

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

**03-03-198М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять, курсової та самостійної роботи з навчальної  
дисципліни

**«Механіка ґрунтів, основи та фундаменти транспортних споруд з  
курсовою роботою»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна  
інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною  
радою з якості ННІБА  
Протокол № 4 від 21 січня 2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до практичних занять, курсової та самостійної роботи з навчальної дисципліни **«Механіка ґрунтів, основи та фундаменти транспортних споруд з курсовою роботою»** для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Кузло М. Т., Фурсович М. О., Супрунюк В. В., Зятюк Ю. Ю., Павлюк А. П., Скрипник М. М. – Рівне : НУВГП, 2025. – 51 с.

Укладачі: Кузло М. Т., д.т.н, професор, Фурсович М. О., к.т.н, доцент, В.В.Супрунюк, к.т.н, доцент, Зятюк Ю. Ю., к.т.н., доцент, Павлюк А. П., к.т.н, доцент, Скрипник М. М., к.т.н, ст. викл.

Відповідальний за випуск: Кузло М. Т., д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільних доріг, основ і фундаментів.

Керівник освітньої програми: Караван В. В., к.т.н., доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

© М. Т. Кузло,  
М. О. Фурсович,  
В. В. Супрунюк,  
Ю. Ю. Зятюк,  
А. П. Павлюк,  
М. М. Скрипник, 2025  
© НУВГП, 2025

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ .....	4
1.Варіанти ґрунтових умов будівельних майданчиків (Таблиця 1.1) .....	6
2.Варіанти будівельних майданчиків (Рис. 2.1) .....	9
3.Варіанти нез'язних ґрунтів (Таблиця 3.1) .....	10
4.Варіанти зв'язних ґрунтів (Таблиця 4.1) .....	11
5.Аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика (приклад) .....	13
6.Визначення типу ґрунтових умов за просіданням (приклад) .....	20
7.Висновки про інженерно-геологічні умови будівельного майданчика (приклад) .....	21
8.Визначення навантажень на підпірну стінку та ґрунт основи (приклад) .....	22
9.Розрахунок основи за несучою здатністю (приклад).....	36
10. Розрахунки деформацій основи підпірної стіни (приклад).....	40
11.Додаток .....	51
Класифікація пісків залежно від гранулометричного складу (Таблиця 11.1) .....	51
Класифікація пісків за щільністю будови (Таблиця 11.2) .....	51
Класифікація пісків за коефіцієнтом водонасичення (Таблиця 11.3) .....	51
Класифікація глинистих ґрунтів за числом пластичності (Таблиця 11.4) .....	51
Класифікація глинистих ґрунтів за показником текучості (Таблиця 11.5).....	51

## ВСТУП

Одним із завдань ІГД є встановлення фізико-механічних характеристик ґрунтів (щільності частинок ґрунту, щільності ґрунту, природної вологості, вологості на межі текучості і межі розкочування, гранулометричного складу, міцнісних і деформативних характеристик тощо). Інколи передбачається встановлення деяких специфічних характеристик (наприклад, при проектуванні фундаментів під різні станки, механічне обладнання, під час роботи яких передаються динамічні навантаження на ґрунт, виникає потреба у визначенні додаткових деформативних і міцнісних характеристик ґрунту). Всі названі характеристики можна визначати як в лабораторних так і в польових умовах. Як відомо лабораторні дослідження проводяться на зразках ґрунту відібраних з монолітів (**моноліт** - це зразок ґрунту відібраний із свердловини чи шурфа і певним чином замаркований і упакований для того щоб його можна було доставити на місце проведення лабораторних досліджень без порушення природного стану ґрунту). Отже, для проведення лабораторних досліджень фізико-механічних характеристик ґрунтів необхідно влаштовувати розвідувальні виробки - шурфи і свердловини (це основні).

*Шурфи* – вертикальні виробки прямокутного чи круглого перерізу глибиною до 25м (проходяться вручну).

Позитивною особливістю шурфів є можливість відбору якісних зразків ґрунту непорушеної структури й оглянути пройдені шари ґрунтів в умовах їх природного залягання. Недоліком є їх висока трудомісткість і вартість. Їх влаштовують, як правило, коли не можна пробурити свердловини (вміст глиб, валунів).

*Свердловини* – це вертикальні виробки, які проходять бурінням (найчастіше ударно-канатним).

З розвідувальних виробок, по мірі їх проходження відбирають зразки ґрунту непорушеної (моноліти) і порушеної структури. З монолітів відбирають зразки ґрунту для визначення щільності ґрунту, міцнісних і деформативних характеристик. Лабораторні дослідження по визначенню щільності частинок ґрунту, природної вологості, вологості на межі текучості і межі розкочування, гранулометричного складу проводять із зразками порушеної структури.

**Проведення ІГД.** ІГД виконують пошукові організації відповідно до технічного завдання, складеного проектними організаціями. Технічне завдання поряд з даними необхідними для проведення ІГД (схема розміщення розвідувальних свердловин, шурфів, їх діаметр і

довжина, кількість монолітів з кожної свердловини) містить відомості про розміщення будівель і споруд на ділянці згідно з проектом.

До складу ІГД входять такі роботи: вивчення матеріалів раніше проведених досліджень (якщо такі були) і інженерно-геологічні розвідування. Обсяг робіт по кожному них різний. Це залежить від ступеня вивченості району будівництва в інженерно-геологічному відношенні, ступеня складності геологічної будови ділянки, особливостей фізико-механічних властивостей ґрунтів (просідаючі, набухаючі чи звичайні ґрунти); конструктивних особливостей будівлі і їх капітальності.

ІГД можуть проводитись в I і II етапи. ІГД в I етап проводять в нескладних інженерно-геологічних умовах, коли розміщення будівель і споруд на ділянці забудови точно визначене, а їхні конструктивні особливості відомі. У решті випадків ІГД проводять в два етапи – спочатку для технічного звіту, а потім для робочих креслень. Дослідження на стадії *технічного звіту* полягають у виборі будівельного майданчика і його послідовному вивченні. Дослідження на стадії *робочих креслень* проводять стосовно кожної будівлі, яка розміщена на майданчику (ці дослідження є додатковими і більш детальними відносно досліджень на стадії технічного звіту). Розвідувальні виробки розміщують на ділянці з урахуванням розташування будівель і споруд, що передбачаються проектом. Відстань між виробками в межах будівлі призначають від 20 до 100 м, залежно від ступеня складності геологічної будови майданчика. В усіх випадках в межах кожної будівлі чи споруди розміщується не менше трьох розвідувальних виробок. В обох випадках (один чи два етапи) мова йде про дослідження, які призначені для зведення будівель I і II класів капітальності. ІГД на ділянках, де передбачається зведення будівель III і IV класів, проводяться прискореними методами у скороченому вигляді.

За результатами ІГД складають звіт, до якого входять пояснювальна записка і графічна частина. Пояснювальна записка містить завдання і програму досліджень, фактичний матеріал досліджень, висновки і рекомендації на періоди проектування, будівництва і експлуатації будівлі. В графічну частину входять інженерно-геологічна карта, інженерно-геологічні розрізи та інший графічний матеріал.

**Приклад** аналізу інженерно-геологічних умов будівельного майданчика див. п. 5-8.

# 1. ВАРІАНТИ ҐРУНТОВИХ УМОВ БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ

Таблиця 1.1.

№ варіанта ПУ	№ будмайданчика	Позначки горизонталей на рис. 1					Позначки устя свердловин			Номер ґрунту за таблицею 2, 3 і потужність шарів															Рівень підземних вод			Населений пункт		
		1	2	3	4	5	1	2	3	ґЕ - 1, ґрунтово-поселений, м	ґЕ - 2			ґЕ - 3			ґЕ - 4			ґЕ - 5			у св. № 1	у св. № 2	у св. № 3					
											Товщина ґЕ, м			Товщина ґЕ, м			Товщина ґЕ, м			Товщина ґЕ, м										
											у св. № 1	у св. № 2	у св. № 3	у св. № 1	у св. № 2	у св. № 3	у св. № 1	у св. № 2	у св. № 3	у св. № 1	у св. № 2	у св. № 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
00	0	52,5	53,0	53,5	53,0	52,5	53,2	52,7	52,7	0,6	68	8,8	7,7	8,1	69	2,0	1,9	2,1	74	1,8	2,0	1,9	87	3,0	3,4	2,9	42,8	42,9	42,7	Херсон
01	1	141,0	141,5	142,0	142,5	143,0	141,2	141,7	142,7	0,4	1	3,4	3,5	3,7	54	6,0	6,2	6,3	56	3,9	4,0	4,2	39	6,0	6,3	6,3	137,6	137,7	138,2	Сарни
02	2	146,0	149,5	150,0	150,5	151,0	146,0	150,2	151,0	0,5	53	6,9	10,4	11,3	69	5,6	6,0	6,1	10	0,8	0,9	0,7	25	5,2	5,6	4,4	133,0	133,7	133,2	Дрогобич
03	3	103,5	103,0	104,0	104,5	---	104,2	103,7	104,2	0,3	52	8,0	7,6	8,0	6	4,2	4,1	4,0	71	1,8	1,9	1,7	98	1,7	2,5	2,3	91,7	91,8	91,7	Запоріжжя
04	4	51,0	51,5	51,5	51,5	---	51,1	51,7	51,4	0,4	54	4,0	3,9	4,2	58	2,6	3,0	3,1	13	2,8	3,0	3,1	8	5,2	7,7	4,2	50,4	50,4	50,4	Скадовськ
05	5	126,5	127,0	127,5	128,0	126,0	126,7	127,4	126,0	0,4	9	4,2	5,0	5,5	73	4,2	4,0	3,6	81	2,9	3,0	2,7	31	3,3	2,6	4,8	118,0	118,4	118,0	Дубровиця
06	6	81,0	81,5	82,0	81,5	81,0	81,7	81,3	81,7	0,3	28	2,1	2,6	2,2	126	5,1	5,0	5,2	26	1,2	0,8	1,1	119	4,3	5,3	4,2	72,2	72,0	72,2	Миколаїв
07	7	230,0	230,5	231,0	231,5	---	230,7	231,6	230,9	0,4	94	4,0	4,8	4,0	93	5,1	4,9	5,0	96	2,3	2,1	3,2	21	3,2	2,8	2,4	221,2	221,3	221,4	Дніпродзерж
08	8	145,0	144,5	144,0	---	---	144,8	144,7	144,3	0,4	19	2,1	1,5	2,1	73	3,2	3,4	3,3	16	4,1	4,4	3,9	29	5,2	5,3	5,3	138,6	138,5	138,4	Березно
09	9	111,0	110,5	110,0	109,5	---	111,2	110,7	109,7	0,4	6	3,2	3,1	3,3	3	2,1	2,2	2,1	71	1,2	1,1	1,2	101	8,1	8,2	8,0	107,6	107,5	107,4	Зарічне
10	0	174,0	173,5	173,0	173,5	174,0	173,2	173,7	173,8	0,3	110	1,8	1,4	1,6	114	3,2	3,4	3,5	29	2,1	3,0	2,9	25	7,6	6,9	6,7	167,5	167,6	167,4	Конотоп
11	1	206,0	205,5	206,0	206,5	207,0	205,8	205,7	206,6	0,3	10	4,6	4,9	4,5	91	3,4	3,6	4,0	96	2,2	2,0	1,9	4	4,8	5,2	4,6	205,1	205,0	205,2	Путівль
12	2	231,0	227,0	226,5	226,0	226,5	231,2	226,7	226,7	0,4	108	9,6	6,3	6,2	110	2,7	2,6	2,7	31	0,8	1,2	0,9	86	6,9	5,8	5,8	218,0	218,2	218,0	Вінниця
13	3	103,0	102,5	102,0	101,5	---	101,7	102,3	101,7	0,4	107	2,2	2,6	2,2	108	6,0	6,1	6,3	100	2,0	2,1	2,2	26	4,8	4,2	4,3	91,5	91,3	91,4	П'ятихатки
14	4	172,0	171,5	170,0	171,5	---	171,7	170,2	170,3	---	22	2,1	2,7	2,0	84	4,5	4,0	4,4	17	4,2	4,5	4,4	70	4,2	3,8	4,2	171,0	171,0	171,0	Ківерці
15	5	123,0	122,5	122,0	122,5	124,5	122,7	122,2	124,6	0,3	77	4,2	4,0	6,0	78	3,0	2,9	3,1	70	3,6	3,5	3,4	26	4,2	4,1	2,5	115,0	115,0	115,1	Луганськ
16	6	138,0	137,5	137,0	136,5	136,0	137,2	136,3	137,2	0,4	102	6,0	5,5	6,1	103	5,8	5,6	5,7	106	2,1	2,2	2,0	119	1,7	2,3	1,8	125,1	124,8	125,1	Дубно
17	7	121,0	120,5	120,0	119,5	---	120,2	119,1	120,1	0,3	59	5,4	4,3	5,3	64	2,6	2,7	2,7	7	4,6	4,4	4,5	120	2,1	3,4	2,2	111,7	111,7	111,7	Краснодон
18	8	151,0	151,5	152,0	---	---	151,7	152,3	151,7	0,5	72	4,8	5,5	4,7	3	0,7	0,8	0,6	88	3,8	4,0	4,1	17	5,4	4,4	4,5	151,0	151,0	151,0	Бахмач
19	9	180,0	180,5	181,0	181,5	---	179,7	180,3	181,3	0,4	67	6,3	6,7	7,1	1	0,8	0,7	0,8	56	2,1	2,2	2,2	112	4,4	5,0	4,5	172,0	172,2	172,5	Здолбунів
20	0	190,0	190,5	191,0	191,5	192,0	190,8	190,3	191,7	0,4	93	4,2	4,2	4,9	94	2,8	3,0	2,6	90	4,1	4,2	4,1	16	3,5	3,2	3,0	183,0	184,0	183,2	Ромни
21	1	101,0	100,5	100,0	99,5	99,0	100,8	100,3	99,2	0,5	82	4,8	4,4	3,0	83	6,9	7,0	7,1	92	1,2	1,4	1,3	119	6,6	6,6	8,1	85,7	85,6	85,4	Дніпропетр
22	2	301,0	305,5	305,0	304,5	304,0	301,0	304,7	303,8	0,4	83	2,2	5,7	5,8	87	4,0	4,1	4,0	97	2,0	2,1	2,0	12	2,8	2,7	3,6	292,2	292,4	292,5	Тернопіль
23	3	304,5	305,0	305,5	306,0	---	305,8	305,3	305,8	0,5	78	4,5	4,1	4,6	83	3,0	3,1	3,0	116	4,1	4,3	4,2	81	2,9	3,0	2,7	293,0	293,0	293,0	Львів
24	4	82,5	83,0	83,5	83,0	---	82,6	83,3	83,4	0,3	19	3,9	3,7	3,8	105	2,1	2,2	2,2	3	2,9	3,0	3,0	96	6,5	5,8	5,7	77,0	77,0	76,6	Очаків
25	5	93,5	93,0	93,0	93,5	96,5	93,2	92,8	96,6	0,5	76	7,8	8,1	12,0	55	3,2	3,3	3,3	30	1,5	1,6	1,5	5	2,0	1,5	1,7	85,7	85,6	85,4	Миколаїв
26	6	320,5	321,0	321,5	322,0	322,5	321,2	322,2	321,3	0,6	68	3,2	4,2	3,2	67	8,0	8,1	8,0	120	3,1	3,1	3,2	21	5,1	4,0	5,0	309,2	309,3	309,4	Макіївка

