатність до істотних усадок
6	Розуцільнені ґрунти з $g < 16,5$ кН/м ³	Здатність до істотних усадок
7	Пливуни	Маломіцні ґрунти
8	Ґрунти пилувато-глинисті, течійнопластичної та течійної консистенції с $I_L > 0,75$	Маломіцні ґрунти
9	Насипні ґрунти, що містять будівельне сміття	Здатність до наднормативних нерівномірних усадок

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ШИРИНИ ПІДОШВИ ФУНДАМЕНТУ НА ПРИРОДНІЙ ОСНОВІ

Вихідні дані:

- навантаження на фундамент N_{II} , M_{II} , T_{II} ;
- попередня розрахункова схема фундаменту (з урахуванням прийнятої величини d).

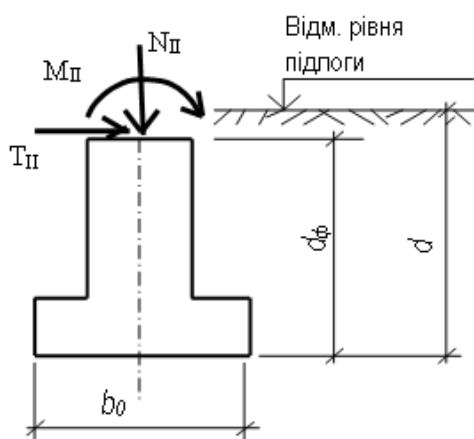


Рисунок 1.7 – Попередня розрахункова схема фундаменту на природній основі

Розрахунок умовної ширини підшви фундаменту

Умовну ширину підшви стрічкового фундаменту розраховуємо за формулою

$$b_0 = \frac{N_{II}}{R_o - \gamma_{mt} \cdot d},$$

де γ_{mt} – усереднене значення питомої ваги матеріалу фундаменту та ґрунту на його сходах, що дорівнює 20 кН/м^3 ;

R_o – умовний розрахунковий опір ґрунту, розташованого безпосередньо під підшвою фундаменту (зі зведеної табл. 1.1 фізико-механічних характеристик ґрунтів).

Умовну ширину підшви окремого (стовбчастого) фундаменту розраховуємо за формулою

$$b_0 = \sqrt{\frac{N_{II}}{R_o - \gamma_{mt} \cdot d}}.$$

Визначення розрахункового опору ґрунту

Розрахунковий опір R для шару ґрунту, розташованого під подошвою фундаменту, що розраховується, визначаємо за формулою

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

де γ_{c1} та γ_{c2} – коефіцієнти умов роботи, які приймаються за таблицею Е.7 [3], або таблицею 1.13. Для визначення коефіцієнтів потрібно обчислити відношення довжини будівлі до висоти L/H .

Таблиця 1.13 – Коефіцієнти умовної роботи для формули R

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 вологості; – насичені водою	1,25 1,1	1,0 1,0	1,2 1,2
Глинисті, а також великоуламкові з глинистим заповнювачем із показником течійності ґрунту або заповнювача $I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
Те саме при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,1
Те саме при $I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0
Примітка 1. До споруд із жорсткою конструктивною схемою відносяться споруди, конструкції яких спеціально пристосовані до сприйняття зусиль від деформацій основ, у тому числі за рахунок застосування заходів.			
Примітка 2. Для будинків із гнучкою конструктивною схемою значення коефіцієнта γ_{c2} приймають за одиницю.			
Примітка 3. При проміжних значеннях L/H коефіцієнт γ_{c2} визначають інтерполяцією.			
Примітка 4. Для пухких пісків γ_{c1} та γ_{c2} приймаю за одиницю.			

Коефіцієнт k прийняти рівним 1,1.

Коефіцієнти M_g , M_q , M_c визначаємо за таблицею 1.14 залежно від величини кута внутрішнього тертя шару ґрунту, розташованого безпосередньо під подошвою фундаменту.

Таблиця 1.14 – Коефіцієнти M_g , M_q , M_c

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
0	0	1,00	3,14	23	0,66	3,65	6,24
1	0,01	1,06	3,23	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	25	0,78	4,11	6,67
3	0,04	1,18	3,41	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	27	0,91	4,64	7,14
5	0,08	1,32	3,61	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	29	1,06	5,25	7,67
7	0,12	1,47	3,82	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	31	1,24	5,95	8,24
9	0,16	1,64	4,05	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	33	1,44	6,76	8,88
11	0,21	1,83	4,29	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	35	1,68	7,71	9,58
13	0,26	2,05	4,55	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	37	1,95	8,81	10,37
15	0,32	2,30	4,84	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	39	2,28	10,11	11,25
17	0,39	2,57	5,15	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	41	2,66	11,64	12,24
19	0,47	2,89	5,48	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	43	3,12	13,46	13,37
21	0,56	3,24	5,84	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

Для без підвального варіанта $d_1 = d$, а будівлі з підвалом за формулою

$$d_1 = h_S + \frac{h_{cf} \gamma_{cf}}{\gamma_{II}}.$$

Схема для розрахунку значення d_1 для будівлі з підвалом наведено на рисунку 1.8.

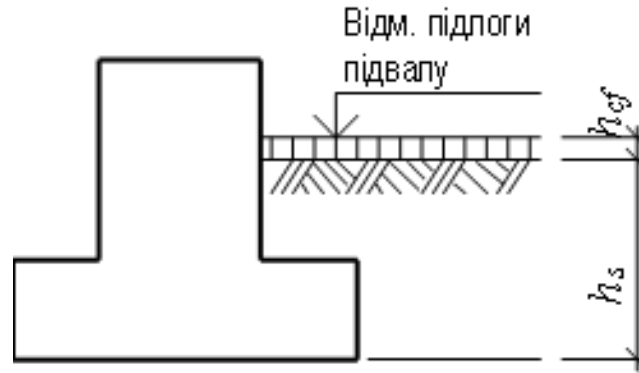


Рисунок 1.8 – Схема для розрахунку значення d_1 для будівлі з підвалом

Виходячи з конструктивних особливостей будівлі, згідно з вихідними даними, ширини підшви фундаменту та підвалу не перевищують 10 і 20 м, відповідно, виходячи з чого коефіцієнти $k_z = 1$ та $d_b = 2$.

Замість b вставити значення b_0 отримане раніше.

За наявності багат шарової основи або ґрунту, розташованого вище підшви фундаменту, значення γ_{II} та γ'_{II} визначаємо як середньозважені за формулою

$$\gamma_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{IIIi} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}.$$

Схема до розрахунку питомої ваги ґрунту, розташованих вище і нижче підшви фундаменту наведено на рисунку 1.9.

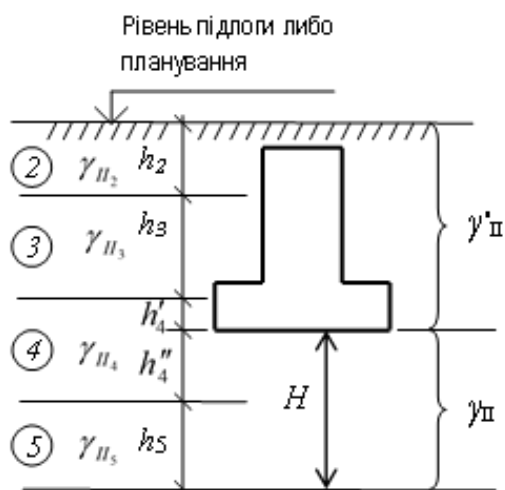


Рисунок 1.9 – Схема до розрахунку питомої ваги ґрунту, розташованих вище і нижче підшоши фундаменту

Глибину впливу фундаменту визначимо орієнтовно, як $H = 6b_0$.

Значення C_{II} та φ_{II} прийняти за даними таблиці 1.2 для шару ґрунту, розташованого безпосередньо під підшовою фундаменту.

При без підвальному варіанті будівлі $d_b = 0$.

Для центрально навантаженого окремого фундаменту раціональною формою підшоши у плані є квадратна, а поза центрова навантажених – прямокутна, витягнута у площині дії моменту M . Розрахунок ширини підшоши фундаментів виконуємо за формулами

$$b = \frac{N_{II}}{R - \gamma_{mt} \cdot d} \text{ – для стрічкового фундаменту;}$$

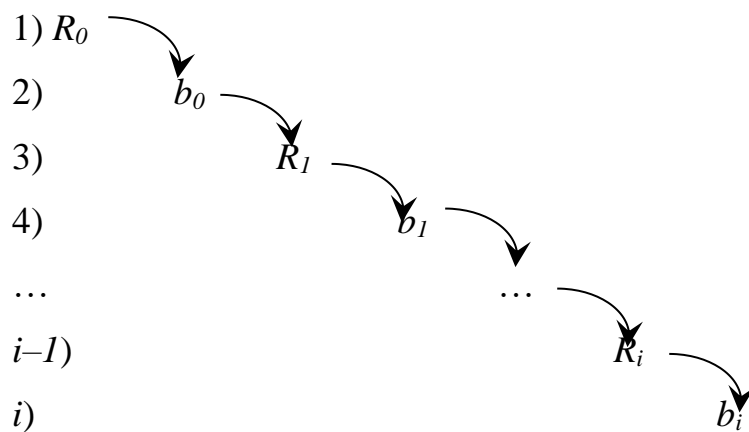
$$b = \sqrt{\frac{N_{II}}{\eta \cdot (R - \gamma_{mt} \cdot d)}} \text{ – для окремого (стовпчастого) фундаменту,}$$

де R – розрахунковий опір ґрунту, розташованого під підшовою фундаменту, визначений раніше;

η – чисельний коефіцієнт, що представляє відношення сторін фундаментної плити l/b і прийнятий для центрально навантаженого фундаменту рівним 1, а позacentрового навантаженого в діапазоні від 1,2 до 1,4.

Отримане за формулами значення b не вважається досить точним, оскільки розрахунковий опір R визначено з використанням величини умовної ширини підшви фундаменту b_0 . У той же час, точне значення розрахункового опору R також необхідне для подальшого виконання обов'язкових перевірок. Подальше уточнення значень b та R здійснюємо методом послідовних наближень.