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
27	7	300,0	300,5	300,0	299,5	---	300,2	299,1	300,1	0,5	76	11,0	10,0	11,0	77	4,0	4,1	4,0	71	2,0	2,2	2,1	62	2,5	1,7	2,9	284,5	284,5	284,5	Коломия
28	8	32,0	31,5	31,0	---	---	31,2	30,7	31,2	0,3	2	4,1	3,6	4,1	65	5,0	5,1	5,1	86	2,0	2,1	2,1	59	3,6	3,9	3,3	29,5	29,5	29,5	Гола Прис.
29	9	45,0	45,5	45,5	45,0	---	44,8	45,3	45,2	0,3	74	3,7	4,3	4,3	16	3,0	3,1	3,1	104	3,0	3,9	3,9	98	5,0	4,6	4,4	44,1	44,1	44,1	Енергодар
30	0	137,0	136,5	136,0	136,5	137,0	136,2	136,7	136,7	0,4	122	4,3	4,8	4,7	93	2,2	2,0	2,1	111	4,2	4,0	4,1	112	3,9	3,8	3,8	127,0	127,2	127,2	Дубровиця
31	1	201,0	200,5	200,0	200,5	201,0	200,7	200,3	200,7	0,4	69	8,6	8,2	8,5	14	3,0	3,0	3,0	112	3,0	3,4	3,1	не виявлено				191,7	191,7	191,7	Київ
32	2	325,0	332,0	332,5	333,0	332,5	324,9	332,7	332,6	0,2	28	---	4,2	4,2	87	1,0	4,0	4,2	88	2,1	2,1	2,2	4	6,0	4,9	4,1	323,1	323,3	323,5	Горлівка
33	3	173,0	172,5	172,0	171,5	---	171,8	172,3	171,8	0,3	80	0,8	1,3	0,8	58	5,5	5,4	5,5	85	2,0	2,0	2,0	26	3,4	3,0	3,4	170,7	170,7	170,7	Рівне
34	4	327,0	327,5	328,0	328,5	---	327,1	327,8	328,1	0,5	94	6,0	6,1	6,2	69	3,0	3,1	3,1	105	2,0	2,1	2,0	56	3,5	3,3	3,2	316,0	316,0	316,0	Івано-Фран
35	5	293,5	294,5	294,5	294,0	292,0	293,8	294,3	292,0	0,6	77	8,0	8,5	6,0	109	3,0	3,0	3,0	30	1,0	1,0	1,0	12	2,4	1,9	2,4	284,0	284,0	284,0	Яремча
36	6	320,5	320,0	319,5	320,0	320,5	319,7	320,3	319,7	0,7	107	8,3	8,8	8,2	91	4,2	4,1	4,2	101	4,1	4,1	4,2	98	3,5	2,9	3,4	310,6	310,6	310,2	Донецьк
37	7	42,5	42,0	41,5	41,0	---	41,8	40,7	41,6	0,5	117	6,0	5,0	6,0	118	3,0	3,1	3,0	21	0,6	0,5	0,8	106	4,9	5,9	4,9	40,2	40,2	40,2	Чигирин
38	8	99,0	99,5	100,0	---	---	99,6	100,4	99,6	0,5	19	2,7	3,5	2,7	90	4,2	4,3	4,2	112	3,1	3,0	3,1	113	4,5	3,7	4,5	96,3	96,3	96,3	Коростень
39	9	63,0	62,5	62,0	62,5	---	63,2	62,8	62,3	0,3	53	3,8	3,4	2,9	51	11,0	11,2	11,1	7	1,0	1,1	1,1	39	3,2	3,9	4,5	58,2	58,2	58,2	Каховка
40	0	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	19,2	19,7	18,4	0,4	121	10,8	11,2	10,0	60	2,0	2,1	2,2	11	2,0	2,3	2,0	110	4,8	4,8	5,4	8,1	8,2	8,2	Мариуполь
41	1	186,0	186,5	187,0	186,5	186,0	186,2	186,7	186,3	0,3	28	1,1	1,6	1,2	1	1,2	1,2	1,3	61	4,4	4,5	4,6	4	5,0	4,4	4,6	183,6	183,6	183,6	Щорс
42	2	325,0	320,5	320,0	319,5	319,0	325,1	319,7	318,8	0,3	64	4,5	---	---	65	5,2	4,3	3,4	101	2,0	2,1	2,4	39	3,0	3,3	3,9	319,6	319,2	318,8	Калуш
43	3	127,0	126,5	126,0	125,5	---	125,8	126,3	125,8	0,0	22	2,0	2,1	3,0	3	3,2	4,1	3,1	118	2,1	2,2	2,1	24	3,7	3,6	2,1	125,5	125,5	125,5	Ковель
44	4	281,0	281,5	282,0	282,5	---	281,1	281,7	282,2	0,4	66	7,2	7,6	8,0	127	4,0	4,1	4,2	57	3,1	3,1	3,2	10	5,3	4,8	4,2	68,4	68,6	69,0	Кривий Ріг
45	5	160,5	161,0	160,5	160,0	159,5	160,7	160,6	159,4	0,4	48	2,5	2,4	1,2	10	2,8	2,8	3,8	115	4,2	4,3	4,4	39	5,1	5,1	5,2	158,0	158,0	158,0	Чернігів
46	6	63,5	64,0	64,5	65,0	64,5	64,2	64,8	64,3	0,5	97	3,2	4,3	3,2	118	4,2	4,3	4,2	25	0,6	0,5	0,6	62	6,5	5,4	6,5	62,5	62,5	62,5	Миргород
47	7	112,0	112,5	113,0	112,5	---	112,7	112,5	112,8	0,6	146	6,5	6,5	6,6	103	2,0	2,0	2,1	119	3,9	3,9	3,7	не виявлено				103,5	103,5	103,5	Черкаси
48	8	155,0	155,5	156,0	---	---	155,1	156,4	155,7	0,3	49	3,4	4,1	3,4	17	3,8	3,6	3,6	91	4,0	4,1	4,2	7	3,7	2,9	3,5	150,8	150,8	150,8	Костопіль
49	9	189,0	189,5	190,0	189,5	---	188,8	189,4	189,7	0,4	79	5,6	6,2	6,5	64	2,8	2,7	2,8	65	1,5	1,5	1,5	8	4,7	4,2	3,8	180,0	180,1	180,2	Полтава
50	0	220,0	220,5	221,0	221,5	221,0	220,8	220,2	221,3	0,5	128	8,4	7,8	8,9	127	5,2	5,2	5,2	13	1,2	1,2	1,2	36	4,7	4,7	4,7	206,4	206,4	206,4	Кіровоград
51	1	53,5	54,0	53,5	53,0	52,5	53,6	53,7	52,7	0,7	135	4,6	5,0	4,0	136	5,3	4,9	4,8	137	3,2	4,1	4,2	43	5,2	4,3	5,6	41,0	41,0	41,0	Золотоноша
52	2	53,0	56,5	57,0	57,5	58,0	52,8	56,7	58,2	0,4	136	6,5	10,0	10,6	97	2,0	2,2	2,1	84	4,1	4,2	4,0	39	2,0	2,2	1,9	46,7	46,8	46,0	Кременчук
53	3	60,0	60,5	61,0	61,5	---	61,2	60,7	61,3	0,3	43	4,8	5,3	4,9	55	4,2	4,1	4,1	87	2,7	2,8	2,8	139	3,0	2,5	2,9	59,4	59,4	59,4	Сміла
54	4	143,0	143,5	144,0	144,5	---	143,2	143,7	144,1	0,3	103	4,7	6,2	6,6	23	6,0	6,1	6,0	140	7,0	6,4	6,1	не виявлено				140,7	140,7	140,7	Нововолин
55	5	72,0	71,5	71,0	71,5	74,0	71,8	71,2	74,1	0,3	19	1,6	1,0	4,0	43	6,0	6,0	6,0	139	2,0	2,0	2,1	47	5,1	4,7	5,6	70,0	70,0	70,0	Суми
56	6	80,0	79,5	79,0	79,5	80,0	79,2	79,7	79,2	---	46	2,6	3,1	2,6	51	3,0	3,0	3,1	58	3,0	3,0	3,0	42	6,4	5,9	6,3	79,0	79,0	79,0	Котовськ
57	7	260,0	260,5	261,0	261,5	---	260,7	261,7	260,8	0,4	145	8,9	9,8	8,8	57	2,8	2,7	2,7	32	0,6	0,7	0,6	144	2,3	1,4	2,5	251,0	251,0	251,0	Збараж
58	8	250,5	250,5	251,0	---	---	250,8	251,1	250,8	0,4	146	10,2	10,6	10,2	137	3,1	3,2	3,2	37	0,8	0,6	0,8	45	3,5	3,2	3,4	237,3	237,3	237,0	Бережани
59	9	160,0	160,5	161,0	161,5	---	159,8	160,3	161,3	0,5	48	3,2	3,7	4,7	37	4,2	4,3	4,2	134	2,1	2,2	2,1	43	5,0	4,3	3,5	156,6	156,6	156,6	Коростень
60	0	200,0	200,5	201,0	200,5	200,0	200,2	200,7	200,3	0,3	81	4,6	5,1	4,7	91	3,1	3,0	3,0	42	3,1	3,1	3,1	24	3,9	3,5	3,9	195,2	195,2	195,2	Славута
61	1	167,0	167,5	168,0	167,5	167,0	167,3	167,8	167,3	0,4	137	4,8	5,3	4,8	139	4,0	4,0	4,0	40	3,7	2,0	2,0	36	3,8	3,3	3,8	162,0	162,0	162,0	Луцьк
62	2	152,0	149,0	148,5	148,0	147,5	152,1	148,3	147,4	0,3	49	6,8	3,0	2,1	32	1,2	1,2	1,2	120	4,5	4,5	4,5	140	3,2	3,0	3,9	145,1	145,0	144,9	Сарни
63	3	157,0	156,5	156,0	155,5	---	156,7	156,3	155,7	0,4	127	8,5	9,1	8,5	143	2,0	2,0	2,0	47	1,1	1,1	1,1	45	2,8	2,4	3,0	147,8	147,8	147,8	Рожнище

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
64	4	43,0	42,5	42,0	41,5	---	42,8	42,3	41,8	0,3	116	3,0	2,5	2,0	140	4,0	4,0	4,0	43	3,2	3,2	3,2	44	1,5	2,0	2,5	39,0	39,0	39,0	Бердянськ
65	5	170,0	169,5	169,0	169,5	172,0	169,8	169,3	172,2	0,4	121	4,8	4,3	7,2	122	4,2	4,3	4,2	131	2,1	2,1	2,1	134	3,3	3,9	3,1	160,4	160,4	160,4	Горчин
66	6	221,0	221,5	221,0	220,5	220,0	221,2	220,3	221,2	0,3	100	2,2	1,3	2,2	124	4,5	4,5	4,4	71	3,6	3,6	3,6	26	4,4	5,3	4,5	218,5	218,5	218,5	Житомир
67	7	260,0	259,5	259,0	258,5	---	259,2	258,3	259,2	0,3	49	2,1	1,2	2,1	48	3,2	3,3	3,3	138	2,1	2,1	2,2	134	4,3	4,9	4,1	252,6	252,6	252,6	Ланівці
68	8	250,0	249,5	249,0	---	---	249,7	248,8	249,3	0,4	126	3,5	3,0	3,5	36	5,4	5,3	5,4	35	2,9	2,9	2,9	38	2,8	3,3	2,8	245,2	245,2	245,2	Жмеринка
69	9	60,0	59,5	59,0	58,5	---	60,2	59,7	58,7	0,3	121	6,5	6,0	5,0	138	2,6	2,6	2,6	35	3,0	3,0	3,0	34	2,6	3,1	3,1	53,0	53,0	53,0	Нова Ках
70	0	160,0	159,5	159,0	159,5	160,0	159,7	159,1	159,7	0,3	9	2,6	2,0	2,6	27	2,5	2,5	2,5	131	6,0	6,0	6,0	40	3,6	4,2	3,6	156,8	156,8	156,8	Шостка
71	1	120,0	119,5	119,0	119,5	120,0	119,7	119,3	119,7	0,4	50	3,5	3,1	3,5	41	2,0	2,0	2,0	123	5,6	5,6	5,6	86	3,5	3,9	3,5	115,7	115,7	115,7	Шацьк
72	2	240,0	250,0	250,5	251,0	251,5	240,0	250,7	251,7	0,5	135	2,5	13,2	14,5	141	6,2	6,2	6,2	134	2,8	4,1	2,4	не виявлено			236,0	236,2	236,4	Умань	
73	3	260,0	260,5	261,0	261,5	---	261,2	260,7	261,2	0,3	73	6,2	5,7	6,2	130	4,9	4,9	4,9	34	0,8	0,8	0,8	139	2,8	3,3	2,8	255,2	255,2	255,2	Стаханов
74	4	41,0	41,5	42,0	41,5	---	41,1	41,8	41,9	0,7	52	10,2	10,9	11,0	65	3,5	3,5	3,5	11	0,8	0,9	0,7	39	4,8	4,0	4,1	30,1	30,1	30,1	Нікополь
75	5	45,0	44,5	44,0	43,5	41,0	44,8	44,1	39,9	0,6	128	8,6	7,9	4,7	138	2,1	2,1	2,1	36	1,2	1,2	1,2	144	2,5	3,2	3,4	34,6	34,6	34,6	Марганець
76	6	50,0	50,5	51,0	51,5	51,0	50,8	51,3	50,8	0,5	66	12,0	12,5	12,0	79	6,0	6,0	6,0	129	3,1	3,1	3,1	47	3,4	2,9	3,4	32,3	32,3	32,3	Мелітополь
77	7	96,0	96,5	97,0	97,5	---	96,7	97,8	96,8	0,6	77	8,9	10,0	9,0	62	4,0	4,0	4,0	12	2,4	2,4	2,4	29	4,1	3,0	4,0	87,2	87,2	87,2	Жовті Вод
78	8	111,0	111,5	112,0	---	---	111,3	112,2	111,6	0,3	6	2,7	3,3	2,7	40	1,2	1,2	1,2	142	4,8	4,8	4,8	36	6,0	6,4	6,0	108,6	108,6	108,6	Ратно
79	9	96,0	96,5	96,0	95,5	---	95,8	96,3	95,7	0,3	50	4,2	4,7	4,1	37	2,0	2,0	2,0	124	3,8	3,8	3,8	35	4,7	4,2	4,8	91,3	91,3	91,3	Любешів
80	0	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	15,8	15,2	16,7	0,4	141	3,3	3,9	4,8	142	4,6	4,6	4,6	139	2,9	2,9	2,9	43	3,8	3,2	2,3	13,2	13,2	13,2	Феодосія
81	1	56,0	55,5	55,0	55,5	56,0	55,8	55,3	55,6	---	46	1,4	1,9	1,4	88	4,2	4,2	4,2	101	3,6	3,6	3,6	119	5,8	5,3	5,8	55,0	55,0	55,0	Сімферополь
82	2	280,0	288,5	289,0	289,5	290,0	279,9	289,2	290,2	0,3	93	---	3,8	4,8	110	2,0	7,0	7,0	114	2,0	2,0	2,0	36	3,7	3,9	2,9	277,5	277,6	277,7	Геофіполь
83	3	183,0	183,5	184,0	184,5	---	184,2	183,7	184,2	0,4	92	4,2	3,7	4,2	112	6,0	6,0	6,0	120	3,0	3,1	3,0	31	2,4	2,8	2,4	178,0	178,0	178,0	Лубни
84	4	197,0	197,5	198,0	198,5	---	197,1	197,7	198,1	0,4	150	5,6	6,0	6,3	3	4,1	4,2	4,3	87	2,1	2,1	2,1	120	2,8	2,3	1,9	196,0	196,0	196,0	Шепетівка
85	5	221,0	221,5	222,0	222,5	218,0	221,2	221,9	217,8	0,5	149	4,2	4,9	1,2	73	3,2	3,3	3,3	14	3,6	3,6	3,7	96	3,4	2,7	3,3	213,0	213,0	213,0	взяслав
86	6	245,0	244,5	244,0	244,5	245,0	244,3	244,7	244,3	0,5	147	8,2	8,6	8,2	146	2,0	2,0	2,0	14	1,2	1,2	1,2	36	6,1	5,7	6,1	233,5	233,6	233,7	Хоростків
87	7	250,0	250,5	251,0	251,5	---	250,8	251,8	250,9	0,4	146	6,2	6,2	6,3	48	1,5	1,4	1,5	24	6,9	7,0	6,8	не виявлено			238,8	238,7	237,6	Гараща	
88	8	220,0	220,5	221,0	---	---	220,6	221,3	220,7	0,5	68	6,9	7,3	6,9	67	3,5	3,5	3,5	23	4,2	4,2	4,1	98	4,9	4,5	4,9	209,5	209,5	209,5	Броди
89	9	185,0	184,5	184,0	183,5	---	185,3	184,7	183,7	0,6	142	5,6	5,1	4,1	35	0,7	0,7	0,7	138	2,1	2,1	2,1	139	6,0	6,5	7,5	183,2	183,0	182,8	Харків
90	0	111,0	110,5	110,0	110,5	111,0	110,2	110,7	110,7	0,4	126	4,8	5,3	5,3	37	4,6	4,6	4,6	44	2,2	2,7	1,7	не виявлено			108,6	108,4	108,3	Олевськ	
91	1	226,0	225,5	225,0	224,5	225,0	225,9	225,3	224,7	0,3	49	3,1	3,1	2,5	35	2,0	2,0	2,0	36	4,2	4,2	4,2	134	4,8	5,4	6,5	221,8	221,8	221,8	Фастов
92	2	172,0	180,0	180,5	181,0	181,5	171,7	180,7	181,7	0,4	135	---	6,2	7,2	69	4,2	7,0	7,0	91	3,1	3,1	3,1	21	2,4	4,4	4,4	167,0	167,1	167,2	Кагарлик
93	3	123,0	123,5	124,0	124,5	---	124,3	123,7	124,3	0,3	20	6,5	6,0	6,5	97	5,6	5,6	5,6	112	2,0	2,1	2,0	21	3,6	3,5	3,6	124,1	124,1	124,1	Маневичі
94	4	340,0	340,5	341,0	341,5	---	340,3	340,8	341,2	0,5	94	10,5	11,0	11,4	93	4,0	3,9	4,0	30	1,2	1,2	1,1	98	3,8	3,4	3,0	325,2	325,9	325,3	Яворів
95	5	62,5	62,0	61,5	61,0	52,0	62,4	61,6	51,9	0,5	76	12,0	11,6	2,0	59	2,5	2,3	3,1	74	3,1	3,0	3,1	29	1,9	2,7	2,4	47,8	47,8	47,8	Одеса
96	6	39,0	39,5	40,0	39,5	39,0	39,8	39,2	39,8	0,6	53	5,3	4,7	5,3	55	9,0	9,0	9,0	112	4,6	4,6	4,6	23	5,5	6,1	5,5	34,5	34,5	34,5	Кременчук
97	7	220,0	219,5	219,0	218,5	---	219,2	218,3	219,2	0,4	53	8,0	7,1	8,0	96	3,5	3,5	3,5	23	2,1	2,1	2,1	25	4,3	5,2	4,3	211,0	211,0	211,0	Хмельницьк
98	8	230,0	229,5	229,0	---	---	229,3	228,8	229,3	0,4	87	5,6	5,1	5,6	96	1,5	1,5	1,5	31	4,8	4,7	4,6	86	2,7	4,3	2,9	223,3	223,3	223,3	Ладичин
99	9	185,0	185,5	186,0	186,5	---	184,8	185,3	186,2	0,3	19	4,3	4,8	5,7	43	2,1	2,0	2,1	44	3,2	3,2	3,3	134	5,1	4,6	3,6	180,3	180,3	180,3	Острів
XV	У	181,0	181,5	182,0	181,5	181,0	181,2	181,7	181,3	0,5	152	4,2	4,7	4,3	153	5,8	6,3	6,4	151	1,2	1,2	1,1	154	3,3	2,3	2,7	170,3	170,2	169,9	Рівне



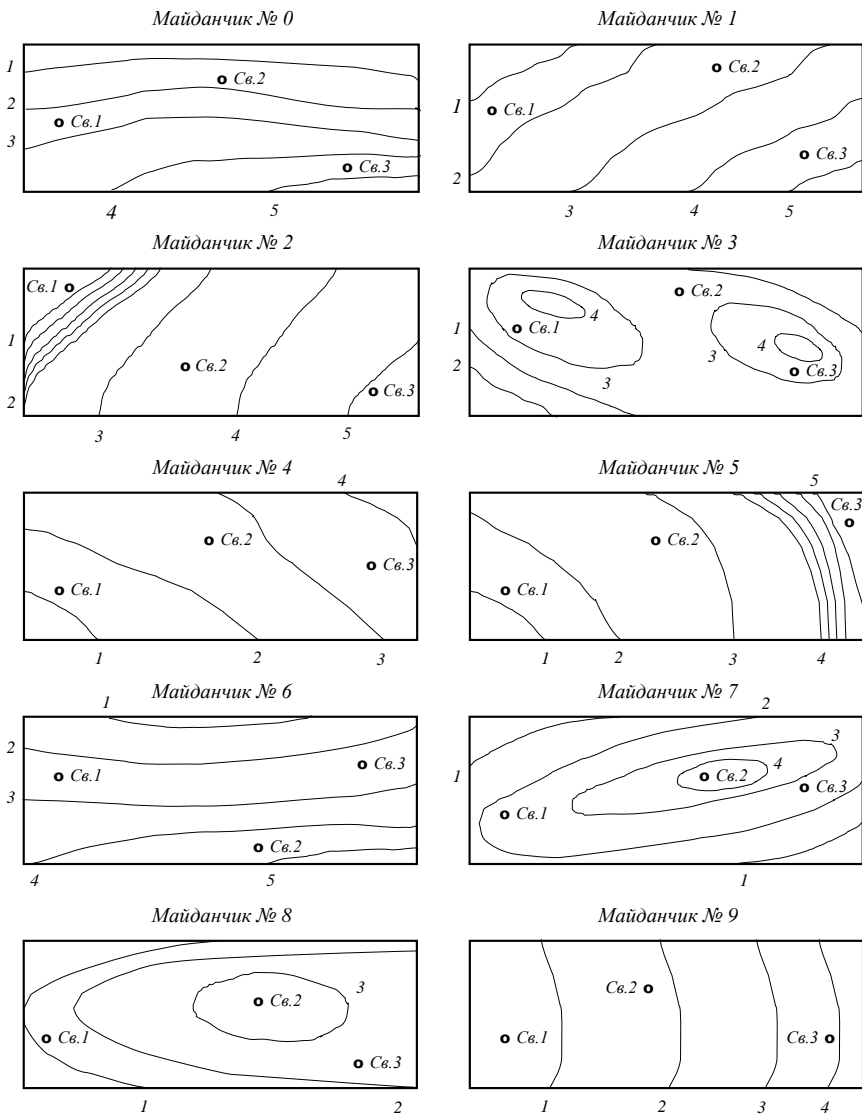


Рис. 2.1. Варіанти будівельних майданчиків.

**Примітка.** Розміри будівельного майданчика: ширина  $b=80\text{м}$ , довжина  $l=180\text{м}$ .

### 3. ВАРІАНТИ НЕЗВ'ЯЗНИХ ҐРУНТІВ

Таблиця 3.1

№ ґрунту	Гранулометричний склад - вміст частинок в % крупністю										Фізико-механічні характеристики					
	≥10	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	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_v$ , г/см <sup>3</sup>	W, %	E, МПа	$\phi$ , град.	c, кПа
1	---	---	---	8,0	12,0	37,0	25,0	10,0	8,0	---	2,66	1,80	21,1	10	26	2
2	---	5,2	3,0	25,0	27,0	21,0	8,8	6,0	4,0	---	2,65	1,90	26,5	---	---	---
3	---	---	1,0	3,0	6,5	23,5	29,0	27,5	9,5	---	2,65	1,97	25,4	15	26	2
4	2,0	3,0	11,0	14,0	27,0	12,0	13,5	11,0	6,5	---	2,67	2,02	24,0	30	35	1
5	---	2,0	16,0	19,0	27,0	18,0	12,0	2,5	3,5	---	2,66	1,90	21,3	28	33	---
6	---	---	---	12,0	18,2	45,3	18,0	6,0	0,5	---	2,66	1,70	12	17	28	---
7	---	1,2	2,8	23,0	28,9	39,0	2,8	1,0	1,0	0,3	2,66	2,08	20,0	42	38	2
8	2,0	20,0	20,0	24,0	30,0	2,0	2,0	---	---	---	2,64	1,98	25,0	32	38	---
9	---	---	1,5	8,0	28,0	45,5	10,2	2,0	3,0	2,0	2,65	1,64	9,3	15	28	---
10	---	2,0	18,0	19,0	17,0	20,0	10,0	7,0	3,0	2,0	2,66	1,98	25,6	28	34	---
11	---	---	1,5	5,0	24,5	28,5	28,5	8,5	3,5	---	2,60	1,92	26,8	14	28	3
12	2,0	2,0	13,0	13,0	28,0	14,0	12,0	10,0	6,0	---	2,60	1,97	24,0	32	36	2
13	---	---	1,0	3,0	6,5	23,5	29,0	27,5	9,5	---	2,65	1,97	25,4	15	28	3
14	2,0	3,0	11,0	14,0	27,0	12,0	13,5	11,0	6,5	---	2,67	2,02	24	30	37	2
15	---	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	3,5	1,5	2,66	2,05	20,7	40	33	2
16	---	---	2,0	3,0	12,0	35,0	28,0	10,0	8,0	2,0	2,67	2,01	24,9	18	30	4
17	---	1,2	18,0	23,0	18,6	23,0	15,0	0,9	0,1	0,2	2,67	1,97	25	26	34	---
18	---	2,0	16,0	19,0	21,0	18,0	12,0	7,5	2,5	2,0	2,66	1,90	31,0	---	---	---
19	---	---	1,5	8,0	28,0	45,5	10,0	3,0	3,0	1,0	2,65	1,64	9,3	16	27	---
20	---	---	3,0	4,0	21,0	25,5	28,0	8,0	9,0	2,0	2,67	1,91	20,0	20	28	2
21	2,0	24,0	25,0	28,5	10,5	4,0	2,7	1,2	1,1	1,0	2,65	2,00	20,4	40	40	1
22	Ґрунт, що має в своєму складі 45% органічних речовин										2,40	1,56	64,0	---	---	---
23	---	---	---	20,0	32,0	28,0	8,0	7,0	5,0	---	2,66	1,90	26,3	25	33	---
24	Крейда R=1,2 МПа (I <sub>L</sub> =0,2)										---	---	---	40	---	---
25	2,0	21,0	22,0	27,0	15,5	4,8	2,7	2,0	1,8	1,2	2,65	2,08	19,3	45	41	1
26	---	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	3,4	1,6	2,66	2,05	20,7	38	38	2
27	---	2,0	16,0	19,0	21,0	18,0	12,0	7,5	2,5	2,0	2,66	1,90	31,0	---	---	---
28	---	1,2	5,0	12,0	12,0	46,0	17,0	6,0	0,3	0,5	2,66	1,70	12,0	18	28	---
29	1,2	2,8	23,0	28,9	39,0	2,8	1,0	1,0	0,3	---	2,66	2,08	20,0	42	30	2
30	---	---	1,5	5,0	24,5	28,5	8,5	3,5	---	---	2,60	1,92	26,8	14	28	3
31	---	---	17,0	13,0	28,0	14,0	12,0	12,0	4,0	---	2,60	1,97	24,0	32	35	1
32	---	---	6,0	21,0	37,0	15,0	11,0	4,0	6,0	---	2,66	1,98	24,2	29	36	1
33	---	2,0	10,0	19,0	20,0	23,0	14,0	7,0	3,0	2,0	2,66	1,98	25,6	27	35	1
34	---	5,0	7,0	12,0	27,0	25,0	12,0	7,0	3,4	---	2,64	2,06	20,7	40	38	2
35	---	---	15,0	20,0	27,0	23,0	10,0	3,0	2,0	---	2,65	2,00	24,0	30	36	1
36	---	35,0	27,0	10,0	12,0	3,0	2,0	1,0	---	---	2,66	2,10	18,0	46	42	---
37	---	2,0	8,0	10,0	26,5	30,0	23,5	---	---	---	2,66	2,10	20,0	39	36	4
38	---	10,0	35,0	30,0	20,0	5,0	---	---	---	---	2,65	2,12	18,0	47	40	1
39	5,0	10,0	20,0	31,0	19,0	15,0	---	---	---	---	2,65	2,16	16,0	50	42	3
40	---	---	2,0	19,0	19,0	20,0	10,0	7,0	3,0	2,0	2,66	1,98	25,6	30	34	1
41	---	---	2,0	3,0	12,0	35,0	28,0	10,0	8,0	2,0	2,67	2,00	24,8	18	30	4
42	---	1,2	18,0	23,0	18,6	23,0	15,0	0,9	0,1	0,8	2,67	1,97	25,0	25	32	1
43	---	---	15,0	20,0	25,0	25,0	10,0	3,0	2,0	---	2,65	2,00	24,0	30	35	1
44	15,0	27,0	10,0	10,0	12,0	3,0	2,0	1,0	---	---	2,66	2,10	18,0	45	42	2
45	Вапняк R=1,2 МПа										---	---	---	---	---	---
46	Ґрунт, що має в своєму складі 72% органічних речовин										---	---	---	---	---	---
47	---	---	6,0	21,0	37,0	15,0	11,0	4,0	6,0	---	2,66	1,98	24,2	38	34	1
48	---	---	---	10,0	36,5	34,0	15,5	4,0	---	---	2,66	1,82	12,1	19	30	2
49	---	---	---	8,0	21,2	37,4	29,2	4,2	---	---	2,66	1,67	10,2	18	26	3
50	---	---	---	16,3	21,3	42,4	13,4	6,6	---	---	2,65	1,75	9,2	22	28	3
151	---	---	20,1	25,7	32,4	12,5	9,3	---	---	---	2,60	1,93	24,3	30	35	1