Загалом схема розрахунку методом послідовних наближень може бути представлена поетапно так:



Розрахунок ланцюжка взаємних уточнень b_i і R_i проводиться до того часу, поки останніх значення b_i не стануть відрізнятися друг від друга на величину меншу чи рівну 0,1 м, тобто :

$$|b_i - b_{i-1}| \leq 0,1 \text{ м.}$$

Для позацентрового навантажених фундаментів визначимо також довжину підшви за формулою

$$l = \eta \cdot b.$$

Отримані шляхом послідовних наближень значення ширини і довжини підшви фундаменту (b і l) не є остаточними і підлягають коригування з урахуванням конструктивних вимог до розмірів елементів фундаментів чи специфікацій типових збірних елементів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У ҐРУНТОВІЙ ТОВЩІ ПРИ ДІЇ
МІСЦЕВОГО РІВНОМІРНО РОЗПОДІЛЕНОГО
НАВАНТАЖЕННЯ

Мета практичної роботи – визначити величину стискаючих напружень по глибині основи, побудувати епюру його розподілу під центром та кутом завантаженого прямокутного фундаменту.

Дія рівномірно розподіленого навантаження в умовах просторового завдання виникає тоді, коли до поверхні лінійно деформованого напівпростору прикладено місцеве навантаження, розподілене за площею квадрата, прямокутника, кола, еліпса та ін. розподіленої за площею прямокутника розміром $l \times b$ були вперше отримані А. Лявом. Практичний інтерес становлять значення стискаючих напруг, проведених із центру σ_{zO} та з кутів σ_{zC} завантаженої площі (рис. 1.10).

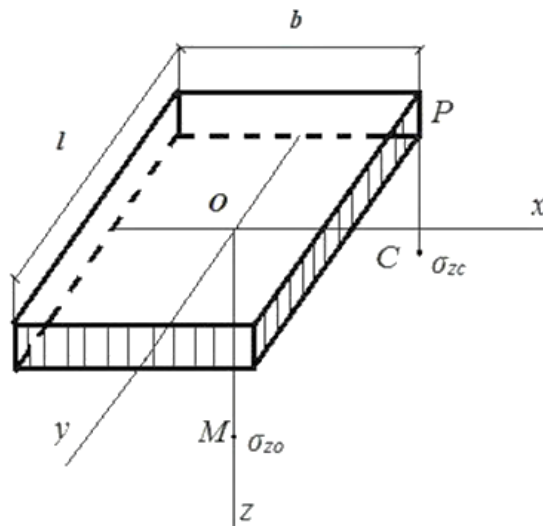


Рисунок 1.10 – Схема для визначення стискаючих напружень під центром і під кутом прямокутника з рівномірно розподіленим навантаженням

Значення вертикальних напружень σ_{z0} для точок, розташованих під центром прямокутної площі визначаються за формулою

$$\sigma_{z0} = \alpha \cdot p,$$

де α – коефіцієнт, який приймається залежно від величин $\eta = l/b$ та $\zeta = 2 \cdot z/b$ (l – довга сторона, b – коротка сторона прямокутника завантаження, z – відстань від точки до поверхні додатку навантаження);

p – середній тиск під подошвою фундаменту.

Значення вертикальних напружень σ_{zC} для точок, розташованих під кутом прямокутної площі, визначаються за формулою

$$\sigma_{zC} = 0,25 \cdot \alpha \cdot p,$$

де α – визначається залежно від величин $\eta = l/b$ та $\zeta = z/b$.

Приклад епюри розподілу напруги по глибині основи наведено на рисунку 1.11.

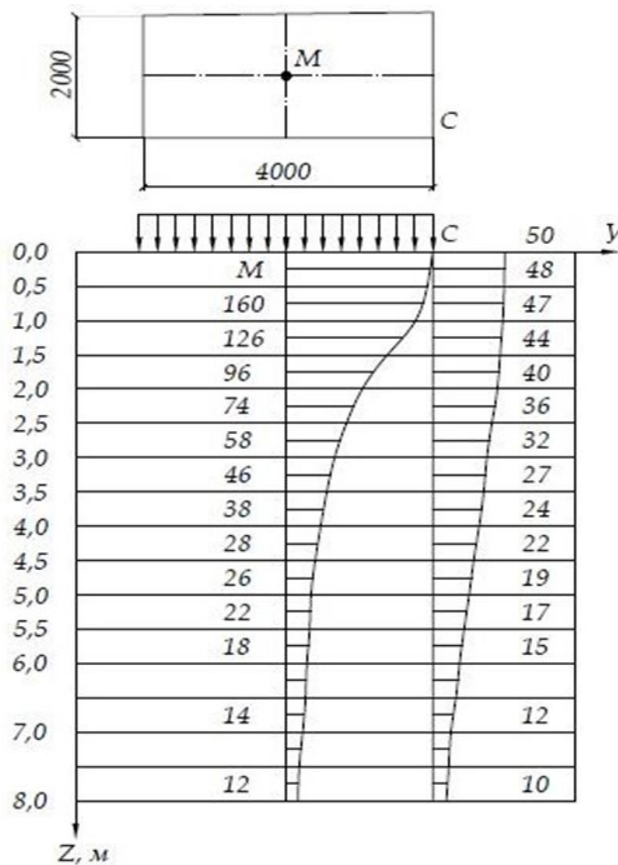


Рисунок 1.11 – Схема завантаженої площі та епюри розподілу напружень σ_z для точок M і C за вертикальними перерізами

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У ҐРУНТОВІЙ ТОВЩІ В УМОВАХ ПЛОСКОГО ЗАВДАННЯ

Мета практичної роботи – визначити величину напруги σ_z для стрічкового фундаменту, побудувати епюру розподілу напруги та лінію рівних напружень (ізобару).

Умови плоскої задачі матимуть місце тоді, коли напруги розподіляються в одній площині, в напрямку перпендикулярному вони або будуть рівні нулю, або постійні. Ця умова має місце для дуже витягнутих у плані споруд, наприклад, стрічкових і стінових фундаментів, основ підпірних стінок, насипів, дамб і подібних споруд. При збільшенні відношення довжини площі завантаження l до її ширини b (при рівномірно розподіленому навантаженні) завдання визначення напружень з великою основою може розглядатися як плоска (плоска деформація).

Зазвичай плоске завдання може прийматись, коли $l/b > 10$ (рис. 1.12).

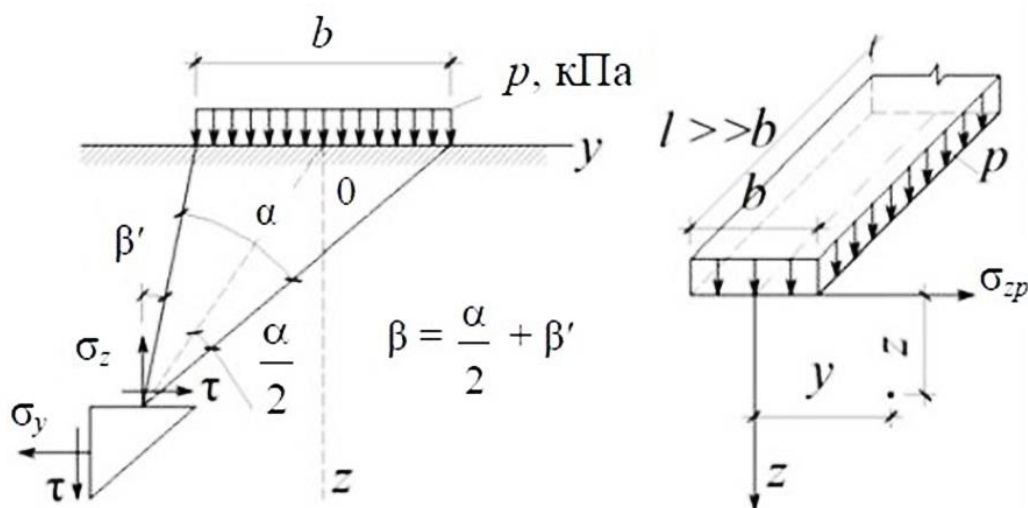


Рисунок 1.12 – Схема дії рівномірно розподіленого смугового навантаження

В умовах плоскої задачі визначаються три складові напруги нормальні напруги σ_z і σ_y , які обчислюються за виразами

$$\sigma_z = K_z \cdot p,$$

$$\sigma_y = K_y \cdot p;$$

дотичні напруги τ_{yz} , що обчислюються за виразом

$$\tau_{yz} = K_{yz} \cdot p,$$

де K_z , K_y , K_{yz} – коефіцієнти впливу відповідних напружень, значення яких наведені у таблиці 6.1, залежно від величини відносних координат z/b та y/b ;

p – середній тиск під подошвою фундаменту рівномірно розподіленого смугового навантаження, кПа.

Користуючись даними таблиці 1.6.1, легко побудувати епюри розподілу напружень горизонтальними і вертикальними перерізами масиву ґрунту у разі плоского завдання.

Як приклад, на рисунку 1.13 показані епюри стискаючих напружень σ_z для вертикальних та горизонтальних перерізів масиву ґрунту. Користуючись отриманими епюрами напруги, легко побудувати й криві рівних напружень.

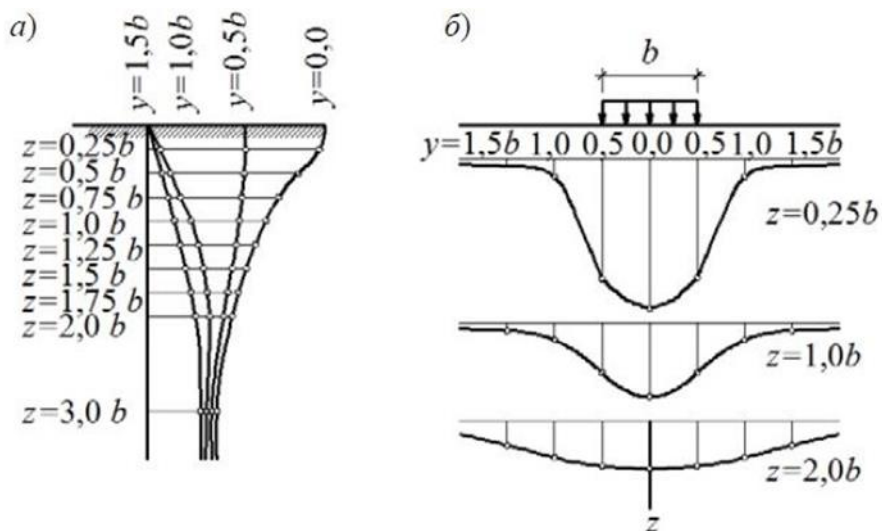


Рисунок 1.13 – Епюри розподілу стискаючих напружень σ_z :

а – по вертикальних перерізах масиву ґрунту; б – по горизонтальних перерізах масиву ґрунту

На рисунку 1.14, а наведені лінії однакових вертикальних стискаючих напружень або тисків (ізобари), на рисунку 1.14, б – лінії однакових горизонтальних напружень (розпори) і на рисунку 1.14, в – лінії однакових дотичних напружень (зрушення), що наочно характеризують всю напружену область ґрунту під смугоподібним навантаженням.