#### 4. ВАРІАНТИ ЗВ'ЯЗНИХ ҐРУНТІВ

Таблиця 4.1

№ ґрунту	Фізико-механічні характеристики ґрунтів									Відносне просідання $\epsilon_{st}$ при тиску $p$ , кПа		
	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$W$ , %	$W_L$ , %	$W_P$ , %	$E$ , МПа	$\phi$ , град.	$c$ , кПа	100	200	300	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
51	2,71	1,72	36	34,2	19,1	---	12	12	---	---	---	
52	2,70	1,33	10,0	31,0	20,0	---	18	40	0,093	0,101	0,119	
53	2,70	1,69	17,4	40,0	23,0	---	20	28	0,032	0,048	0,060	
54	2,67	1,90	26,3	27,0	21,0	10	24	13	---	---	---	
55	2,70	1,90	29,0	30,0	19,0	6	16	14	---	---	---	
56	2,71	1,92	30,0	41,0	24,0	11	17	15	---	---	---	
57	2,71	1,89	25,8	26,9	20,0	7	20	10	---	---	---	
58	2,72	1,88	33,9	35,0	23,0	4	14	14	---	---	---	
59	2,75	1,87	19,0	46,0	22,0	20	19	60	---	---	---	
60	2,70	1,93	30,0	28,6	20,4	---	16	15	---	---	---	
61	2,72	1,96	29,0	28,4	19,6	---	17	16	---	---	---	
62	2,73	1,96	29,2	53,2	31,3	27	19	50	---	---	---	
63	2,72	1,71	21,0	31,0	19,0	10	20	20	---	---	---	
64	2,71	1,85	24,0	35,0	22,0	14	22	23	---	---	---	
65	2,68	1,83	29,3	31,0	22,5	8	15	14	---	---	---	
66	2,76	1,43	8,0	26,0	18,0	---	18	15	0,07	0,09	0,108	
67	2,67	1,57	6,9	32,0	17,0	---	23	20	0,003	0,018	0,023	
68	2,74	1,51	8,3	36,0	22,0	---	20	24	0,048	0,072	0,089	
69	2,71	1,66	12,5	29,1	18,0	---	22	22	0,015	0,032	0,046	
70	2,69	1,95	23,5	35,0	22,0	14	23	25	---	---	---	
71	2,70	2,10	20,0	21,0	15,0	24	29	18	---	---	---	
72	2,72	1,93	31,0	37,0	23,0	8	18	16	---	---	---	
73	2,76	1,88	20,0	47,0	22,0	20	19	52	---	---	---	
74	2,69	1,95	29,0	35,0	21,0	9	17	18	---	---	---	
75	2,70	1,94	29,6	35,0	22,0	8	17	18	---	---	---	
76	2,68	1,53	17,6	36,4	20,0	---	20	29	0,062	0,091	0,105	
77	2,72	1,47	10,6	42,0	24,0	---	16	46	0,039	0,061	0,077	
78	2,68	1,60	12,9	48,0	26,0	---	18	35	0,008	0,019	0,036	
79	2,74	1,79	17,0	34,0	22,0	---	20	22	0,010	0,011	0,015	
80	2,70	1,90	29,0	30,0	19,0	8	16	14	---	---	---	
81	2,71	1,92	30,0	42,0	24,0	12	16	44	---	---	---	
82	2,76	1,43	8,0	28,0	16,5	---	19	28	0,077	0,099	0,106	
83	2,74	1,79	17,0	34,0	18,0	---	22	16	0,005	0,006	0,011	
84	2,68	1,93	29,3	30,0	15,0	6	18	20	---	---	---	
85	2,69	1,82	38,0	40,0	22,0	6	7	29	---	---	---	
86	2,73	1,93	31,0	53,2	30,1	12	18	47	---	---	---	
87	2,67	1,71	22,0	29,0	18,0	8	16	15	---	---	---	
88	2,67	1,97	26,0	27,9	18,5	10	19	22	---	---	---	
89	2,67	2,08	20,0	22,0	16,5	22	29	17	---	---	---	
90	2,71	1,89	27,0	33,0	18,0	8	17	16	---	---	---	
91	2,72	1,88	33,3	38,0	23,0	6	14	14	---	---	---	
92	2,75	1,87	17,0	46,0	22,0	21	19	52	---	---	---	
93	2,67	1,57	6,9	32,0	17,0	---	21	20	0,013	0,018	0,023	
94	2,70	1,51	8,3	36,0	22,0	---	20	28	0,048	0,072	0,089	
95	2,71	1,56	12,5	29,1	18,0	---	21	23	0,015	0,032	0,046	
96	2,69	1,95	25,3	35,0	22,0	14	23	25	---	---	---	
97	2,70	1,78	25,0	28,5	18,5	10	14	14	---	---	---	
98	2,76	1,96	30,0	49,7	30,3	18	18	46	---	---	---	
99	2,72	1,90	32,0	32,5	17,0	5	15	14	---	---	---	
100	2,68	1,90	21,0	22,0	17,0	10	25	14	---	---	---	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
101	2,72	1,86	36,0	48,4	28,2	9	13	35	---	---	---
102	2,70	1,62	15,5	27,9	16,8	---	20	19	0,020	0,025	0,030
103	2,66	1,71	22,0	24,0	18,0	6	21	10	---	---	---
104	2,67	1,85	28,5	29,9	18,5	8	16	16	---	---	---
105	2,67	1,92	20,0	22,0	16,5	15	26	15	---	---	---
106	2,75	1,91	29,2	40,9	24,5	11	19	18	---	---	---
107	2,76	1,43	8,0	28,0	15,5	---	18	19	0,070	0,090	0,100
108	2,74	1,79	17,0	34,0	18,0	---	22	22	0,050	0,060	0,080
109	2,68	1,93	29,3	30,0	15,0	10	16	19	---	---	---
110	2,70	1,82	23,0	28,0	18,0	10	17	18	---	---	---
111	2,73	1,82	25,7	29,0	18,5	8	16	16	---	---	---
112	2,75	1,96	27,5	44,0	21,0	18	19	50	---	---	---
113	2,75	1,90	28,8	46,90	20,9	15	16	42	---	---	---
114	2,71	1,89	27,0	33,0	18,0	9	17	17	---	---	---
115	2,72	1,88	33,3	38,0	23,0	6	14	14	---	---	---
116	2,75	1,87	19,0	46,0	25,0	21	19	52	---	---	---
117	2,70	1,93	30,0	28,6	20,4	---	16	10	---	---	---
118	2,72	2,00	25,0	28,4	19,6	15	18	20	---	---	---
119	2,73	2,00	29,2	53,2	31,3	20	19	53	---	---	---
120	2,69	1,95	29,0	34,0	21,0	11	18	22	---	---	---
121	2,68	1,72	15,6	23,8	17,8	---	20	10	0,025	0,036	0,039
122	2,68	1,82	16,2	24,2	18,0	---	22	12	0,010	0,012	0,014
123	2,70	1,98	20,1	22,0	16,0	15	27	15	---	---	---
124	2,72	1,93	31,0	37,0	23,0	9	16	16	---	---	---
125	2,76	1,88	20,0	47,0	23,0	22	19	55	---	---	---
126	2,68	1,93	19,3	22,0	17,0	15	27	15	---	---	---
127	2,68	1,57	6,9	32,0	18,0	---	22	20	0,009	0,018	0,028
128	2,70	1,51	8,3	36,0	22,0	---	20	18	0,048	0,072	0,089
129	2,70	2,08	21,0	22,0	16,0	24	28	16	---	---	---
130	2,70	2,10	20,0	21,0	15,0	25	29	17	---	---	---
131	2,72	1,93	31,0	34,0	20,0	8	16	16	---	---	---
132	2,76	1,88	20,0	38,0	20,0	20	19	54	---	---	---
133	2,69	1,82	38,0	40,0	22,0	6	7	28	---	---	---
134	2,73	1,89	34,0	53,0	30,1	15	16	40	---	---	---
135	2,68	1,57	6,9	32,0	17,0	---	22	24	0,008	0,018	0,023
136	2,70	1,51	8,3	36,0	22,0	---	20	19	0,048	0,072	0,089
137	2,70	1,82	23,0	28,0	18,0	12	16	16	---	---	---
138	2,73	1,82	25,7	29,0	18,5	7	15	15	---	---	---
139	2,75	1,96	27,5	44,0	21,0	10,0	16	42	---	---	---
140	2,75	1,95	23,3	46,9	22,9	16	16	43	---	---	---
141	2,66	1,71	22,0	29,2	18,0	9	19	20	---	---	---
142	2,67	1,97	26,0	27,9	18,5	15	18	20	---	---	---
143	2,67	2,08	20,0	22,0	16,5	25,0	29	16	---	---	---
144	2,75	1,91	29,2	44,9	27,5	18	18	46	---	---	---
145	2,68	1,72	15,6	23,8	17,8	---	23	12	0,025	0,036	0,039
146	2,68	1,82	16,2	24,2	18,0	---	24	14	0,010	0,012	0,014
147	2,69	1,80	16,0	24,0	19,0	---	24	12	0,012	0,016	0,018
148	2,70	1,94	29,6	35,0	22,0	10	17	18	---	---	---
149	2,75	1,90	21,0	39,0	21,0	20	19	48	---	---	---
150	2,69	1,80	36,0	38,0	22,0	8	14	25	---	---	---
151	<i>Див. табл. 2</i>										
152	2,69	1,72	14,6	23,1	17,7	---	25	8	0,012	0,016	0,027
153	2,70	1,66	17,5	31,0	19,2	---	22	24	0,008	0,022	0,028
154	2,73	1,99	27,2	43,5	23,6	20	19	50	---	---	---

## 5. АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

**Приклад.** Проаналізувати інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, які відповідають варіанту **XV** (див. табл. 1.1), скласти висновки і дати рекомендації на період проектування.

Аналізуємо результати лабораторних досліджень ґрунтів за даними таблиць 1.1, 3.1 та 4.1.

**ІГЕ - 1** - ґрунтово-рослинний шар, товщиною 0,5м.

**ІГЕ - 2** (ґрунт № 152) - зв'язний ґрунт, товщиною 4,2 - 4,7м. Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик цього ґрунту наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

### Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик ґрунту № 152

№ ґрунту	Фізико-механічні характеристики ґрунту										
	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$W$ , %	$W_L$ , %	$W_P$ , %	$E$ , МПа	$\varphi$ , град.	$c$ , кПа	Відносне просідання $\varepsilon_{sl}$ при тиску $p$ , кПа		
									100	200	300
<b>152</b>	2,69	1,72	14,6	23,1	17,7	---	25	8	0,012	0,016	0,027

Вираховуємо число пластичності:

$I_P = W_L - W_P = 23,1 - 17,7 = 5,4 \%$ . Згідно з табл. Б11 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 11.4 даних **МВ**) визначаємо, що ґрунт - **супісок** ( $1 \leq I_P = 5,4 \leq 7$ ).

Вираховуємо показник текучості:

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{14,6 - 17,7}{23,1 - 17,7} = -0,57. \text{ Згідно з табл. Б14 ДСТУ Б}$$

В.2.1-2-96 (табл. 11.5 даних **МВ**) визначаємо, що **супісок** називається **твердим** ( $I_L = -0,57 < 0$ ).

Вираховуємо коефіцієнт пористості  $e$ :

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1 = \frac{2,69}{1,72} (1 + 0,146) - 1 = 0,79.$$

Вираховуємо коефіцієнт водонасичення  $S_r$ :

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{e \cdot \rho_w} = \frac{2,69 \cdot 0,146}{0,79 \cdot 1,00} = 0,50.$$

Оскільки найменше відносне просідання  $\varepsilon_{sl} = 0,012 > 0,01$ , то ґрунт відноситься до **просідаючих**.

*Остаточна назва ґрунту: супісок твердий просідаючий.*

Визначаємо *розрахункові характеристики* ґрунту (питому вагу  $\gamma = \rho \cdot g$  {  $g = 9,81 \approx 10 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння, кут внутрішнього тертя  $\varphi$ , питоме зчеплення  $c$  ) для розрахунків за І-ю і ІІ-ю групами граничних станів. Розрахункове значення характеристики ґрунту визначаємо за формулою

$$Y = \frac{Y_n}{\gamma_g}, \text{ де}$$

$Y_n$  - нормативне значення характеристики (під час курсового і дипломного проектування *допускається* приймати за  $Y_n$  відповідне значення  $\rho$ ,  $\varphi$ ,  $c$  з табл. 3.1 і 4.1);  $\gamma_g$  - коефіцієнт надійності. При визначенні розрахункових значень характеристик для розрахунків за деформаціями (ІІ група граничних станів)  $\gamma_g = 1,0$ . Для розрахунків за несучою здатністю (І група граничних станів)  $\gamma_g = 1,5$  - для питомого зчеплення,  $\gamma_g = 1,15$  - для кута внутрішнього тертя глинистих ґрунтів і  $\gamma_g = 1,1$  - для кута внутрішнього тертя пісків,  $\gamma_g = 1,05$  - для питомої ваги ґрунту.

Отже,

$$\gamma_I = \frac{\rho_n \cdot g}{\gamma_g} = \frac{1,72 \cdot 10}{1,05} = 16,4 \text{ кН/м}^3; \quad \gamma_{II} = \frac{\rho_n \cdot g}{\gamma_g} = \frac{1,72 \cdot 10}{1,0} = 17,2 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi_I = \arctg \frac{tg \varphi_n}{\gamma_g} = \arctg \frac{tg 25}{1,15} = 22^\circ; \quad \varphi_{II} = \arctg \frac{tg \varphi_n}{\gamma_g} = \arctg \frac{tg 25}{1,0} = 25^\circ;$$

$$c_I = \frac{c_n}{\gamma_g} = \frac{8,0}{1,5} = 5,3 \text{ кПа}; \quad c_{II} = \frac{c_n}{\gamma_g} = \frac{8,0}{1,0} = 8,0 \text{ кПа}.$$

**ІГЕ - 3** (ґрунт № 153) - *зв'язний ґрунт*, товщиною 5,8 - 6,4 м. Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик цього ґрунту наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

**Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик ґрунту № 153**

№ ґрунту	Фізико-механічні характеристики ґрунту								Відносне просідання $\epsilon_{sl}$ при тиску $p$ , кПа		
	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$W$ , %	$W_L$ , %	$W_P$ , %	$E$ , МПа	$\varphi$ , град.	$c$ , кПа	100	200	300

153	2,70	1,66	17,5	31,0	19,2	---	22	24	0,008	0,022	0,028
-----	------	------	------	------	------	-----	----	----	-------	-------	-------

Вирахуємо число пластичності:  $I_P = 31,0 - 19,2 = 11,8 \%$ .  
Згідно з табл. Б11 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 11.4 даних **МВ**) визначаємо, що ґрунт - **суглинок** ( $7 < I_P = 11,8 \leq 17$ ).

$$\text{Вирахуємо показник текучості: } I_L = \frac{17,5 - 19,2}{31,0 - 19,2} = -0,14.$$

Згідно з табл. Б14 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 11.5 даних **МВ**) визначаємо, що **суглинок** називається **твердим** ( $I_L = -0,14 < 0$ ).

Вирахуємо коефіцієнт пористості  $e$ :

$$e = \frac{2,70}{1,66} (1 + 0,175) - 1 = 0,91.$$

Вирахуємо коефіцієнт водонасичення  $S_r$ :

$$S_r = \frac{2,70 \cdot 0,175}{0,91 \cdot 1,00} = 0,52.$$

Оскільки відносне просідання  $\varepsilon_{sl} = 0,022$  при тиску  $p = 200$  кПа, що більше  $\varepsilon_{sl} = 0,01$ , то ґрунт відноситься до **просідаючих**.

Остаточна назва ґрунту: **суглинок твердий просідаючий**.

Визначаємо розрахункові характеристики ґрунту для розрахунків за I-ю і II-ю групами граничних станів:

$$\gamma_I = \frac{1,66 \cdot 10}{1,05} = 15,8 \text{ кН/м}^3;$$

$$\gamma_{II} = \frac{1,66 \cdot 10}{1,0} = 16,6 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi_I = \arctg \frac{\text{tg} 22}{1,15} = 19^\circ;$$

$$\varphi_{II} = \arctg \frac{\text{tg} 22}{1,0} = 22^\circ;$$

$$c_I = \frac{24,0}{1,5} = 16,0 \text{ кПа};$$

$$c_{II} = \frac{24,0}{1,0} = 24,0 \text{ кПа}.$$

**ІГЕ - 4** (ґрунт № 151) - *незв'язний* ґрунт, товщиною 1,8 - 1,9 м. Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик цього ґрунту наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

**Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик ґрунту № 151**

№ ґрунту	Гранулометричний склад - вміст частинок в % крупністю										Фізико-механічні характеристики					
	≥10	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	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_v$ , г/см <sup>3</sup>	$W$ , %	$E$ , МПа	$\varphi$ , град.	$c$ , кПа
<b>151</b>	---	---	20,1	25,7	32,4	12,5	9,3	---	---	---	2,6	1,93	24,3	30	35	1

Це незв'язний ґрунт, в складі якого є 78,2% частинок крупніших 0,25мм (20,1+25,7+32,4=78,2%>50%). Згідно з табл. Б10 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 11.1 даних **МВ**) визначаємо, що ґрунт - **пісок середньої крупності**.