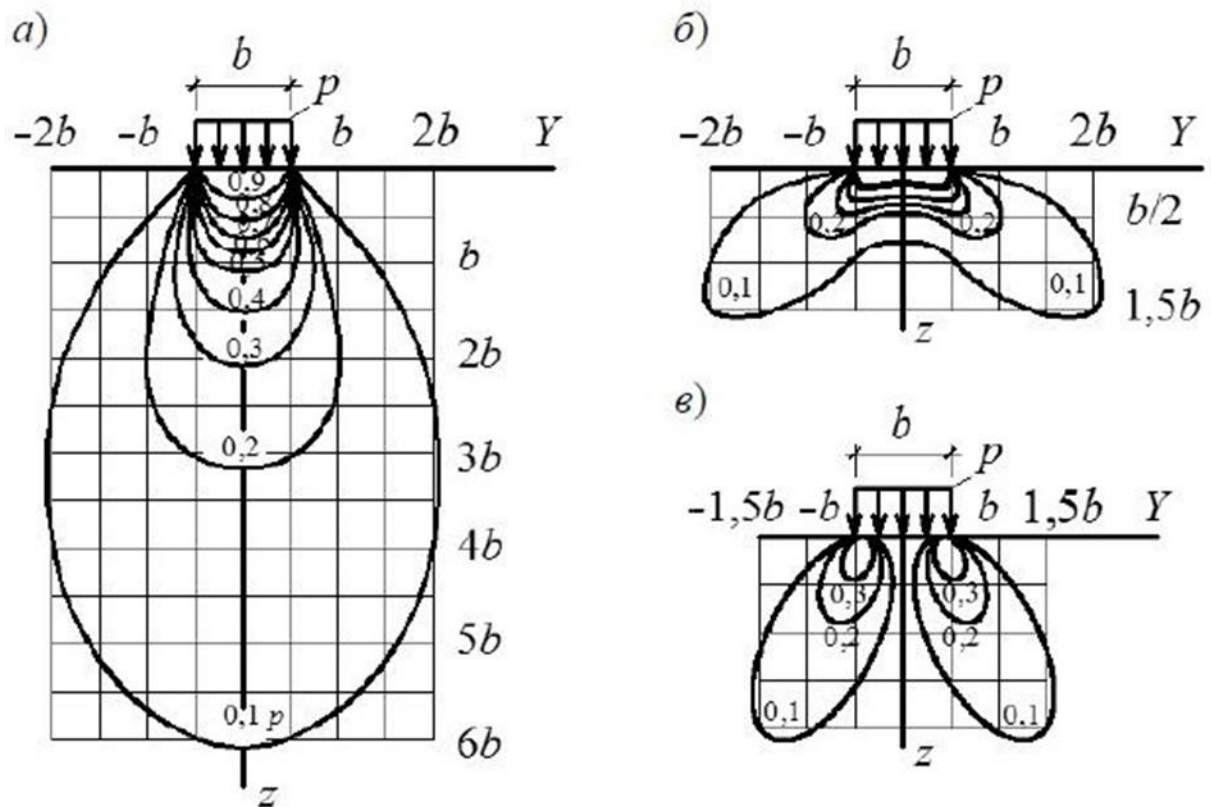


Рисунок 1.14 – Лінії рівних напружень у масиві ґрунту:

а – ізобари σ_z ; б – розпори σ_y ; в – зрушення τ_{zx}

Таблиця 1.15 – Значення коефіцієнтів впливу K_z , K_y та K_{yz} для визначення складових напружень у разі дії рівномірно розподіленого навантаження в умовах плоского завдання

z/b	0			0,25			0,5			1,0			1,5			2,0		
	K_z	K_y	K_{xy}	K_z	K_y	K_{xy}	K_z	K_y	K_{xy}	K_z	K_y	K_{xy}	K_z	K_y	K_{xy}	K_z	K_y	K_{xy}
0	1,00	1,00	0	1,00	1,00	0	0,50	0,50	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	0,96	0,45	0	0,90	0,39	0,13	0,50	0,35	0,30	0,02	0,17	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,04	0,00
0,50	0,82	0,18	0	0,74	0,19	0,16	0,48	0,23	0,26	0,08	0,21	0,13	0,02	0,12	0,04	0,00	0,07	0,02
0,75	0,67	0,08	0	0,61	0,10	0,13	0,45	0,14	0,20	0,15	0,22	0,16	0,04	0,14	0,07	0,02	0,10	0,04
1,00	0,55	0,04	0	0,51	0,05	0,01	0,41	0,09	0,16	0,19	0,15	0,16	0,07	0,14	0,10	0,03	0,1	0,05
1,25	0,46	0,02	0	0,44	0,03	0,07	0,37	0,06	0,12	0,20	0,11	0,14	0,10	0,12	0,10	0,04	0,11	0,07
1,50	0,40	0,01	0	0,38	0,02	0,06	0,33	0,04	0,10	0,21	0,06	0,11	0,13	0,09	0,10	0,07	0,09	0,08
1,75	0,35	–	0	0,34	0,01	0,04	0,30	0,03	0,08	0,20	0,05	0,10	0,14	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08
2,00	0,31	–	0	0,31	–	0,03	0,28	0,02	0,06	0,17	0,02	0,06	0,13	0,03	0,07	0,10	0,04	0,07
3,00	0,21	–	0	0,21	–	0,02	0,20	0,01	0,03	0,14	0,01	0,03	0,12	0,02	0,05	0,10	0,03	0,05
4,00	0,06	–	0	0,16	–	0,01	0,15	–	0,02	0,12	–	–	0,11	–	–	0,09	–	–
5,00	0,13	–	0	0,13	–	–	0,12	–	–	0,10	–	–	0,10	–	–	–	–	–
6,00	0,11	–	0	0,10	–	–	0,10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У ҐРУНТОВІЙ ТОВЩІ
ВІД ВЛАСНОЇ ВАГИ ҐРУНТУ

Мета практичної роботи – визначити напруги від власної ваги ґрунтів та побудувати епюру розподілу даних напружень.

Напруги від власної ваги ґрунту (природні) мають значення для свіжонасипаних земляних споруд та оцінки природної ущільненості ґрунтів.

Насправді використовують спрощену методику розрахунку, засновану на припущенні у тому, що природні напруги у масиві ґрунту формуються лише під впливом своєї ваги. Також прийнято вважати, що всі деформації масиву від власної ваги припинилися і напруга повністю стабілізувалася. Практичний інтерес становлять значення стискаючих напружень σ_z .

При горизонтальній поверхні масиву ґрунту однорідного нашарування стискаючі напруги на глибині h визначаються виразом

$$\sigma_z = \gamma h$$

де γ – питома вага ґрунту.

Епюра природних напружень масиву ґрунту однорідного напластування при горизонтальній поверхні матиме вигляд трикутника (рис. 1.15, а).

При неоднорідному напластуванні чи наявності підземних вод, а також при горизонтальній поверхні напруги від власної ваги ґрунтів визначатиметься окремо для кожного шару (рис. 1.15, б):

$$\sigma_z = \gamma_1 h_1 + \gamma_{sb} h_2$$

Причому питома вага ґрунту, розташованого нижче за рівень підземних вод, визначатиметься з урахуванням зважуючої дії води γ_{sb} :

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e},$$

де γ_s – питома вага часток ґрунту ;

γ_w – питома вага води, що приймається рівною 10 кПа;

e – коефіцієнт пористості ґрунту.

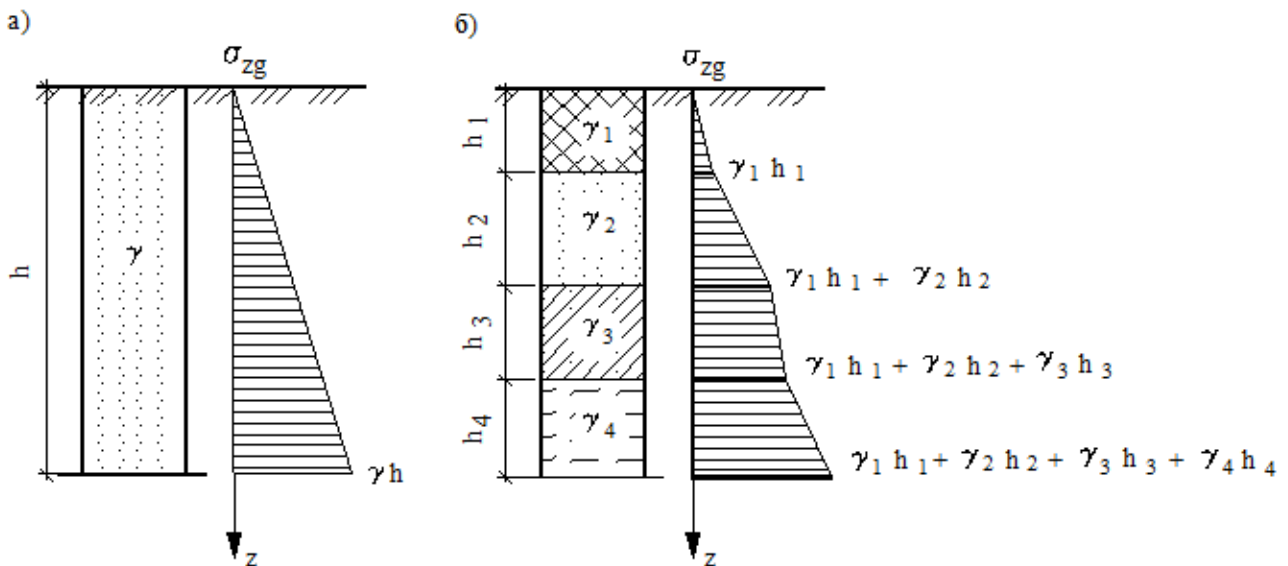


Рисунок 1.15 – Епюри розподілу напруги від власної ваги ґрунтів

Якщо нижче рівня підземних вод залягає водоупірний шар, то на його покрівлі додатково враховують тиск від стовпа вище розташованої води рівний $\gamma_w \cdot h_w$ (рис. 1.15), який розраховується за формулою

$$\sigma_z = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_{sb} \cdot h_2 + \gamma_w \cdot h_w + \gamma_3 \cdot h_3.$$

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8

РОЗРАХУНОК ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТУ

Розрахунок осідання фундаменту проводимо відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 методом пошарового підсумовування.