Вирахуємо коефіцієнт пористості  $e$  :

$$e = \frac{2,60}{1,93} (1 + 0,243) - 1 = 0,67. \text{ Згідно з табл. Б18 ДСТУ Б В.2.1-}$$

2-96 (табл. 11.2 даних **МВ**) визначаємо, що **пісок середньої крупності** буде **середньої щільності** ( $0,55 \leq e = 0,67 \leq 0,70$ ).

Вирахуємо коефіцієнт водонасичення  $S_r$  :

$$S_r = \frac{2,6 \cdot 0,243}{0,67 \cdot 1,00} = 0,94. \text{ Згідно з табл. Б17 ДСТУ Б В.2.1-96}$$

(табл. 11.3 даних **МВ**) визначаємо, що **пісок** є **насиченим водою** ( $0,8 < S_r = 0,94 \leq 1,0$ ).

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

Визначаємо *розрахункові характеристики* ґрунту для розрахунків за I-ю і II-ю групами граничних станів:

$$\gamma_I = \frac{1,93 \cdot 10}{1,05} = 18,4 \text{ кН/м}^3; \quad \gamma_{II} = \frac{1,93 \cdot 10}{1,0} = 19,3 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi_I = \arctg \frac{\text{tg}35}{1,1} = 32^\circ; \quad \varphi_{II} = \arctg \frac{\text{tg}35}{1,0} = 35^\circ;$$

$$c_I = \frac{1,0}{1,5} = 0,67 \text{ кПа}; \quad c_{II} = \frac{1,0}{1,0} = 1,0 \text{ кПа}.$$

**ІГЕ - 5** (ґрунт № 154) - *зв'язний* ґрунт, товщиною 3,8 - 4,6м. Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик цього ґрунту наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

**Результати лабораторних визначень фізико-механічних характеристик ґрунту № 154**

№ ґрунту	Фізико-механічні характеристики ґрунту										
	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	W, %	W <sub>L</sub> , %	W <sub>P</sub> , %	E, МПа	$\varphi$ , град.	c, кПа	Відносне просідання $\epsilon_{sl}$ при тиску $p$ , кПа		
									100	200	300
154	2,73	1,99	27,2	43,5	23,6	20	19	50	---	---	---

Вирахуємо *число пластичності*:  $I_P = 43,5 - 23,6 = 19,9\%$ .  
Згідно з табл. Б11 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 11.4 даних **МВ**)



визначаємо, що ґрунт - **глина** ( $I_p = 19,9 > 17$ ).

$$\text{Виразуємо показник текучості: } I_L = \frac{27,2 - 23,6}{43,5 - 23,6} = 0,18.$$

Згідно з табл. Б14 ДСТУ Б В.2.1-2-96 (табл. 11.5 даних **МВ**) визначаємо, що **глина** називається **напівтвердою** ( $0 \leq I_L = 0,14 \leq 0,25$ ).

*Остаточна назва ґрунту: глина напівтверда.*

Виразуємо коефіцієнт пористості  $e$ :

$$e = \frac{2,73}{1,99} (1 + 0,272) - 1 = 0,76.$$

Виразуємо коефіцієнт водонасичення  $S_r$ :

$$S_r = \frac{2,73 \cdot 0,272}{0,76 \cdot 1,00} = 0,98.$$

Визначаємо *розрахункові характеристики* ґрунту для розрахунків за I-ю і II-ю групами граничних станів:

$$\gamma_I = \frac{1,99 \cdot 10}{1,05} = 19,0 \text{ кН/м}^3;$$

$$\gamma_{II} = \frac{1,99 \cdot 10}{1,0} = 19,9 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi_I = \arctg \frac{\text{tg}19}{1,15} = 17^\circ;$$

$$\varphi_{II} = \arctg \frac{\text{tg}19}{1,0} = 19^\circ;$$

$$c_I = \frac{50,0}{1,5} = 39,3 \text{ кПа};$$

$$c_{II} = \frac{50,0}{1,0} = 50,0 \text{ кПа}.$$

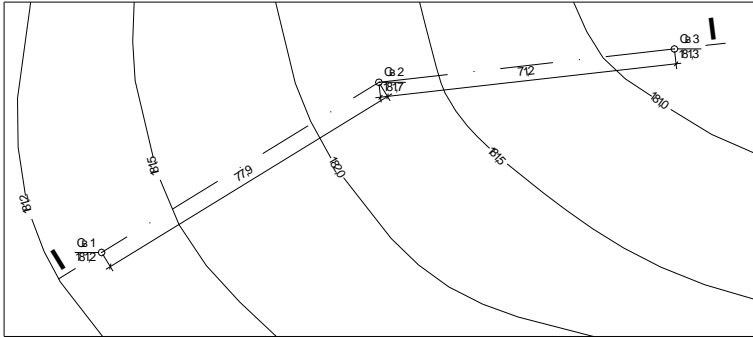
Отримані дані про фізико-механічні характеристики ґрунтів заносимо в таблицю 5.5 і викреслюємо план будмайданчика та інженерно-геологічний розріз (рис.5.1).

**Фізико-механічні характеристики ґрунтів будівельного майданчика**

Таблиця 5.5

№ ПЕ	Назва ґрунту	Товщина ПЕ, м	Основні фізичні характеристики					Похідні фізичні характеристики						Міцнісні характеристики				Деформативні характеристики				
			$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	W, %	W <sub>L</sub> , %	W <sub>P</sub> , %	I <sub>P</sub> , %	I <sub>P</sub> , д.о.	e, д.о.	S <sub>r</sub> , д.о.	$\gamma_r$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_{п.}$ , кН/м <sup>3</sup>	$\varphi_l$ , град	$\varphi_{п.}$ , град	c <sub>l</sub> , кПа	c <sub>п.</sub> , кПа	Відносне просідання ε <sub>s</sub> при тиску p, кПа			E, МПа	
																		100	200	300		
ПЕ-1	ґрунтово-рослинний	0,5																				
ПЕ-2	Супісок твердий, просідаючий	4,4 ÷ 4,7	2,69	1,72	14,6	23,1	17,7	5,4	-0,57	0,79	0,50	16,4	17,2	22	25	5,3	8	0,012	0,016	0,027	---	
ПЕ-3	Суглинок твердий, просідаючий	5,8 ÷ 6,4	2,70	1,66	17,5	31,0	19,2	11,8	-0,14	0,91	0,52	15,8	16,6	19	22	16	24	0,008	0,022	0,028	---	
ПЕ-4	Пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою	1,1 ÷ 1,2	2,60	1,93	24,3	---	---	---	---	0,67	0,94	18,4	19,3	32	35	0,67	1	---	---	---	30	
ПЕ-5	Глина напівтверда	2,3 ÷ 3,3	2,73	1,99	27,2	43,5	23,6	19,9	0,18	0,76	0,98	19,0	19,9	17	19	33,3	50	---	---	---	20	

## ПЛАН БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА



## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗІЗ ПО I-I

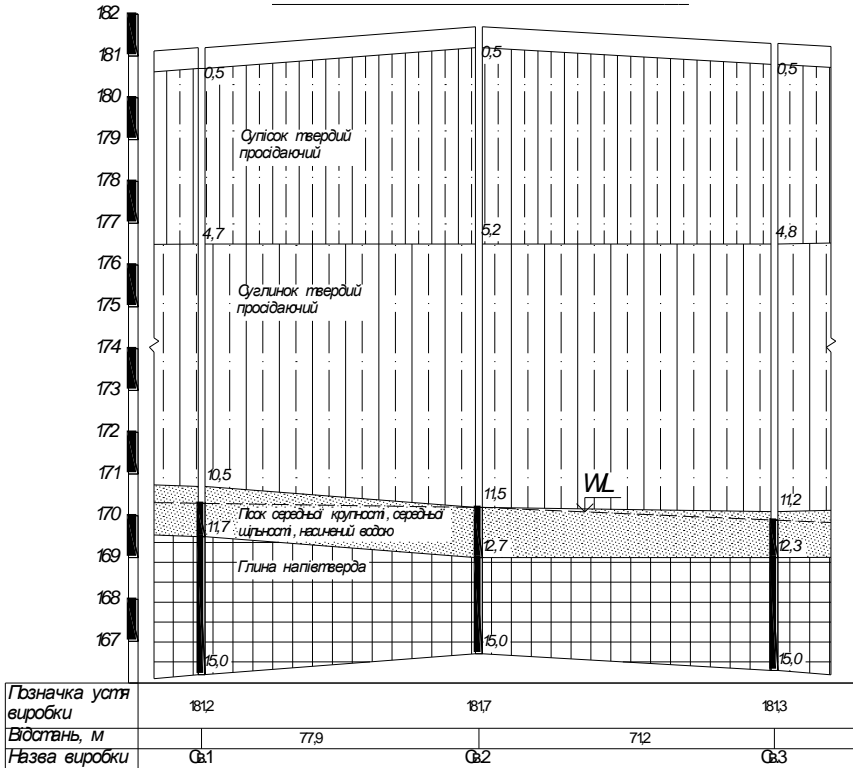


Рис. 5.1 План будівельного майданчика та інженерно-геологічний розріз по I-I

## 6. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ҐРУНТОВИХ УМОВ ЗА ПРОСІДАННЯМ

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. Ділимо просідаючу товщу (в межах ПҒЕ) на окремі розрахункові шари товщиною  $h_i \leq 2M$  (див. табл.9).

2. Визначаємо вологість замоченого ґрунту  $W_{sat}$ , і його питому вагу  $\gamma_{sat}$ :

Для ПҒЕ - 2: - вологість замоченого ґрунту:

$$W_{sat} = \frac{S_r \cdot e \cdot \rho_w}{\rho_s} = \frac{0,8 \cdot 0,79 \cdot 1,0}{2,69} = 0,234 ;$$

- питома вага замоченого ґрунту

$$\gamma_{sat} = \frac{\rho}{1+W} (1+W_{sat}) \cdot g = \frac{1,72}{1+0,146} (1+0,234) \cdot 10 = 18,5 \text{ кН/м}^3.$$

Для ПҒЕ - 3: - вологість замоченого ґрунту

$$W_{sat} = \frac{0,8 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{2,70} = 0,270 ;$$

- питома вага замоченого ґрунту  $\gamma_{sat} = \frac{1,66}{1+0,175} (1+0,270) \cdot 10 = 17,9 \text{ кН/м}^3.$

3. Визначаємо напруження в ґрунтовому масиві, які виникають від власної ваги замоченого ґрунту на нижній межі кожного розрахункового шару:  $\sigma_{zg,sat} = \sum_{i=1}^n \gamma_{sat,i} \cdot h_i$  (див. табл. 6.1).

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

5. З графіків  $\varepsilon_{sl,i} = f(\sigma_{zg,sat,i})$  (рис. 6.1, 6.2) визначаємо початковий тиск просідання  $p_{sl}$  відповідного ПҒЕ 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 ПҒЕ), то ґрунт в розрахунковому шарі вважаємо при цьому тиску непросідаючим.

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

7. Визначаємо загальне просідання всієї товщі за формулою:

$$S_{sl} = \sum_{i=1}^n S_{sl,i} \cdot 0$$

До визначення типу ґрунтових умов за просіданням

Таблиця 6.1

№ ПЕ	Назва ґрунту	Товщина на ПЕ, м	Питома вага замоченого ґрунту $\gamma_{sat}$ , кН/м <sup>3</sup>	Товщина розрахункового шару $h_i$ , м	$\sigma_{zg,sat}$ , кПа	$\sigma_{zg,sat,i}$ , кПа	$\epsilon_{sl,i}$	$S_{sl,i}$ , м	
ПЕ -2	Супісок твердий, просідаючий	4,7	18,5	2,0	37,00	18,50	$\sigma_{zg,sat,i} < p_{sl}$	0,000	
				2,0	74,00	55,50		0,000	
				0,7	86,95	80,48		0,01	0,007
ПЕ -3				2,0	122,75	107,85	$\sigma_{zg,sat,i} < p_{sl}$	0,000	
				2,0	158,55	140,65		0,014	0,028
				2,0	194,35	176,45		0,019	0,038
				0,3	199,72	197,04	0,021	0,006	

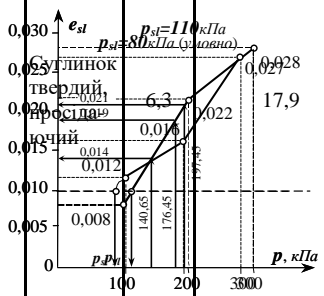


Рис. 6.2. Графік залежності  $\epsilon_{sl}=f(p)$  для ПЕ -

Σ 0,079

Просідання всієї товщі  $S_{sl}=0,079\text{м}=7,9\text{см}>5\text{см}$ . Отже, ґрунтові умови відносяться до II-го типу за просіданням.

**7. ВИСНОВКИ ПРО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА**

**Приклад.** Для будівництва виділено вільний від забудов майданчик прямокутної форми в плані з розмірами  $b=80\text{м}$ ,  $l=180\text{м}$ . Рельєф місцевості спокійний зі схилом поверхні від абсолютної позначки 182,0 в центральній частині до позначки 181,2 в південно-східній частині майданчика і позначки 181,3 в північно-західній частині. На майданчику пробурено три свердловини глибиною 15м кожна. Бурінням свердловин та аналізом результатів лабораторних досліджень зразків ґрунту встановлено, що геолого-літологічна будова майданчика має такий вигляд:

- ПЕ - 1 - ґрунтово-рослинний, товщиною 0,5м;
- ПЕ - 2 - супісок твердий просідаючий, товщиною 4,2 - 4,7м;
- ПЕ - 3 - суглинок твердий просідаючий, товщиною 5,8 - 6,4м;
- ПЕ - 4 - пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою, товщиною 1,1 - 1,2м;
- ПЕ - 5 - глина напівтверда, товщиною 2,3 - 3,3м.

Ґрунтові води знайдено на глибині 10,9 - 11,5м.

## 8. ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПІДПІРНУ СТІНКУ ТА ҐРУНТ ОСНОВИ

Навантаження, що діють на підпірну стінку і ґрунт основи визначаються згідно з чинними будівельними нормами (ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та впливи). Основними, згідно з цим документом, є нормативні значення навантажень, що знаходяться як добуток питомої ваги матеріалу  $\gamma$  на об'єм  $V$  конструкції .

Питома вага  $\gamma$  деяких матеріалів дорівнює: бетону-24 кН/м<sup>3</sup>; залізобетону -25 кН/м<sup>3</sup>; металу -70-80 кН/м<sup>3</sup>.

Нормативне навантаження визначається за формулою:

$$N_n = V \cdot \gamma, \quad (8.1)$$

Розрахунок фундаментів та інших конструкцій виконується за розрахунковими навантаженнями  $N_{I,II}$  (відповідно для першої та другої груп граничних станів), що визначаються як добуток нормативних навантажень  $N_n$  на коефіцієнт надійності для навантажень  $\gamma_f$  за формулою

$$N_{I,II} = N_n \cdot \gamma_f \quad (8.2)$$

В розрахунках за другою групою граничних станів (за деформаціями)  $\gamma_f = 1,0$ , а в розрахунках за першою групою граничних станів (за несучою здатністю)  $\gamma_f$  приймається з таблиці 5.1. ДБН В.1.2-2:2006.

Таблиця 8.1

Коефіцієнт надійності для навантажень (табл.5.1 ДБН В.1.2-2:2006)

Конструкції споруд і види ґрунтів	$\gamma_f$
Конструкції:	
- металеві	1,05(0,9)
- бетонні ( $\rho > 1600$ кг/м <sup>3</sup> ), залізобетонні, кам'яні, армокам'яні, дерев'яні	1,1(0,9)
- бетонні ( $\rho < 1600$ кг/м <sup>3</sup> ), ізоляційні, вирівнюючі, обробні шари, виконані:	1,2(0,9)
а) в заводських умовах	1,3(0,9)
б) на будівельному майданчику	
Ґрунти:	1,1(0,9)
в природному заляганні насипні	1,15(0,9)

*Примітки: 1. Значення коефіцієнтів, що наведені у дужках, приймаються при розрахунках за першою групою граничних станів у випадку, коли зменшення навантаження зможе погіршити стійкість споруди.*

*2. При визначення навантаження від ґрунту слід враховувати також навантаження від матеріалів, обладнання і транспортних засобів, що передаються на ґрунт.*

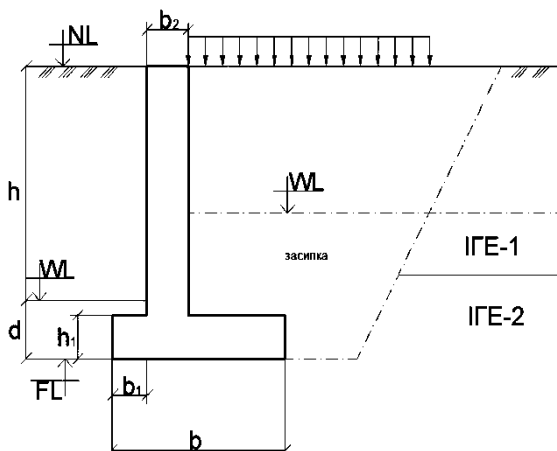
В курсовій роботі для таких споруд, як підпірні стіни необхідно визначити навантаження від власної її ваги і тиску ґрунту засипки. В залежності від взаємодії ґрунту і стіни розрізняють активний і пасивний тиски ґрунту. Активний тиск ґрунту виникає при переміщенні стіни від ґрунту і відповідає мінімальному значенню тиску. Пасивний тиск ґрунту виникає при переміщенні стіни на ґрунт і відповідає максимальному значенню тиску.

### 8.1 ВИБІР РОЗМІРІВ ПІДПІРНОЇ СТІНКИ

Практичні заняття виконуються на основі вихідних даних, які визначаються за таблицями, що задані в цьому розділі.

Вибір розмірів підпірної стіни та навантаження здійснюється за останньою та передостанньою цифрами номера залікової книжки студента (таблиця 8.2).

Орієнтовні розміри поперечного перерізу підпірної стіни:



$$d = 1,2 - 1,6 \text{ м}$$

$$h_1 = (0,04 - 0,08)h$$

$$b = (0,7 - 0,9)h$$

$$b_1 = (0,12 - 0,2)h$$

$$b_2 = (0,12 - 0,2)h$$

Рис. 8.1. Схема конструкції підпірної стіни куткового типу.

Вибір варіанта інженерно-геологічних умов (таблиця 1.1) здійснюється за останньою цифрою суми двох останніх цифр

шифра (номера задікової книжки студента). *Наприклад: шифр 74; 7+4=11; отже варіант інженерно-геологічних умов буде 1.*

Характеристики ґрунту зворотної засипки для стінки здійснюється за останньою цифрою номера залікової книжки студента (таблиця 8.3).

Таблиця 8.2

Розміри підпірної стіни					
Варіант (остання цифра шифру)	Розмір $h$ , м	Варіант (передостання цифра шифру)	Навантаження на поверхню ґрунту $q$ , кН/м	Відмітка	
				поверхні ґрунту $NL$	рівня підземних вод $WL$
1	10.0	1	30	192	188
2	4.6	2	35	184	181
3	7.2	3	38	187	185
4	3.4	4	45	168	165
5	8.0	5	44	189	189
6	4.4	6	48	186	184
7	6.4	7	54	190	186
8	3.9	8	65	202	197
9	7.8	9	48	211	205
0	4.8	0	58	246	242
у	4.5	у	80	221	217

Таблиця 8.3

Характеристики ґрунту зворотної засипки

№ варіанта (остання цифра шифру)	Назва (різновид) ґрунту	Фізичні та механічні характеристики ґрунту зворотної засипки			
		$\rho_s$	$\rho$	$w^*$	$\phi_1^*$
		г/см <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	%	град
1	2	3	4	5	6
1	пісок гравелистий	2,65	1,95	<u>5,2</u> 16,2	<u>36,0</u> 31,0
2	пісок пилюватий	2,70	1,94	<u>9,1</u> 19,2	<u>26,0</u> 22,0
3	пісок крупний	2,67	1,84	<u>7,0</u> 20,7	<u>38,0</u> 30,0
4	пісок середньої крупності	2,71	1,88	<u>10,2</u> 21,7	<u>35,0</u> 29,2



5	пісок крупний	2,67	1,89	<u>6,3</u> 18,8	<u>40,0</u> 37,4
6	пісок крупний	2,67	1,89	<u>7,4</u> 19,4	<u>38,0</u> 34,0
7	пісок середньої крупності	2,71	1,90	<u>9,8</u> 20,9	<u>35,0</u> 31,0
8	пісок пилуватий	2,66	1,82	<u>10,6</u> 23,2	<u>30,0</u> 22,0
9	пісок крупний	2,66	1,95	<u>6,4</u> 17,0	<u>40,0</u> 35,0
0	пісок середньої крупності	2,68	1,88	<u>7,0</u> 19,6	<u>36,0</u> 29,0
У	пісок пилуватий з глинистими включеннями	2,67	1,73	<u>5,4</u> 16,9	<u>26,0</u> 20,0

\*в чисельнику дається значення характеристики ґрунту в природному стані, а в знаменнику- у стані повного водонасичення нище рівня ґрунтових вод.

## 8.2. ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОГО ТИСКУ ҐРУНТУ

### 8.2.1. Визначення активного тиску ґрунту засипки вище рівня ґрунтових вод

Горизонтальна  $P_{ahl}$  і вертикальна  $P_{avl}$  складової активного тиску визначаються за формулами:

$$P_{ahl} = \gamma \cdot H_I \cdot \lambda_{al}; \quad (8.3)$$

$$P_{avl} = P_{ahl} \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta), \quad (8.4)$$

де  $\gamma$  - питома вага ґрунту засипки;  $H_I$  - відстань від поверхні засипки до рівня ґрунтових вод;  $\varepsilon$  - кут нахилу задньої грані стіни або умовної поверхні зсуву до вертикалі;  $\delta$  - кут тертя ґрунту на контактi зі стіною, приймається рівним  $\varphi_I$ , (тут  $\varphi_I$  - розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту);  $\lambda_{al}$  - коефіцієнт активного тиску ґрунту;  $H_I = \nabla NL - \nabla WL$ ;

$$\lambda_{al} = \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi_I}{2}\right) \quad (8.5)$$

де  $\varphi_I$  - кут внутрішнього тертя засипки.

Рівнодіючі горизонтального  $E_{ahl}$  і вертикального  $E_{avl}$  тисків ґрунту визначаються як площі відповідних епюр тисків (рис. 8.2) за формулами:

$$E_{ah1} = P_{ah1} \cdot H_1/2 \cdot 1,0; \quad (8.6)$$

$$E_{av1} = P_{av1} \cdot H_1/2 \cdot 1,0. \quad (8.7)$$

### 8.2.2 Визначення активного тиску ґрунту засипки нище рівня ґрунтових вод

Горизонтальна  $P'_{ah2}$  і вертикальна  $P'_{av2}$  складові активного тиску на рівні  $\nabla WL$  визначаються також за формулою (8.3) і (8.4), але кут  $\varphi_l$  при визначені  $\lambda_{a2}$  необхідно приймати у насиченому водою стані.

Горизонтальна  $P''_{ah2}$  і вертикальна  $P''_{av2}$  складові активного тиску на рівні  $\nabla FL$ .

$$P''_{ah2} = P'_{ah2} + \gamma_{sb} \cdot H_2 \cdot \lambda_{a2}; \quad (8.8)$$

$$P''_{av2} = P'_{av2} \cdot tg(\varepsilon + \delta), \quad (8.9)$$

де  $H_2 = \nabla WL - \nabla FL$ ;  $\gamma_{sb}$  - питома вага ґрунту засипки у зваженому стані.

$$\lambda_{a2} = tg^2(45 - \frac{\varphi_l}{2})$$

де  $\varphi_l$  - кут внутрішнього тертя засипки у насиченому стані.

Рівнодіючі  $E_{ah2}$  і  $E_{av2}$  сил тиску ґрунту засипки нижче рівня ґрунтових вод на 1м довжини стіни.

$$E_{ah2} = H_2 \cdot 1,0 \cdot (P'_{ah2} + P''_{ah2})/2; \quad (8.10)$$

$$E_{av2} = H_2 \cdot 1,0 \cdot (P'_{av2} + P''_{av2})/2. \quad (8.11)$$

### 8.2.3. Визначення тиску на стіни від навантаження, що розміщене на поверхні засипки

Для випадку, коли на поверхні засипки розміщене суцільне рівномірно розподілене навантаження  $q$  (рис. 8.2) горизонтальна  $P_{qh1}$  і вертикальна  $P_{qv1}$  складові активного тиску вище рівня ґрунтових вод для незв'язних ґрунтів визначаються за формулами:

$$P_{qh1} = q \cdot \lambda_{a1}; \quad (8.12)$$

$$P_{qv1} = P_{qh1} \cdot tg(\varepsilon + \delta). \quad (8.13)$$

Рівнодіючі горизонтального  $E_{qh1}$  і вертикального  $E_{qv1}$  тисків ґрунту від навантаження  $q$  визначається за формулами:

$$E_{qh1} = P_{qh1} \cdot H_1 \cdot 1,0; \quad (8.14)$$

$$E_{qv1} = P_{qv1} \cdot H_1 \cdot 1,0, \quad (8.15)$$

Нижче рівня ґрунтових вод горизонтальна  $P_{qh2}$  і вертикальна  $P_{qv2}$  складові активного тиску, а також їх рівнодіючі  $E_{qh2}$  і  $E_{qv2}$  визначаються за формулами:

$$P_{qh2} = q \cdot \lambda_{a2}; \quad (8.16)$$

$$P_{qv2} = P_{qh2} \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta); \quad (8.17)$$

$$E_{qh2} = P_{qh2} \cdot H_2 \cdot l, 0; \quad (8.18)$$

$$E_{qv2} = P_{qv2} \cdot H_2 \cdot l, 0, \quad (8.19)$$

### 8.3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАСИВНОГО ТИСКУ ҐРУНТУ

Горизонтальна  $P_{ph}$  і вертикальна  $P_{pv}$  складові пасивного тиску для незв'язних ґрунтів визначаються за формулами:

$$P_{ph} = \gamma_{sb} \cdot d \cdot \lambda_{ph}; \quad (8.20)$$

$$P_{pv} = P_{ph} \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta), \quad (8.21)$$

де  $\lambda_{ph}$  – коефіцієнт пасивного тиску ґрунту, що визначається за формулою:

$$\lambda_{ph} = \operatorname{tg}^2(45 + \frac{\varphi_r}{2}) \quad (8.22)$$

Рівнодіюча горизонтальної складової пасивного тиску для незв'язних ґрунтів визначається за формулою:

$$E_{ph} = 0,5 \cdot P_{ph} \cdot d \cdot l, 0. \quad (8.23)$$

### 8.4. ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ НА ПІДПІРНУ СТІНУ ВІД ДІЇ ВОДИ

#### 8.4.1 визначення зважуючої сили води (архімедової сили)

Зважуюча сила води знаходиться як добуток об'єму частини стіни, що знаходиться нижче рівня ґрунтових вод з нижньої сторони стіни, на питому вагу води за формулою:

$$\Phi = \gamma_w \cdot V_{cm}, \quad (8.24)$$

де  $\gamma_w$  - питома вага води ( $\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$ );  $V_{cm}$  - об'єм частини стіни, що знаходиться нижче рівня ґрунтових вод з нижньої сторони стіни.

#### 9.4.2. Визначення сил гідростатичного тиску води

Інтенсивність гідростатичного тиску визначається за формулою

:

$$F_{hl} = \gamma_w \cdot z, \quad (8.25)$$

де  $Z = \nabla WL - (\nabla FL + d)$ .

Рівнодіючі горизонтальних складових  $E_{h1}$  і  $E_{h2}$  сили гідростатичного тиску визначаються за формулами:

$$E_{h1} = 0,5 \cdot F_{h1} \cdot z \cdot 1,0; \quad (8.26)$$

$$E_{h2} = F_{h1} \cdot d \cdot 1,0. \quad (8.27)$$

Рівнодіюча вертикальної складової  $E_v$  сили гідростатичного тиску визначаємо графоаналітичним методом з площі трикутника (див. рис. 8.1).

### Приклад 8.1. Визначення навантажень на фундамент

Визначити вертикальні і горизонтальні навантаження, що діють на підпірну стіну і ґрунт основи. Геометричні розміри стінки на рис.4.1.

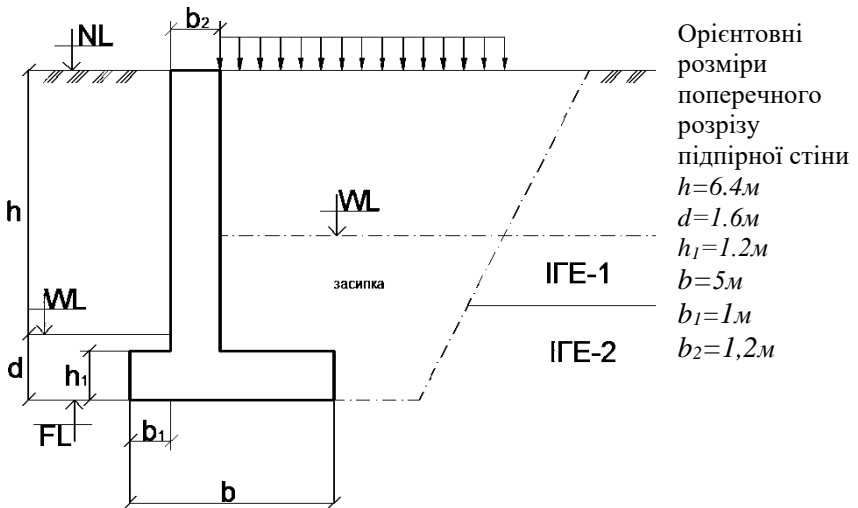


Рис. 8.2.Схема та розміри стінки.

Значення характеристик ґрунту засипки:  $w = 9,8\%$ ;  
 $\rho_s = 2,71 \text{ г/см}^3$ ;  $\rho = 1,90 \text{ г/см}^3$ ;  $\varphi_1 = 35^\circ$  - у природному стані;  
 $\varphi_1 = 31^\circ$  - у насиченому стані.

Розрахунковий випадок – експлуатаційний.

1.1.Визначаємо сили власної ваги стіни. Розрахунки ведемо на 1м довжини стінки.

1) Для сили  $N_1$  маємо:

- об'єм елемента

$$V_1 = b_2(h + d - h_1) \cdot 1,0 = 1,2 \cdot (6,4 + 1,6 - 1,2) \cdot 1,0 = 8,16 \text{ м}^3$$

- власна вага

$$N_1 = \gamma_b \cdot V_1 = 25 \cdot 8,16 = 204 \text{ кН}$$

$\gamma_b = 25 \text{ кН} / \text{м}^3$  - питома вага залізобетону.