Результати розрахунку подаються у табличній формі.

Товщина елементарного шару, приймається $h = 0,2b$ або $h = 0,4b$ ширини фундаменту.

Z_i – відстань від подошви фундаменту до нижньої межі кожного елементарного шару ґрунту, м.

$$\zeta_i = \frac{2Z_i}{b}$$

Додатковий тиск по підшві кожного елементарного шару:

$$\sigma_{zp(i)} = \alpha_i P_0$$

Додатковий тиск безпосередньо під підшвою фундаменту:

$$p_0 = p_{cp} - \sigma_{zg(0)},$$

де p_{cp} – величина середнього тиску під підшвою фундаменту, що приймається за формулою

$$p_{cp} = \frac{N}{A},$$

де N – вертикальне навантаження на фундамент, кН;

A – площа підшви фундаменту або розрахункова ділянка, м², яка визначається для фундаменту: з квадратною підшвою $A = b^2$; з прямокутною підшвою $A = b \cdot l$; стрічкового $A = b \cdot l$.

$\sigma_{zg(0)}$ – напруга від власної ваги ґрунту на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{zg(0)} = \gamma_{II} d$$

Коефіцієнт α_i визначаємо згідно з даними таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Коефіцієнт α для розрахунку осідання фундаментів

ζ	Коефіцієнт α для фундаментів							
	Круглих	Прямокутних із співвідношенням сторін $\eta = l/b$, що дорівнює						Стрічкових ($\eta \geq 10$)
		1	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420

Продовження таблиці 1.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Примітка 1. У таблиці позначено: b – ширина або діаметр фундаменту, l – довжина фундаменту.

Примітка 2. Для фундаментів, що мають підшву у формі правильного багатокутника з площею A , значення α приймають як для круглих фундаментів радіусом $r = \sqrt{A/\pi}$.

Примітка 3. Для проміжних значень ζ і η коефіцієнт α визначають інтерполяцією.

Напруга від власної ваги ґрунту для кожного елементарного шару розраховується за формулою

$$\sigma_{zg(i)} = \sigma_{zg(i-1)} + \gamma_{II(i)} h.$$

Нижня межа, до якої виконується розрахунок, називається нижньою межею товщини, що стискається. Нижня межа товщини, що стискається може бути визначена будь-яким з двох способів: першим – аналітичним, тобто

при приблизному виконанні рівності $\sigma_{zp(i)} = 0,2\sigma_{zg(i)}$, при $E > 5$ МПа або $\sigma_{zp(i)} = 0,1\sigma_{zg(i)}$, при $E \leq 5$ МПа; а другим – графічним, де перетнуться епюри додаткового тиску і зменшена у п'ять чи десять разів відповідно, плюс дзеркально перенесена вправо епюра природного тиску.

Середнє значення напруги кожного елементарного шару розраховується за формулою

$$\bar{\sigma}_{zp} = \frac{\sigma_{zp(i-1)} + \sigma_{zp(i)}}{2}.$$

Осідання елементарного шару розраховується за формулою

$$S_i = \beta \frac{\bar{\sigma}_{zp(i)} \cdot h}{E_i},$$

де $\beta = 0,8$;

E – модуль деформації ґрунту аналізованого елементарного шару.

Загальна осадка основи, що дорівнює осаді фундаменту розраховується за формулою

$$S_{\max} = \sum_{i=1}^n S_i,$$

де n – кількість елементарних шарів ґрунту задіяних у розрахунку осідання фундаменту.

Приклад оформлення розрахунку осідання фундаменту наведено на рисунку 1.16.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 9

РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПАЛІ

Розрахунок необхідної довжини палі

Необхідна довжина палі залежить від фізико-механічних властивостей ґрунтів, конструктивних особливостей будівлі, величини і характеру прикладених навантажень, кліматичних умов будівництва та ін.

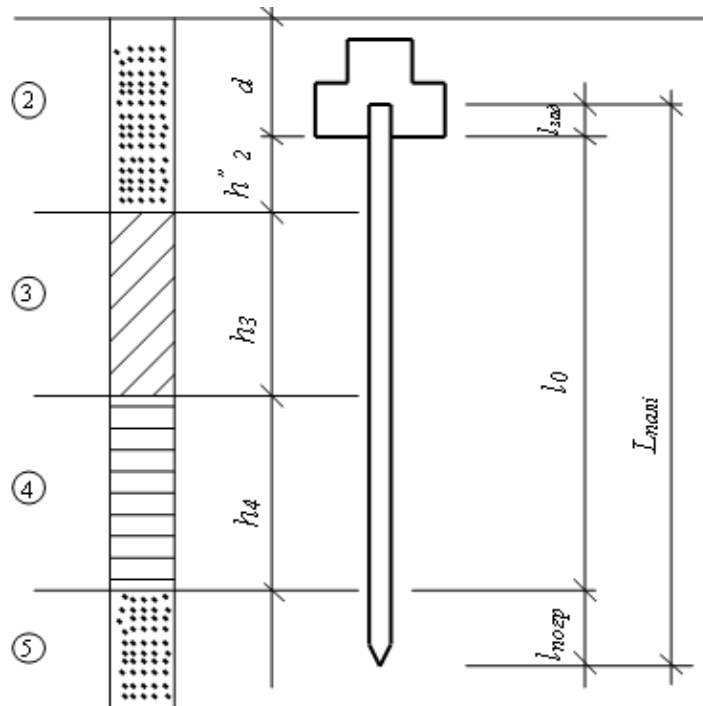


Рисунок 1.17 – Схема до розрахунку необхідної довжини палі

Глибину закладення підшви ростверку визначаємо з наступних факторів:

1) з урахуванням розрахункової глибини промерзання ґрунту в районі будівництва $d \geq d_f$, де d_f визначаємо аналогічно практичної роботи 3 «Визначення глибини закладання фундаменту» [3, 6];

2) з урахуванням конструктивних особливостей будівлі (наявність підвалу, вимог до модульності розмірів висот ростверку в цілому та його окремих елементів: $d \geq d_{кон}$.

Прийняте значення глибини закладення ростверку d має бути не менше значень d_f і $d_{кон}$.

При визначенні глибини занурення вістря паль слід вибрати шар ґрунту, що володіє високими значеннями фізико-механічних характеристик. Варто уникати спірання нижніх кінців паль на глинисті ґрунти ($I_L > 0,6$) та пухкі піски. Обраний шар називається опорним.

Глибину занурення кінця паль в опорний шар ($l_{зан}$) прийняти не менше:

– 0,5 м в піщані ґрунти (великі, середньої крупності) та пилувато-глинисті с $I_L \leq 0,1$;

– 1,0 м в інші ґрунти [8].

Глибину замонолічування палі в ростверку ($l_{зак}$), з конструктивних міркувань, з умови «жорсткого» закладення приймаємо не менше сторони перерізу палі або її діаметра.

Мінімальна необхідна довжина палі

$$l_{палі}^{min} = l_{зак} + l_0 + l_{зан} ,$$

де l_0 – сума потужностей шарів ґрунту, що прорізаються палями.

Остаточну довжину забивних паль, їх марку, вагу 1 погонного метра встановлюємо з урахуванням існуючих специфікацій.

Розрахунок допустимого навантаження на палю

Розрахункове навантаження на одну палю визначається за формулою

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k} ,$$

де F_d – несуча здатність одиночної палі;

γ_k – коефіцієнт надійності, що приймається згідно з [8].

Таблиця 1.17 – Сортамент забивних залізобетонних палів

Марка палі	Номінальні розміри, мм					Об'єм бетону, м ³	Маса палі, т	Витрати сталі, кг	
	L	l	l ₁	l ₂	b				
ПНдр3-30	3 000	250	600	300	300	0,28	0,70	10,7	
ПНдр3,5-30	3 500		700			11,2			
ПНдр4-30	4 000		800			11,8			
ПНдр4,5-30	4 500		900			12,4			
ПНдр5-30	5 000		1 000			12,9			
ПНдр5,5-30	5 500		1 100			13,5			
ПНдр6-30	6 000		1 200			14,2			
ПНдр7-30	7 000		1 400			16,5			
ПНдр8-30	8 000		1 600			2 400	17,6		
ПН9-30	9 000		1 800			2 600	0,82	2,05	36,0
ПНдр9-30									24,6
ПН10-30	10 000		2 100			2 900	0,91	2,28	39,6
ПНдр10-30									27,0
ПН11-30	11 000		2 300			3 200	1,00	2,50	42,7
ПНдр11-30									28,8
ПНк11-30		33,0							
ПН12-30	12 000	2 500	3 500	1,09	2,73	45,7			
ПНдр12-30						38,1			
ПНк12-30						35,2			
ПН13-30	13 000	2 700	3 800	1,18	2,95	51,4			
ПНдр13-30						43,2			
ПНк13-30						40,0			
ПН14-30	14 000	2 900	4 100	1,27	3,18	55,6			
ПНдр14-30						55,2			
ПНк14-30						43,3			
ПН15-30	15 000	3 100	4 400	1,36	3,40	75,4			
ПНдр15-30						68,2			
ПНк15-30						64,8			

На підставі вихідних даних щодо ґрунтових умов для проектування палевих фундаментів [6] визначаємо класифікаційний тип палів щодо їх роботи в ґрунті.