Плече  $e_1$  сили  $N_1$  відносно точки 0

$$e_1 = b/2 - (b_1 + b_2/2) = 5/2 - (1 + 0,6) = 0,9 \text{ м};$$

2) Для сили  $N_2$ :

- об'єм елемента

$$V_2 = h_1 \cdot b \cdot 1,0 = 1,2 \cdot 5 \cdot 1,0 = 6 \text{ м}^3;$$

- власна вага

$$N_2 = \gamma_b \cdot V_2 = 25 \cdot 6 = 150 \text{ кН}$$

Плече  $e_2$  сили  $N_2$  відносно точки 0,  $e_2 = 0 \text{ м}$ .

1.2. Визначення сили від ваги ґрунту на консолях стіни.

Визначаємо кут нахилу умовної поверхні  $bc$ :

$$\varepsilon = 45^\circ - \varphi_1/2 = 45^\circ - 31^\circ/2 = 29,5^\circ$$

1) Для сили  $N_3$ :

- об'єм елемента

$$V_3 = (d - h_1) \cdot b_1 \cdot 1,0 = (1,6 - 1,2) \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,4 \text{ м}^3$$

- власна вага

$$N_3 = \gamma_{sb} \cdot V_3 = 10,57 \cdot 0,4 = 4,23 \text{ кН}$$

$$\text{де } \gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - 10}{1 + e} = \frac{26,6 - 10}{1 + 0,57} = 10,57 \text{ кН} / \text{м}^3$$

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g = 2,71 \cdot 9,81 = 26,6 \text{ кН} / \text{м}^3$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + w) - 1 = \frac{2,71}{1,90} (1 + 0,098) - 1 = 0,57$$

Плече  $e_3$  сили  $N_3$  відносно точки 0

$$e_3 = b/2 - b_1/2 = 2,5 - 0,5 = 2 \text{ м}$$

2) Для сили  $N_4$ :

об'єм елемента визначаємо графічно, виходячи з площі трикутника  $b\delta z$ ;

$$V_4 = 0,32 \text{ м}^3$$

- власна вага

$$N_4 = \gamma \cdot V_4 = 18,64 \cdot 0,32 = 5,97 \text{кН}$$

$$\gamma = \rho \cdot g = 1,9 \cdot 9,81 = 18,64 \text{кН/м}^3$$

Центр ваги прикладання сили  $N_4$  знаходиться на перетині медіан трикутника  $\delta д ж$ . Плече сили  $N_4$  відносно точки  $O$ ,  $e_4 = 0,09 \text{м}$ .

3) Для сили  $N_5$  :

- об'єм елемента визначаємо графічно, виходячи з площі трапеції  $г д ж с$ ;

$$V_5 = 6,47 \text{м}^3$$

- власна вага

$$N_5 = \gamma_{sb} \cdot V_5 = 10,57 \cdot 6,47 = 68,39 \text{кН}$$

Відстань  $x_{c5}$ , на якій знаходиться центр ваги  $N_5$  від вертикальної грані стіни, визначається за формулою:

$$x_{c5} = \frac{x_1^2 + x_2 \cdot (x_1 + x_2 / 3)}{2x_1 + x_2}, \text{ де } x_1, x_2 - \text{розміри елемента.}$$

У нашому випадку  $x_2 = b - b_1 - b_2$ ;  $x_1 = 0,6$  (ширина  $г д$ )

$$x_{c5} = \frac{0,6^2 + 2,8 \cdot (0,6 + 2,8 / 3)}{2 \cdot 0,6 + 2,8} = 1,16 \text{м}$$

$$e_5 = x_{c5} + b_2 + b_1 - b / 2 = 1,16 + 1,2 + 1 - 2,5 = 0,86 \text{м}$$

1.3. Визначення сил тиску на стіну від навантаження, що розміщене на поверхні засипки.

$$P_{qhl} = q \cdot \lambda_{a1} = 30 \cdot 0,27 = 8,1 \text{кПа}$$

$$\lambda_{a1} = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}) = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}) = 0,27$$

$\delta = \varphi_1$  - кут тертя ґрунту на контактi зi стiнкою.

$$P_{vhl} = P_{qhl} \cdot \text{tg}(\varepsilon + \delta) = 8,1 \cdot 1,54 = 12,5 \text{кПа}$$

Рiвнодiючi сили горизонтального i вертикального тискiв ґрунту вiд навантаження  $q$ :

$$E_{qhl} = P_{qhl} \cdot H_1 = 8,1 \cdot 3 = 24,3 \text{кН}$$

$$E_{qv1} = P_{vh1} \cdot H_1 = 12,5 \cdot 3 = 37,5 \text{кН}$$

$$H_1 = NL - WL = 3 \text{м}$$

$$P_{qh2} = q \cdot \lambda_{a2} = 30 \cdot 0,32 = 9,6 \text{кПа}$$

$$\lambda_{a2} = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}) = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{31^\circ}{2}) = 0,32$$

$$P_{qv2} = P_{qh2} \cdot \text{tg}(\varepsilon + \delta) = 9,6 \cdot 1,54 = 14,78 \text{кПа};$$

$$E_{qh2} = P_{qh2} \cdot h_2 = 9,6 \cdot 5 = 48 \text{кН}$$

$$E_{qv2} = P_{qv2} \cdot h_2 = 14,78 \cdot 5 = 73,9 \text{кН}$$

$$H_2 = \nabla WL - \nabla FL = 165 - 160 = 5 \text{м}$$

Точки прикладання рівнодіючих  $E_{qh1}$ ,  $E_{qv1}$  знаходяться на внутрішній стінці.

Точки прикладання рівнодіючих  $E_{qh2}$ ,  $E_{qv2}$  знаходяться на поверхні ковзання **бс**.

Плечі даних сил відносно точки  $O$  встановлюємо графічно. Для сили  $E_{qh1}$ , плече  $e_{10} = 6,5 \text{м}$ ,  $E_{qv1}$  -  $e_{11} = 0,3 \text{м}$ ,  $E_{qh2}$  -  $e_{12} = 2,5 \text{м}$ ,  $E_{qv2}$  -  $e_{13} = 1,75 \text{м}$ .

1.4.1. Визначення сил активного тиску від ґрунту засипки вище рівня ґрунтових вод.

а) Горизонтальна і вертикальна складові активного тиску визначаються за формулами:

$$P_{ahl} = \gamma \cdot H_1 \cdot \lambda_{a1} = 18,64 \cdot 3 \cdot 0,27 = 15,1 \text{кПа}$$

$$H_1 = \nabla NL - \nabla WL = 168 - 165 = 3 \text{м};$$

$$\gamma = \rho \cdot g = 1,9 \cdot 9,81 = 18,64 \text{кН} / \text{м}^3;$$

$$P_{av1} = P_{ahl} \cdot \text{tg}(\varepsilon + \delta) = 15,1 \cdot \text{tg}(27,5^\circ + 35^\circ) = 28 \text{кПа}.$$

б) Рівнодіючі горизонтального  $E_{ahl}$  і вертикального  $E_{av1}$  тисків ґрунту вище рівня ґрунтових вод визначаються за формулами:

$$E_{ahl} = P_{ahl} \cdot H_1 / 2 = 15,1 \cdot 3 / 2 = 22,65 \text{кН};$$

$$E_{av1} = P_{av1} \cdot H_1 / 2 = 28 \cdot 3 / 2 = 42 \text{кН}.$$

Точка прикладання рівнодіючих  $E_{ahl}$  і  $E_{av1}$  знаходиться на поверхні ковзання **бс**.

Плече сили  $E_{ahl}$  відносно точки  $O$  встановлюємо за формулою:

$$e_{14} = 1/3 \cdot H_1 + H_2 = 1/3 \cdot 3 + 5 = 6 \text{м};$$

$$H_2 = \nabla WL - \nabla FL = 165 - 160 = 5 \text{м}.$$

Плече сили  $E_{av1}$  відносно точки  $O$  встановлюємо графічно:

$$e_{15} = 0,27 \text{м}.$$

1.4.2. Визначення сил активного тиску від рівня засипки  
нище рівня ґрунтових вод.

а) Визначаємо горизонтальну і вертикальну складові:

$$P'_{ah2} = \gamma H_1 \cdot \lambda_{a2} = 18,64 \cdot 3 \cdot 0,32 = 17,9 \text{ кПа};$$

$$P'_{av2} = P'_{ah2} \cdot \text{tg}(\varepsilon + \delta) = 17,9 \cdot \text{tg}(29,5^\circ + 31^\circ) = 31,64 \text{ кПа};$$

$$P''_{ah2} = P'_{ah2} + \gamma_{sb} \cdot H_2 \cdot \lambda_{a2} = 17,9 + 10,57 \cdot 5 \cdot 0,32 = 34,81 \text{ кПа};$$

$\gamma_{sb} = 10,57 \text{ кН/м}^3$  - питома вага ґрунту засипки у зваженому стані.

$$P''_{av2} = P''_{ah2} \cdot \text{tg}(\varepsilon + \delta) = 34,81 \cdot \text{tg}(29,5^\circ + 31^\circ) = 61,53 \text{ кПа}$$

б) Рівнодіючі горизонтального  $E_{ah2}$  і вертикального  $E_{av2}$  тисків ґрунту засипки нижче рівня ґрунтових вод визначаються за формулами:

$$E_{ah2} = \frac{P'_{ah2} + P''_{ah2}}{2} \cdot H_2 = \frac{17,9 + 34,81}{2} \cdot 5 = 131,76 \text{ кПа}$$

$$E_{av2} = \frac{P'_{av2} + P''_{av2}}{2} \cdot H_2 = \frac{31,64 + 61,53}{2} \cdot 5 = 232,93 \text{ кПа}$$

Точка прикладання рівнодіючих  $E_{ah2}$  і  $E_{av2}$  знаходиться на поверхні ковзання **бс**.

Плече сили  $E_{ah2}$  відносно точки **О** визначаємо за формулою:

$$e_{16} = \frac{2 \cdot P'_{ah2} + P''_{ah2}}{3 \cdot (P'_{ah2} + P''_{ah2})} \cdot H_2 = \frac{2 \cdot 17,9 + 34,81}{3 \cdot (17,9 + 34,81)} \cdot 5 = 2,23 \text{ м}$$

Плече сили  $E_{av2}$  відносно точки **О** встановлюємо графічно,

$$e_{17} = 1,91 \text{ м.}$$

1.5. Визначення сил пасивного тиску ґрунту

а) Горизонтальна складова пасивного тиску  $P_{ph}$  визначається за формулою:

$$P_{ph} = \gamma_{sb} \cdot d \cdot \lambda_{ph} = 10,57 \cdot 1,6 \cdot 4,61 = 77,91 \text{ кПа};$$

$$\lambda_{ph} = \text{tg}^2(45 + \varphi_1 / 2) = \text{tg}^2(45 + 31 / 2) = 4,61$$

б) Рівнодіюча пасивного тиску  $E_{ph}$  визначається за формулою:

$$E_{ph} = \frac{P_{ph} \cdot d}{2} = \frac{77,91 \cdot 1,6}{2} = 62,33 \text{ кН}$$

Плече сили  $E_{ph}$  відносно точки **О**,  $e_p = 1/3 d = 1/3 \cdot 1,6 = 0,53 \text{ м.}$

1.6. Визначення сил на підпірну стіну від дії води

1.6.1. Визначення зважуючої сили води (Архімедової сили)

Зважуюча сила води знаходиться за формулою:

$$\Phi = \gamma_w \cdot V_{cm} = 10 \cdot 6,32 = 63,2 \text{ кН};$$

$$V_{cm} = V_2 + V_0 = 6 + 0,32 = 6,32 \text{ м}^3.$$



$V_0$  -об'єм стіни, що знаходиться між верхньою горизонтальною площею об'єма  $V_3$  і площиною, яка проходить на рівні відмітки води з нижньої сторони стіни,  $V_0 = 0,32 \text{ м}^3$  (встановлюємо графоаналітичним методом )

Точка прикладання сили  $\Phi_I$  знаходиться в т. $\theta$ .

1.6.2. Визначення сил гідростатичного тиску води.

а) Інтенсивність гідростатичного тиску визначається за формулою

$$F_{hl} = \gamma_w \cdot z = 10 \cdot 3,4 = 34 \text{ кН} ;$$

$$z = \nabla WL - (\nabla FL + d) = 165 - (160 + 1,6) = 3,4 \text{ м.}$$

б) Рівнодіюча сили гідростатичного тиску визначається за формулою

$$E_{hl} = \frac{F_{hl} \cdot z}{2} \cdot 1,0 = \frac{34 \cdot 3,4}{2} \cdot 1,0 = 57,8 \text{ кН}$$

Плече сили  $E_{hl}$  відносно точки  $\theta$ :

$$e_{18} = 1/3 \cdot z + d = 1/3 \cdot 3,4 + 1,6 = 2,73 \text{ м.}$$

$$E_{h2} = F_{hl} \cdot d = 34 \cdot 1,6 = 54,4 \text{ кН.}$$

Плече сили  $E_{h2}$  відносно точки  $\theta$

$$e_{19} = \frac{1}{2} \cdot d = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ м}$$

Вертикальну складову  $E_v$  сили гідростатичного тиску, а також її плече визначаємо графоаналітичним методом  $E_v = 64,7 \text{ кН}$ ;  $e_{20} = 0,86 \text{ м}$ .

Результати розрахунків записуємо в таблицю 8.4.