Для «висячих» палів несучу здатність одиночної палі визначаємо за формулою

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} R A + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i),$$

де γ_C , γ_{CR} , γ_{Cf} – коефіцієнти умов роботи палі та ґрунту під вістрям палі та по бічній поверхні приймаються рівними 1;

R – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, що приймається за таблицею 1.17;

u – периметр палі квадратного перерізу дорівнює $4 \cdot b_{ce}$;

A – площа поперечного перерізу палі дорівнює b_{ce}^2 ;

f – розрахунковий опір i -го шару ґрунту основи на бічній поверхні палі;

h_i – довжини розрахункових ділянок визначаємо на підставі геологічної будови району будівництва та положення паль у ґрунті за схемою рисунку 1.18, розрахункові опори ґрунту під нижнім кінцем палі R і тertia по бічній поверхні f визначаємо за таблицями 1.18 та 1.19.

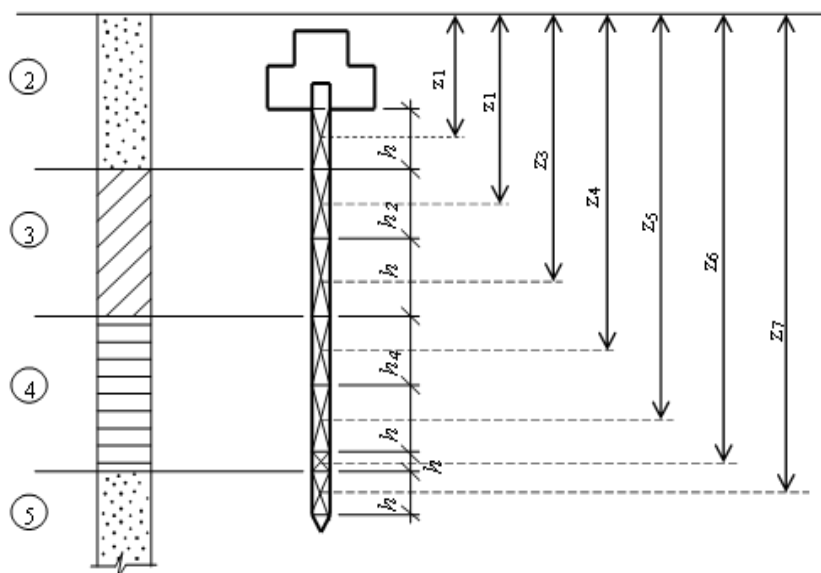


Рисунок 1.18 – Схема до розрахунку несучої здатності одиначної палі

Максимальне значення для розрахункової довжини h_i рекомендується прийняти 2 м.

Таблиця 1.18 – Значення розрахункових опорів під нижнім кінцем забивних паль і паль-оболонок, що занурюють без виймання ґрунту

Глибина занурення нижнього кінця палі, м	Розрахункові опори під нижнім кінцем забивних паль і паль-оболонок, що занурюються без виймання ґрунту, R, кПа						
	Піщаних ґрунтів середньої щільності						
	Гравелисті	Крупні	–	Середньої крупності	Дрібні	Пилуваті	–
	Глинистих ґрунтів при показнику течійності I_L						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7 500	6 600	3 000	3 100	2 000	1 100	600
		4 000		2 000	1 200		
4	8 300	6 800	3 800	3 200	2 100	1 250	700
		5 100		2 500	1 600		
5	8 800	7 000	4 000	3 400	2 200	1 300	800
		6 200		2 800	2 000		
7	9 700	7 300	4 300	3 700	2 400	1 400	850
		6 900		3 300	2 200		
4 10	10 500	7 700	5 000	4 000	2 600	1 500	900
		7 300		3 500	2 400		
15	11 700	8 200	5 600	4 400	2 900	1 650	1 000
		7 500		4 000			
20	12 600	8 500	6 200	4 800	3 200	1 800	1 100
				4 500			
25	13 400	9 000	6 800	5 200	3 500	1 950	1 200
30	14 200	9500	7 400	5 600	3 800	2 100	1 300
35	15 000	10000	8 000	6 000	4 100	2 250	1 400

Таблиця 1.19 – Значення розрахункових опорів на бічній поверхні під забивних паль і паль-оболонок

Середня глибина розташування шару ґрунту, м	Розрахункові опори на бічній поверхні забивних паль і паль-оболонок, f_i , кПа								
	Піщаних ґрунтів середньої щільності								
	Крупних і середньої крупності	Дрібних	Пилуватих	–	–	–	–	–	–
	Глинистих ґрунтів при показнику консистенції, ІЛ								
	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

ПРАКТИЧНА РОБОТА 10

СТІЙКІСТЬ СХИЛУ ТА УКОСУ

Розрахунок стійкості схилу методом круглоциліндричних поверхонь

Широко розповсюджений інженерний метод розрахунку, застосування якого найбільше доцільне у випадках, коли в ґрунтовому масиві немає явно вираженої поверхні ковзання. Метод використовує допущення про можливість зсуву укосу (схилу) по круглоциліндричній поверхні ковзання щодо деякого центра обертання. Місце розташування останнього первісно невідомо, тому визначається підбором, виходячи з умови одержання мінімального значення коефіцієнта запасу стійкості k_{stmin} . Стійкість забезпечується, якщо виконується вимога:

$$k_{stmin} \geq k_{st}^i,$$

де k_{st}^i – нормативний коефіцієнт стійкості, що залежить від вимог проекту.

Розрахунковий коефіцієнт запасу стійкості визначається за виразом

$$k_{st} = M_{sr} / M_{sa},$$

де M_{sr} та M_{sa} – моменти щодо центра обертання відповідно всіх утримуючих сил і сил, що зрушують.

У загальному випадку до утримуючих сил F_{sr} відносяться сили тертя, що діють по поверхні ковзання і перешкоджають зсуву призми обвалення, а також сили зчеплення в ґрунті. До сил, що зрушують (F_{sa}), відносяться сили, що діють по поверхні ковзання, але в напрямку можливого зсуву ґрунтового масиву і, крім того, всі сили, що діють у тому ж напрямку: від поверхневого завантаження постійного чи тимчасового, ймовірної горизонтальної сили і т. д.

Етапи розрахунку і деякі практичні рекомендації:

1. Відповідно до завдання на міліметровці (зручніше) чи на папері формату А4 (А3) вичертити укіс (схил). Масштаб, що рекомендується, 1 : 200.
2. Розташувати на поверхні схилу будинок (з урахуванням B, a, d).

3. Провести з деякого довільно обраного центра O_I циркулем лінію, що проходить через дві точки: точка A – підшва схилу і точка K – віддалений (від брівки) край фундаменту (пропонується центр обертання O_I розташовувати на перпендикулярі до прямої лінії AC , проведеному з її середини). Дуга AC трактується як лінія ковзання, а весь ґрунтовий масив ADC разом з будинком – як відсік (призма) обвалення. Масив, що зміщується, вважається недеформованим і всі його точки беруть участь у загальному русі. Розрахунок ведуть на 1 м довжини укосу (із площини креслення).

4. Визначити графічно радіус R_I і відстань a_0 від центра O_I до центральної осі будинку (рис. 1.19).

5. Призму обвалення розбити вертикальними лініями на окремі елементи, ширина яких b_i приймається рівною 2–4 м. Далі кожен елемент, у свою чергу, розглядається таким, що складається з декількох найпростіших геометричних фігур – трикутника, прямокутника і трапеції (ділянка фігури, сформована i -м відрізком лінії ковзання, апроксимується прямою лінією). Характер розбивки визначається з урахуванням неоднорідності ґрунтів і профілю схилу так, щоб у межах дуги ковзання кожного i -го елемента кут внутрішнього тертя φ і питоме зчеплення ґрунту c були постійні.

6. Вага ґрунту в об'ємі елемента Pg_i визначається як сума добутків площі тієї чи іншої найпростішої фігури на питому вагу відповідного їй ґрунту і прикладається в центрі ваги елемента, що знаходиться на його осі симетрії (незначним зсувом ц. т., внесеним трикутними складовими, можна зневажити).

7. Вага ґрунту в об'ємі елемента Pg_i визначається як сума добутків площі тієї чи іншої найпростішої фігури на питому вагу відповідного їй ґрунту і прикладається в центрі ваги елемента, що знаходиться на його осі симетрії (незначним зсувом ц. т., внесеним трикутними складовими, можна зневажити).

8. Навантаження від ваги ґрунту кожного елемента переноситься в рівень його основи (рис. 1.19), де розкладається на нормальну N_i (по радіусу обертання) і дотичну до поверхні ковзання T_i сили.

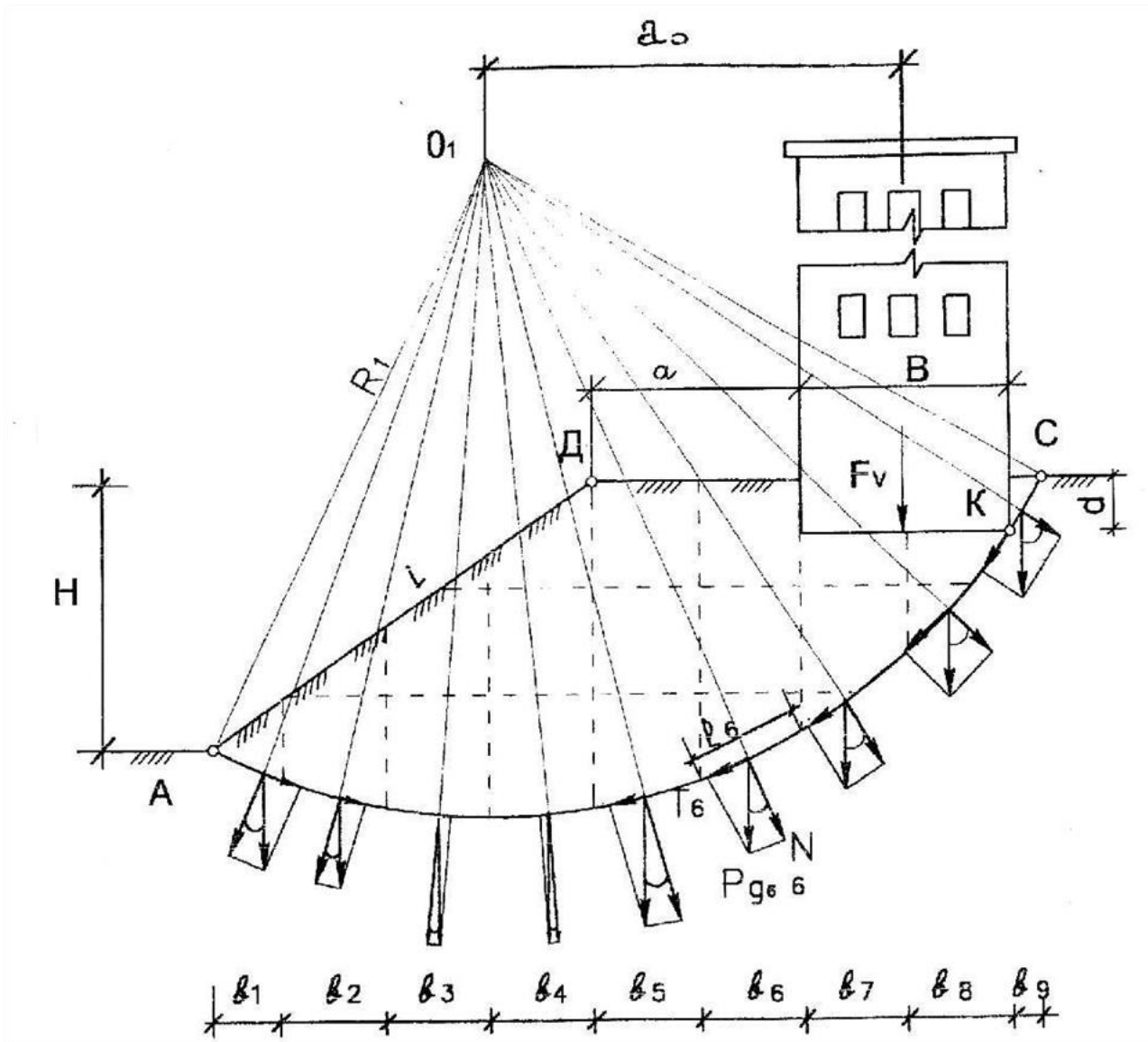


Рисунок 1.19 – До розрахунку стійкості схилу

9. Виміряються (транспортом) кути α_i .

10. Також графічно або аналітично визначається довжина дуги ковзання l_i

кожного i -го елемента:

$$l_i = \frac{b_i}{\cos \alpha_i}.$$

Момент сил $\sum T_i$ відносно точки O_1 , що прагнуть змістити відсік обвалення ADC по напрямку своєї дії, дорівнюватиме

$$M_{sa} = R_1 \sum_{i=1}^n T_i.$$

Цьому зсуву протидіють сили тертя і зчеплення, прикладені до ґрунтового масиву по поверхні ковзання AC довжиною $\sum_{i=1}^n l_i$. Розрахунковий момент цих сил щодо того ж центра обертання O_I можна визначити з виразу:

$$M_{sr} = R_1 \sum_{i=1}^n N_i \operatorname{tg} \varphi_{li} + R_1 \sum_{i=1}^n c_{li} l_i.$$

11. Для зручності обчислень усі розрахунки ведуть в табличній формі (табл. 1.20).

Таблиця 1.20 – Зведена таблиця розрахунків

Номер елемента	Вага елемента, P_{gi} , кН	Кут α_i , градуси	$N_i = P_{gi} \cdot \cos \alpha_i$	Кут φ_i , градуси	Утримуюча сила $F_{sri} = N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$	Зрушуюча сила $F_{sai} = T_i = P_{gi} \cdot \sin \alpha_i$	Питоме зчеплення c_i , кПа	Довжина дуги l_i , м
					$\Sigma F_{sr} =$	$\Sigma F_{sa} =$		

Примітка. При підрахунку зрушуючих сил складові T_i , що направлені в сторону, протилежну зсуву, приймаються з оберненим знаком.

12. Коефіцієнт запасу стійкості визначають за формулою, що записується у вигляді:

$$k_{st_i} = \frac{R_1 \sum F_{sr_i} + R_1 \sum c_{I_i} l_i}{R_1 \sum F_{sa_i} + F_v \cdot a_0}.$$

13. Зіставляються величини розрахункового k_{sti} і необхідного нормативного k_{st}^H коефіцієнтів запасу стійкості (прийняти $k_{st}^H = 1,2$), і на цьому розрахунок закінчується. На практиці ж необхідно намітити нові центри обертання O_2-O_n , знайти коефіцієнти $k_{st2}-k_{stn}$ і визначити, в кінцевому рахунку, $k_{st_{stmin}}^H$. Оскільки виконання зазначених розрахунків ручним засобом є дуже трудомістким, розроблені спеціальні комп'ютерні програми, за допомогою яких шляхом перебору варіантів встановлюється найменше значення коефіцієнта запасу стійкості. Якщо $k_{st} < k_{st}^H$, то потрібно вжити заходів по підвищенню стійкості укосу (проектування більш положистого його обрису, заглиблення фундаменту і збільшення його ширини, проектування пальового фундаменту і т. д.), після чого виконати розрахунки з урахуванням нових умов.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 11

РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТІВ В ОСОБЛИВИХ ҐРУНТОВИХ УМОВАХ

Проектування та влаштування ґрунтових подушок

Ґрунтові подушки влаштовують для повної заміни шару слабкого ґрунту (при невеликій його товщині) або лише певного його об'єму в межах активної зони основи (іншими словами – стисливої або деформаційної зони, що впливає на осідання фундаменту) на глибину $1-2 b$ (b – ширина підшви фундаменту) і більше шляхом відсипання привізних або місцевих ґрунтів із подальшим їхнім пошаровим ущільненням укочуванням (котками, транспортними засобами і т. п.), вібруванням (віброкотками, віброплитами, самохідними й переставними вібротрамбівками) або механічним трамбуванням. У першому випадку при прорізанні усього шару слабкого ґрунту подушки називають «обпертими», у другому – «розподільчими».

Як матеріал для подушок застосовують привізні пісок (крупний або середньої крупності без глинистих або органічних домішок), гравій, щебінь, шлак, мінеральні відходи різних виробництв або місцеві перероблені глинисті

грунти. Подушки із сипких матеріалів, маючи порівняно високу несучу здатність і дренажні властивості, особливо ефективно сприяють зміцненню водонасичених ґрунтів. Подушки ж із місцевих глинистих ґрунтів доцільні як штучні основи при будівництві на лесових просадних ґрунтах, оскільки ущільнений глинистий ґрунт подушки, маючи підвищені міцнісні характеристики та малу стисливість, набуває також і низької фільтраційної здатності, що дозволяє йому слугувати протифільтраційним екраном і впливати від того на зниження абсолютної величини й відносної нерівномірності деформацій нижче розташованої непереробленої ґрунтової товщі.

Найпростішим і здебільшого застосовуваним у практиці фундаментобудування видом штучної основи є піщані подушки. Їх улаштовують у попередньо відкопаних котлованах із максимально крутими укосами (але не крутішими за природні укоси для даного ґрунту) або з кріпленням їхніх стінок на розрахункову глибину $d + H_{cs}$ (рис. 1.20). Відсипувані шари піску товщиною 15–20 см ущільнюють укочуванням, вібруванням або трамбуванням до щільності сухого ґрунту не менше $d_s = 1,65 \text{ г/см}^3$ (зазвичай приймають $d_s = 1,65 - 1,7 \text{ г/см}^3$). При ущільненні піску важкими трамбівками товщину відсипуваних шарів збільшують до 2 м. Якщо подушку влаштовують у сухому котловані, а пісок має низьку вологість, то при пошаровому укладанні його дозволяють поливанням до оптимальної вологості W_{opt} (приймають $W_{opt} = 8 - 10 \%$ або визначають за формулою)

$$W_{opt} = 0,7 \cdot e \cdot \frac{\rho_w}{\rho_s},$$

де e – коефіцієнт пористості ґрунту;

ρ_s – щільність твердих мінеральних часток ґрунту, г/см^3 ;

ρ_w – щільність води, яка дорівнюється 1 г/см^3 .

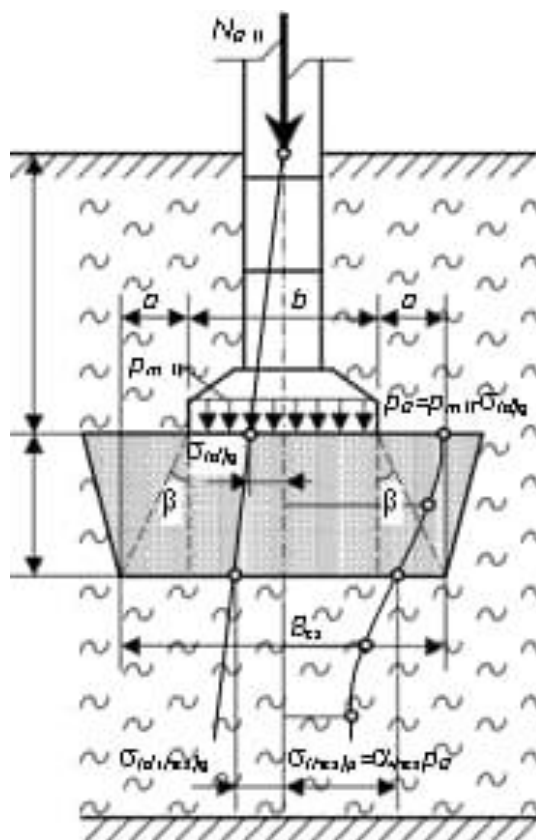


Рисунок 1.20 – Розрахункова схема до проектування піщаної подушки

У спеціально розроблюваному проекті влаштування ґрунтових подушок мають бути зазначені їхня висота й розміри в плані (у межах окремих фундаментів або будівлі чи споруди в цілому); рекомендовані види ґрунтів та їхні фізико-механічні характеристики; значення оптимальної вологості й потрібної щільності ґрунту; товщина відсипних шарів; типи ґрунтоущільнювальних механізмів, розрахунковий опір ущільненого ґрунту подушки.

Для практичних обчислень розмірів ґрунтової подушки можна користуватись спрощеною методикою. При цьому висоту подушки (рис. 1.20) визначають за умови, щоб тиск по її підшві на підстильний шар $\sigma(d + H_{cs})_{II}$ не перевищував розрахункового опору слабого ґрунту $R(d + H_{cs})$ на глибині покрівлі підстильного шару, тобто при дотриманні нерівності

$$\sigma(d + H_{cs})_{II} = \sigma(d + H_{cs})_g + \sigma(H_{cs})_p \leq R(d + H_{cs}),$$

де $\sigma(d + H_{cs})_g$ та $\sigma(H_{cs})_p$ – відповідно природний тиск від власної ваги ґрунту та додатковий тиск від зовнішнього навантаження, що передається через фундамент по його підшві, на глибині $d + H_{cs}$ покрівлі підстильного шару слабкого ґрунту.

Розміри подушки в плані залежать від опору горизонтальному тиску ґрунту, що розташований навколо подушки. Зазначена характеристика повинна запобігти витисканню подушки в сторони задаються кутом β (рис. 1.20), під яким тиск від зовнішнього навантаження розподіляється в тілі ґрунтової подушки. Досвід будівництва засвідчує, що її стійкість забезпечується при $\beta = 30 - 45^\circ$, причому чим більша відмінність у механічних характеристиках слабкого ґрунту й піску, застосованого для подушки, тим кут β більший. Тоді ширину подушки понизу B_{cs} можна визначити за формулою

$$B_{cs} = b + 2a = b + 2H_{cs} \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Ширину подушки поверху призначають, урахувуючи, що котлован для неї відкопується з максимально крутим укосом.

Більш точні розміри ґрунтових подушок доцільно визначати, розглядаючи їхню стійкість, у складних випадках улаштування штучних основ.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 12

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМУ, ШВИДКОСТІ ТА ДІЙСНОЇ ШВИДКОСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ВОД

За трьома свердловинами, які розташовані (у плані) в кутах рівностороннього трикутника визначаємо напрямок, швидкість фільтрації та дійсну швидкість руху підземних вод.

Для визначення напрямку руху підземних вод необхідно побудувати (у масштабі $M 1:1000$) план розташування свердловин (орієнтація плану довільна). Біля кожної свердловини вказати в чисельнику її номер, а знаменнику – абсолютну позначку рівня ґрунтових вод (РГВ). Ця відмітка розраховується як різниця між абсолютною позначкою гирла свердловини та глибиною залягання РГВ. На лінії між свердловинами з максимальною та мінімальною відмітками РГВ методом інтерполяції знайти відмітку середньої свердловини. Отриману відмітку з'єднати з фактичною середньою позначкою. Лінія, яка з'єднує крапки з однаковими відмітками РГВ, називається гідроізогіпсою. На гідроізогіпсі зі свердловини з найбільшою відміткою РГВ опустити перпендикуляр (показати стрілкою). Нормаль цієї лінії в сторону зменшення абсолютних відміток і є напрямком руху підземних вод або лінія течії (рис. 1.21).

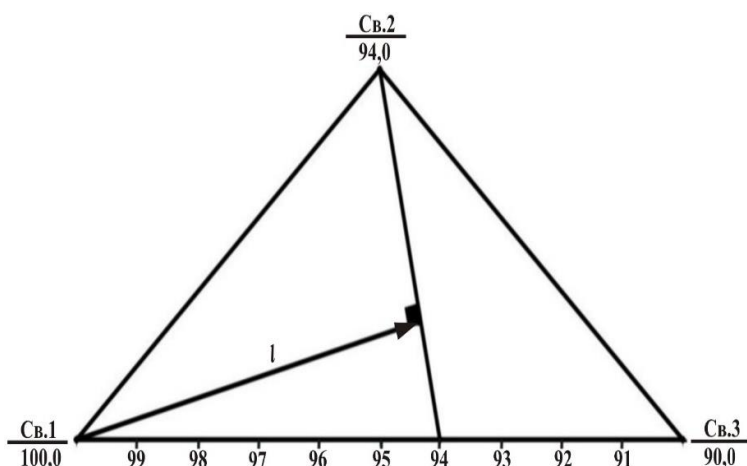


Рисунок 1.21 – Схема визначення напрямку руху підземних вод

Таким чином, напрямок потоку підземних вод перпендикулярно гідроізогіпси і направлений у бік зниження рівня ґрунтових вод (показати стрілкою).

Згідно із законом руху підземних вод, встановленого у 1856 р. французьким гідрогеологом А. Дарсі, швидкість руху підземних вод прямо пропорційна гідравлічному градієнту:

$$V = k_f I,$$

де k_f – коефіцієнтом фільтрації;

I – гідравлічний градієнт.

Коефіцієнт пропорційності k_f називається коефіцієнтом фільтрації, визначається експериментально, залежить від типу порід і чисельно дорівнює швидкості руху води при $I = 1$.

Орієнтовні значення коефіцієнтів фільтрації:

- для крупноуламкових порід (галька, щебінь) та сильно тріщинуватих скельних порід від 100 до 1 000 м/добу;
- для пісків крупних від 20 до 50 м/добу;
- для пісків середньої крупності від 5 до 20 м/добу;
- для пісків дрібних від 5 до 10 м/добу;
- для пісків пилюватих від 1 до 5 м/добу;
- для супісків від 1 до 2 м/добу;
- для суглинків від 0,1 до 1 м/добу;
- для глин від 0,1 до 0,001 м/добу і менше.

Гідравлічний, або напірний, градієнт визначається як відношення різниці рівнів підземних вод між двома точками по лінії течії до відстані між цими точками, розраховується по формулі

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L},$$

де H_1, H_2 – величини гідродинамічного напору в різних перерізах потоку, м;

L – відстань між перерізами, м.

Швидкість руху, визначена за формулою вище, не є дійсною швидкістю, а значно меншою при одному і тому ж гідравлічному градієнті. Це пояснюється тим, що вода фільтрується не по всій площі поперечного перерізу A , а по тій частині, де є пори. Дійсна швидкість руху води

$$v = \kappa_f \frac{J}{n},$$

де n – поруватість породи, тобто частина площі в долях одиниці, яка припадає на пори.

Умови залягання та розповсюдження підземних вод відображаються на гідрогеологічних картах, які складаються на топооснові і на певну пору року. Поверхня (дзеркало) підземних вод зображується на картах у вигляді ізоліній – гідроізогіпсів. Гідроізогіпса – лінії, що з'єднують однакові абсолютні (або відносні) відмітки дзеркала підземних вод.

Для побудови гідрогеологічної карти пробурюють ряд розвідувальних свердловин по певній сітці. За допомогою мірної хлопавки вимірюють сталий рівень ґрунтових вод, а топографічним методом визначають абсолютні відмітки гирла свердловин та дзеркала підземних вод. Арифметичним методом або за допомогою палетки знаходять точки з однаковими відмітками поверхні підземних вод через певний крок (як правило, 0,5–1 м), які з'єднують плавними кривими (рис. 1.22).

Гідроізогіпси мають всі властивості горизонталей. За допомогою такої карти можна визначити глибину до води у будь-якій точці як різницю між відмітками поверхні та дзеркала підземних вод, напрям руху, гідравлічний градієнт, а за необхідності і запроектувати дренажну систему.

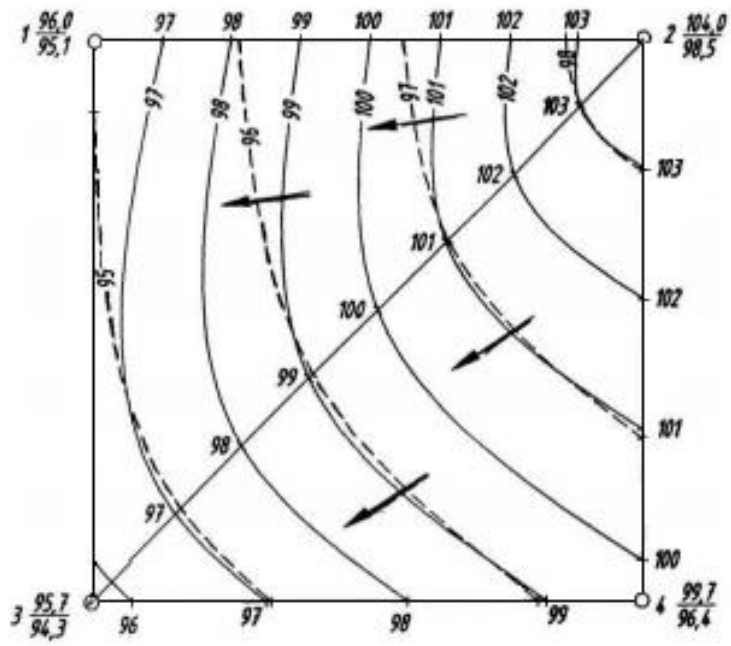


Рисунок 1.22 – Карта гідроізогіпсів за даними буріння чотирьох свердловин

2 САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота є однією із форм оволодіння навчальним матеріалом. Її спрямовано на закріплення отриманих знань. Головною метою самостійної роботи є поглиблення теоретичних знань, набуття і удосконалення практичних навичок та умінь, формування пізнавальної активності, підвищення рівня організованості студентів тощо.

Основними завданнями самостійної роботи є засвоєння в повному обсязі основної освітньої програми та послідовне вироблення навичок ефективної самостійної професійної (практичної й науково-теоретичної) діяльності на рівні світових стандартів.

Зміст самостійної роботи студента визначається навчальною програмою дисципліни, завданнями та рекомендаціями викладача.

Самостійна робота студентів охоплює: підготовку до аудиторних занять (лекцій, практичних, семінарських, лабораторних тощо); виконання завдань з навчальної дисципліни протягом семестру; роботу над окремими темами навчальних дисциплін; підготовку до практичних занять та виконання завдань; підготовку до всіх видів контрольних випробувань, у тому числі до модульних контрольних робіт.

Самостійна робота студента забезпечується системою навчально-методичних матеріалів, передбачених для вивчення навчальної дисципліни: підручниками, навчальними та методичними посібниками, конспектами лекцій та практикумів (у т.ч. на електронних носіях) тощо. Розподіл часу самостійної роботи наведено у робочій програмі з навчальної дисципліни.

Тема 1 Загальна характеристика ґрунтів

Склад та будова ґрунту. Інженерно-геологічні класифікація ґрунту. Інженерно-геологічні особливості ґрунтів. Фізичні характеристики ґрунтів.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю «ґрунт».
2. Назвіть складові термодинамічної моделі ґрунту.

3. Дайте визначення поняттю «основа».
4. Дайте визначення фундаменту?
5. Що таке структура ґрунту?
6. Які структури ґрунту виділяють?
7. Що таке текстура ґрунту?
8. Які текстури ґрунту виділяють?
9. Наведіть інженерно-геологічну класифікацію ґрунтів.
10. Які таксонометричні одиниці виділяють в інженерно-геологічній класифікації ґрунтів?
11. Надайте характеристику скельним ґрунтам.
12. Надайте характеристику дисперсним незв'язним ґрунтам.
13. Надайте характеристику дисперсним зв'язним ґрунтам.
14. Надайте характеристику мерзлим ґрунтам.
15. Надайте характеристику техногенним ґрунтам.
16. Основні фізичні характеристики ґрунтів.
17. Похідні фізичні характеристики ґрунтів.
18. Класифікаційні фізичні характеристики.

Тема 2 Механічні властивості ґрунтів

Стисливість ґрунтів. Водопроникність ґрунтів. Визначення модуля деформації в лабораторних та польових умовах. Визначення кута внутрішнього тертя та питомого зчеплення ґрунту. Поняття про напруження в ґрунтовому масиві.

Контрольні питання

1. Як визначається показники стисливості ґрунтів?
2. Наведіть основні характеристики стисливості ґрунтів.
3. Як визначається модуль загальної деформації?
4. Дайте визначення водопроникності ґрунтів.
5. Закон Дарсі.
6. Закон ламінарної фільтрації.

7. Наведіть типи руйнування ґрунтів.
8. Які показники використовуються для оцінки стійкості укосів та схилів?
9. Закон опору незв'язних (сипучих) ґрунтів.
10. Закон опору зв'язних ґрунтів (закон Кулона).
11. Для чого необхідно визначати напруження в ґрунтовому масиві?
12. Напруження в ґрунтах від власної ваги.
13. Який вигляд має еюра напружень по глибині однорідного шару ґрунту?
14. Як визначається природній тиск по глибині, що виникає у ґрунтовому масиві від власної ваги ґрунту?
15. Як визначається напруження у ґрунті від зовнішнього навантаження (додатковий тиск), прикладеного до ґрунтового масиву?

Тема 3 Міцність ґрунтів

Фази напруженого стану ґрунтів. Стійкість ґрунтових масивів.

Контрольні питання

1. Надайте характеристику графіку залежності осідань фундаменту від тиску під його подошвою.
2. Що відноситься до першої групи граничних станів?
3. Що відноситься до другої групи граничних станів?
4. Як проводиться розрахунок розрахункового опору?
5. Подайте визначення поняття «укос».
6. Подайте визначення поняття «схил».
7. Наведіть основні причини втрати стійкості схилу.
8. Як визначають складний напружений стан ґрунтів на схилах?
9. Поняття про стійкість укосу в ідеально сипучих ґрунтах.
10. Наведіть умови для забезпечення стійкості схилу.
11. В чому полягає суть метода круглоциліндричної поверхні ковзання?
12. Наведіть алгоритм виконання практичних розрахунків стійкості укосів і схилів за методом круглоциліндричної поверхні.

13. Які інженерні заходи використовують для підвищення стійкості укосів і схилів?

Тема 4 Фундаменти мілкового закладання

Конструкції фундаментів мілкового закладання. Визначення глибини закладання фундаментів. Визначення ширини подошви фундаментів. Визначення величини осідання фундаментів.

Контрольні питання

1. Подайте визначення поняття «подошва фундаменту».
2. Подайте визначення поняття «фундамент».
3. Подайте визначення поняття «обріз фундаменту».
4. Що називають глибиною закладання фундаменту?
5. Подайте визначення поняття «фундаменти мілкового закладання».
6. Подайте визначення поняття «фундаменти глибокого закладання».
7. Подайте визначення поняття «пальові фундаменти».
8. Які типи фундаментів розрізняють за методом виготовлення?
9. Які типи фундаментів розрізняють за матеріалом?
10. Які типи фундаментів розрізняють за формою в плані?
11. Які типи фундаментів розрізняють за різновидом роботи під навантаженням?
12. Які фактори враховують при виборі глибини закладання фундаменту?
13. Як визначають ширину подошви фундаменту?
14. Наведіть етапи розрахунків осідання фундаменту.

Тема 5 Пальові фундаменти

Види і типи палей. Технологія улаштування палей. Визначення несучої здатності палей.

Контрольні питання

1. Подайте визначення поняття «палея».
2. Наведіть схему пальового фундаменту.

3. Подайте визначення поняття «ростверк».
4. Наведіть класифікацію палів за матеріалом.
5. Наведіть класифікацію палів за конструкцією.
6. Наведіть класифікацію палів за способом заглиблення в ґрунт.
7. Наведіть класифікацію палів за різновидом роботи.
8. Наведіть технологію бурін'єкційних палів.
9. Наведіть технологію буронабивних палів.
10. Подайте визначення поняття «відмова» палі.
11. Подайте визначення поняття «відпочинок» палі.
12. В чому полягає визначення несучої здатності палі.
13. Наведіть розрахункову схему до визначення несучої здатності палі.

Тема 6 Особливі ґрунтові умови

Просадні та набухаючі ґрунти, насипні ґрунти, зсувонебезпечні території, мерзлі і пучинисті ґрунти, підтоплені території та ін.

Контрольні питання

1. Що належить до складних інженерно-геологічних умов?
2. Подайте визначення поняття «просідний ґрунт».
3. Як виконується ущільнення просідних ґрунтів важкими трамбівками?
4. Як влаштовуються фундаменти у витрамбованих котлованах?
5. Як виконується ущільнення основ ґрунтовими палями?
6. Як виконується ущільнення ґрунтів шляхом замочування з вибухами?
7. Що включаюць водозахисні заходи.
8. Що включаюць конструктивні заходи?
9. Завдяки чому досягається підвищення жорсткості будівель?
10. Які заходи передбачають при будівництві на набухаючих ґрунтах.
11. Які заходи передбачають при будівництві на мерзлих і пучинистих ґрунтах.
12. Які заходи передбачають при будівництві на насипних ґрунтах.
13. Наведіть методи будівництва на слабких ґрунтах.

14. Які заходи передбачають при будівництві на засолених ґрунтах?

15. Які заходи передбачають при будівництві на територіях із підземними порожнинами?

16. Які заходи передбачають при будівництві в сейсмічних регіонах?

17. Які заходи передбачають при будівництві на зсувонебезпечних територіях?

Тема 7 Засоби підсилення основ та фундаментів

Зміцнення і підсилення основ; підсилення і реконструкція фундаментів неглибокого закладання; підсилення пальових фундаментів.

Контрольні питання

1. Що входить до складу робіт з обстеження основ і фундаментів для виявлення їхнього фактичного стану?

2. Яким шляхом виконується зміцнення і підсилення основ?

3. Які заходи використовують для захисті основ від впливу підземних вод?

4. Які методи використовують при здійсненні водозниження в ґрунтах, що мають коефіцієнт фільтрації менше 0,1 м/добу?

5. Які методи використовуються при підсилення і реконструкція фундаментів неглибокого закладання?

6. В яких випадках використовується підсилення пальових фундаментів?

7. Які існують способи підсилення пальових фундаментів?

8. Що необхідно для оцінки ступеня стійкості схилів і укосів?

9. Які заходи використовуються для закріплення нестійкого (зсувного) схилу?

10. Від чого залежить деформація при взаємному впливі фундаментів?

11. Для чого використовують фундаментів з консолями?

12. Наведіть основні методи підсилення основ та фундаментів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б А.1.1-25-94. Ґрунти. Терміни та визначення. – Чинний від 1994–10–01. – Київ : Мінбудархітектури України, 1994. – 46 с.
2. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. – Чинний від 1997–04–01. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 47 с.
3. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – Чинний від 2019–01–01. – Мінреґіонбуд України. – Київ, 2018. – 36 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматолоґія. – Чинний від 2011–11–01. – Мінреґіонбуд України. – Київ, 2011. – 123 с.
5. ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва (Друга редакція) – Чинний від 2014–08–01. – Міністерство реґіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2014. – 128 с.
6. ДСТУ Б В.2.1-27:2010 Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. – Чинний від 2010–12–22. – Мінреґіонбуд України. – Київ, 2011. – 11 с.
7. ДБН В.1.1-46 2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. – Чинний від 2017–11–01. – Міністерство реґіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2017. – 51 с.
8. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014 Настанова з проектування підпірних стін. – Чинний від 2014–12–31. – Мінреґіонбуд України. – Київ, 2015. – 86 с.
9. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко, О. Г. Рудь, О. В. Кічаєва, О. В. Самородов, О. В. Гаврилук ; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 563 с.
10. Александрович В. А. Механіка ґрунтів і основи фундаментобудування : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх

форм навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології [Електрон. ресурс] / В. А. Александрович, Ю. І. Кобзар, О. В. Гаврилюк ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електр. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 111 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/63579/>, вільний (дата звернення: 08.07.2023). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних робіт і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МЕХАНІКА ҐРУНТІВ І ОСНОВИ ФУНДАМЕНТОБУДУВАННЯ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології)*

Укладачі : ГАВРИЛЮК Ольга Володимирівна,
АЛЕКСАНДРОВИЧ Вадим Анатолійович,
КОБЗАР Юрій Іванович

Відповідальний за випуск *В. А. Александрович*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. В. Гаврилюк*

План 2023, поз. 10М

Підп. до друку 08.08.2023. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 3,8.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.