Нормальні крайові напруження, що діють по підшві стіни, визначаються за формулою:

$$P_{max, min} = \Sigma N_{i, 11} / A \pm \Sigma M_{i, 11} / W,$$

де  $A$ -площа підшви стінки на 1 п. м.  $A = e \cdot l = 5,0 \cdot 1,0 = 5,0 \text{ м}^2$ ;

$W$ -момент опору підшви стінки,  $W = l \cdot b^2 / 12 = 1 \cdot 5,0^2 / 6 = 4,17 \text{ м}^3$ ;  $\Sigma N_{i, 11}$  - сума вертикальних навантажень, взятих для розрахунків за першою або другою групою граничних станів ( див. табл.8.4.)  $\Sigma M_{i, 11}$  - сума моментів всіх сил відносно нейтральної осі підшви (т. $\theta$ )

За першою групою граничних станів :

$$P_{max, min} = 796,55 / 5,0 \pm 539,31 / 4,17 = 159,31 \pm 123,33 \text{ кПа};$$

$$P_{max} = 282,64 \text{ кПа}; \quad P_{min} = 35,98 \text{ кПа.}$$

За другою групою граничних станів:

$$P_{max, min} = 820,42 / 5,0 \pm 426,28 / 4,17 = 164,08 \pm 102,23 \text{ кПа};$$

$$P_{max} = 266,31 \text{ кПа}; \quad P_{min} = 61,85 \text{ кПа}.$$

Таблиця 8.4

## Навантаження, що діють на стінку і ґрунт основи

Вид навантаження	Формула визначення	Нормативне і розрахункове навантаження для розрахунків за деформациями (II група граничних станів), кН		Коефіцієнт надійності для навантаження	Розрахункове навантаження для розрахунку за несучою здатністю (I група граничних станів), кН		Плечі сил відносно нейтральної осі підшви, м	Моменти сил відносно нейтральної осі підшви, кН·м	
		Вертикальне	Горизонтальне		Вертикальне	Горизонтальне		I група	II група
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Власна вага стінки	$N_1 = \gamma_b \cdot V_1$	204	---	0,9	183,6	---	0,9	165,24	83,6
---/--	$N_2 = \gamma_b \cdot V_2$	150	---	0,9	135	---	0	0	0
Вага ґрунту на консолях	$N_3 = \gamma_{sb} \cdot V_3$	4,23	---	1,15	4,86	---	2	9,72	8,46
----/--	$N_4 = \gamma \cdot V_4$	5,97	---	1,15	6,87	---	0,09	0,62	0,54
---/--	$N_5 = \gamma_{sb} \cdot V_5$	68,39	---	1,15	78,65	---	0,86	+67,64	+58,82
Сили тиску від навантаження	$E_{qh1} = P_{qh1} \cdot h_1$	---	24,3	1,15	---	27,95	6,5	181,68	157,95
---/--	$E_{qh2} = P_{qh2} \cdot h_2$	---	48	1,15	---	55,2	2,5	-138	-120
---/--	$E_{qv1} = P_{qv1} \cdot h_1$	37,5	---	1,15	43,13	---	0,3	-12,94	-11,25
---/--	$E_{qv2} = P_{qv2} \cdot h_2$	73,9	---	1,15	85	---	1,75	+148,75	+129,33
Сили активного тиску засипки	$E_{ah1} = P_{ah1} \cdot H_1 / 2$	---	22,65	1,15	---	26,05	6	-156,3	-135,9
---/--	$E_{av1} = P_{av1} \cdot H_1 / 2$	42	---	1,15	48,3	---	0,27	-13,04	-11,34
---/--	$E_{ah2} = (P'_{ah2} + P''_{ah2}) \cdot H_1 / 2$	---	131,76	1,15	---	151,52	2,33	-353,04	-307
----/--	$E_{av2} = (P'_{av2} + P''_{av2}) \cdot H_1 / 2$	32,93	---	0,9	209,64	---	1,91	+400,41	+444,9
Сили пасивного	$E_{ph} = \frac{P_{ph} \cdot d}{2}$	---	62,33	0,9	---	56,1	0,53	+20,14	+22,38

тиску грунту									
Зважуючі сили	$\Phi = \gamma_w \cdot V_{cm}$	-63,2	---	1,0	-63,2	---	0	0	0
Сили гідростати- чного тиску	$E_{h1} = \frac{F_{h1} \cdot d}{2}$	---	57,8	1,0	---	57,8	2,73	- 157,79	- 157,79
---//---	$E_{h2} = F_{h2} \cdot d$	---	54,4	1,0	---	54,4	0,8	-43,52	-43,52
----//--	$E_v$	64,7	---	1,0	64,7	---	0,86	+55,6 4	+55,6 4
		$\Sigma N_{II} =$ 820,42			$\Sigma N_I =$ 796,55			$\Sigma M_I =$ - 539	$\Sigma M_{II} =$ - 426,28

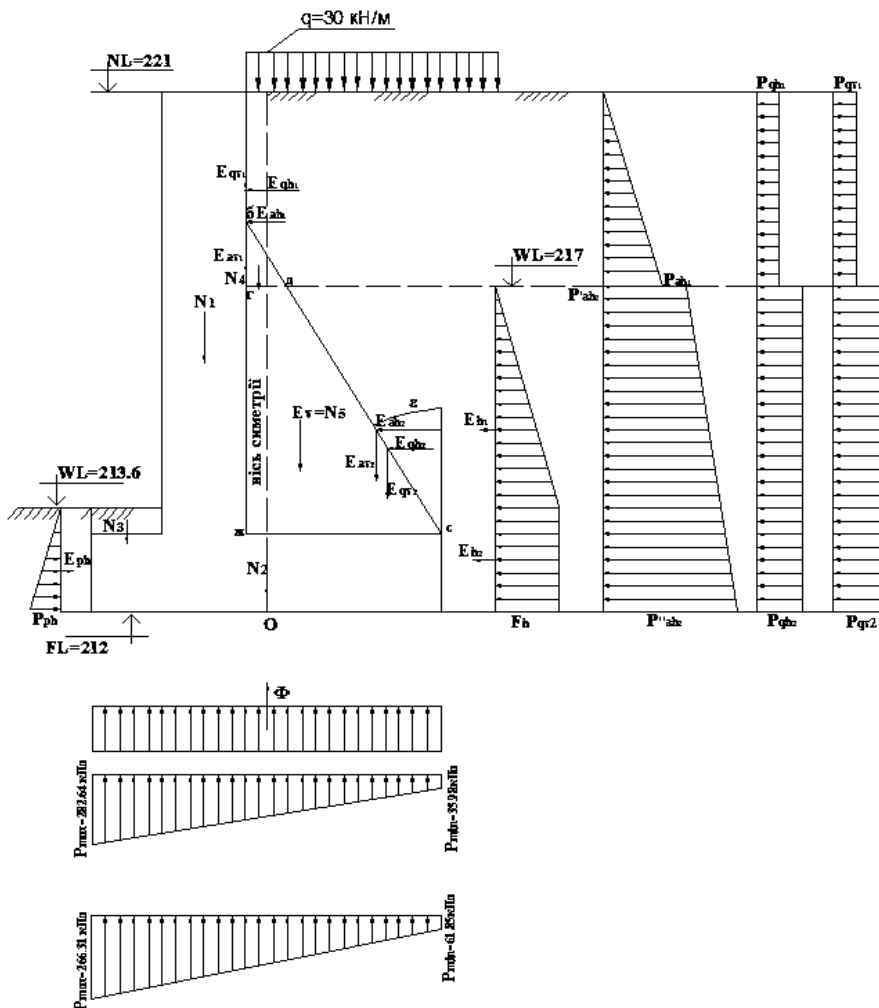


Рис. 8.3. Схема силових навантажень на стінку

## 9. РОЗРАХУНОКИ ОСНОВИ ЗА НЕСУЧОЮ ЗДАТНІСТЮ

Розміри стінки та навантаження приймаємо з прикладу 8.1. В основі залягають твердий суглинок з характеристиками:

- Кут внутрішнього тертя  $\varphi_1 = 28^0$

- Питоме зчеплення  $C_1 = 3,2 \text{кПа}$
- Питома вага ґрунту у зваженому водою стані  $\gamma_{\text{вб}} = 10,12 \text{кН} / \text{м}^3$

Середнє напруження по підосві  $\sigma_m = 159,31 \text{кПа}$ ; максимальне напруження  $\sigma_{\text{max}} = 282,64 \text{кПа}$ . Споруда відноситься до четвертого класу капітальності.

### 9.1. Розрахунок несучої здатності основи за схемою площинного зсуву

Перевіряємо виконання умови

$$\gamma_{\text{lc}} \cdot F \leq \gamma_1 / \gamma_n \cdot R \quad (9.1)$$

$\gamma_{\text{lc}}$  - коефіцієнт сполучення для навантажень, для основного сполучення,  $\gamma_{\text{lc}} = 1,0$ ;  $\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи, для бетонних споруд на нескільких основах  $\gamma_c = 1,0$ ;  $\gamma_n$  - коефіцієнт надійності, що залежить від класу капітальності споруди,  $\gamma_n = 1,10$ .

де зрушуючи сила  $F$  визначаємо за формулою:

$$F = E_{\text{ah1}} + E_{\text{qh1}} + E_{\text{ah2}} + E_{\text{qh2}} + E_{\text{h1}} + E_{\text{h2}} = 26,05 + 27,95 + 151,52 + 55,2 + 57,8 + 54,4 = 372,92 \text{кН}$$

Значення сил граничного опору  $R = R_{\text{pl}}$  визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} R_{\text{pl}} &= \sum N_1 \cdot \text{tg} \varphi_1 + \gamma_c \cdot E_{\text{ph}} + Ag \cdot C_1 = \\ &= 796,55 \cdot \text{tg} 28^\circ + 0,7 \cdot 56,1 + 5 \cdot 3,2 = 478,8 \text{кН} \\ 1,0 \cdot 372,92 &= 372,92 \text{кН} \leq \frac{1,0}{1,1} \cdot 478,8 = 435,27 \text{кН} \end{aligned}$$

де  $\gamma_c = 0,7$ .

Умова стійкості виконується.

### 9.2. Розрахунок несучої здатності основи за схемою змішаного зсуву

Значення зрушуючи сил визначаємо таким чином, як і про розрахунках за схемою плоского зсуву,  $F = 372,92 \text{кН}$

Значення сил граничного опору  $R = R_{\text{com}}$  визначаємо за формулою (9.2.). Для визначення величини дотичних напружень

$\tau_{lim}$  при різних кутах відхилення  $\delta$  рівнодіючої зовнішніх сил розрахунки ведемо в табличній формі, використовуючи дані з [2,ст.34-35].

$$q = \gamma_{Isb} d = 10,12 \cdot 1,6 = 16,192 \text{кН} / \text{м};$$

$$n = C_1 / \text{tg} \varphi_1 = 3,2 / \text{tg} 28^\circ = 6,02 \text{кПа}$$

Табл.9.1 Значення  $\sigma$  і  $\tau_{lim}$

$\delta$	$0^0 \cdot \varphi_1$	$0,1^0 \cdot \varphi_1$	$0,3^0 \cdot \varphi_1$	$0,5^0 \cdot \varphi_1$	$0,7^0 \cdot \varphi_1$	$0,9^0 \cdot \varphi_1$
	$\delta = 0^0$	$\delta = 2,8^0$	$\delta = 8,4^0$	$\delta = 14^0$	$\delta = 19,6^0$	$\delta = 25,2^0$
$N_\gamma$	9,1494	7,9429	5,6548	3,6709	2,0720	0,8541
$N_c$	27,684	25,465	21,141	17,029	13,069	8,9870
$N_q$	14,720	13,535	11,241	9,0545	6,9490	4,7785
$R_{\psi_1}, \text{кН} / \text{м}$	4002,47	3561,51	2719,46	1966,85	1320,93	763,95
$\cos \delta$	1	0,999	0,989	0,97	0,942	0,905
$\sin \delta$	0	0,049	0,146	0,242	0,335	0,426
$\sigma, \text{кПа}$	794,47	705,57	531,89	375,55	242,84	132,25
$\tau_{lim}, \text{кПа}$	0	34,90	79,41	95,20	88,50	65,09

За даними двох останніх рядків будуюмо графік несучої здатності  $\tau_{lim} = f(\sigma)$  (рис 9.1). З графіка за середнім значенням напружень  $\sigma_m = 159,3 \text{кПа}$  встановлюємо розрахункове значення граничних напружень  $\tau_{lim} = 69,6 \text{кПа}$ , яке застосовуємо для визначення сили опору  $R_{com}$ :

$$R_{com} = (\sigma_m \cdot \text{tg} \varphi_1 + C_1) \cdot b_2 \cdot l + \tau_{lim} \cdot b_1 \cdot l \quad (9.2)$$

Крім того, визначаємо розрахункове значення довжини ділянок підшви споруди, на яких виникають зсув з випором  $b_1$  та площинний зсув  $b_2$ . Значення  $b_1$  визначаємо графічно. Вид графіка встановлюємо в залежності від коефіцієнта зсуву  $\text{tg} \psi_1$ :

$$\text{tg} \psi_1 = \text{tg} \varphi_1 + \frac{c_1}{\sigma_m} = \text{tg} 28^\circ + \frac{3,2}{159,31} = 0,55$$

При  $\text{tg} \psi_1 = 0,55 > 0,45$ , будуюмо графік лінійної залежності між  $b_1 / b_2$  і нормальними напруженнями  $\sigma_{cr}$  і  $\sigma_{flr}$  (рис. 9.2)

$$\text{де } \sigma_{cr} = N_0 \cdot b \cdot \gamma_{Isb} = 3 \cdot 5 \cdot 10,12 = 151,8 \text{кПа}$$

$N_0$  – безрозмірний коефіцієнт, який приймається для щільних пісків рівним 1, для інших ґрунтів дорівнює 3.

$$\sigma_{flr} = R_u / b - n = 4002,47 / 5 - 6,02 = 794,47 \text{ кПа}$$

У нашому випадку при  $\sigma_{max} = 282,64 \text{ кПа}$   $b_1 / b = 0,2$ , звідси  $b_1 = 0,2 \cdot b = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ м}$ ,  $b_2 = b - b_1 = 5 - 1 = 4 \text{ м}$ .

Підставляючи значення  $\tau_{lim}, b_1, b_2$  і  $l = 1,0 \text{ м}$  у формулу (9.2), знаходимо силу опору  $R_{com}$  у випадку змішаного зсуву.

$$R_{com} = (\sigma_m \cdot \text{tg} \varphi_1 + C_1) \cdot b_2 \cdot l + \tau_{lim} \cdot b_1 \cdot l =$$

$$(159,31 \cdot \text{tg} 28^\circ + 3,2) \cdot 4 \cdot 1 + 69,6 \cdot 1 \cdot 1 = 421,23 \text{ кН}$$

Підставляючи одержане значення у формулу (9.1), перевіряємо стійкість стінки за схемою змішаного зсуву.

$$1,0 \cdot 372,92 = 372,92 \text{ кН} < \frac{1,0}{1,1} \cdot 421,23 = 382,94 \text{ кН}$$

Умова виконується.

$\tau_{lim}, \text{ кПа}$

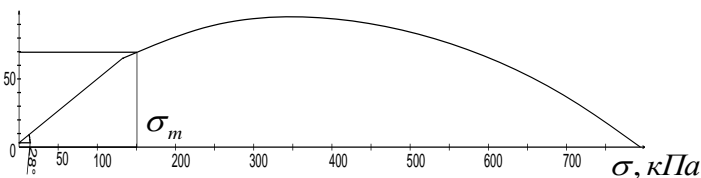


Рис.9.1 Графік несучої здатності ґрунту основи

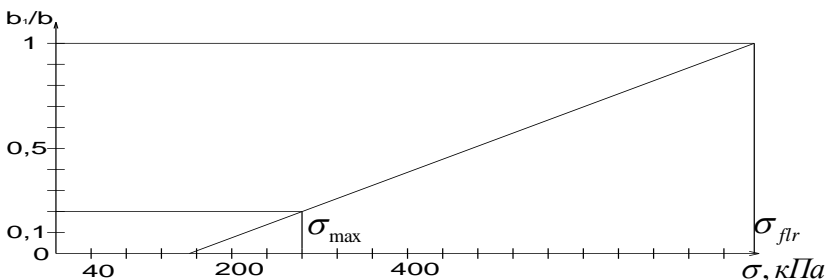


Рис.9.2 Графік для визначення ширини підшви  $b_1$ , на якій виникає зсув з випором ґрунту основи.

## 10. РОЗРАХУНКИ ДЕФОРМАЦІЙ ОСНОВИ ПІДПІРНОЇ СТІНИ

### 10.1. Загальні положення

Розрахунок основ за деформаціями згідно із ДБН В.2.1-10-2009 виконується виходячи з умови:

$$S \leq S_u \quad (10.1)$$

де  $S$  - сумісна деформація основи і споруди, яка визначається розрахунком у відповідності до обов'язкового додатку Д до ДБН В.2.1-10-2009;  $S_u$  - граничне значення сумісної деформації основи і споруди, яка визначається за Додатком «И» ДБН В.2.1-10-2009). Осідання основи  $S$  з використанням розрахункової схеми у вигляді лінійно-деформованого напівпростору визначається методом пошарового підсумування за формулою:

$$S = \beta \sum (\sigma_{zpi} h_i / E_i) \quad (10.2)$$

де  $\beta$  - безрозмірний коефіцієнт, який дорівнює 0,8;  $\sigma_{zpi}$  - середнє значення додаткового вертикального нормального напруження в  $i$ -му шарі ґрунту;  $h_i$  та  $E_i$  - відповідно товщина та модуль деформацій  $i$ -го розрахункового шару ґрунту;  $i$  - кількість шарів, на які розбивається основа. За необхідністю в деяких випадках визначають крен фундаменту “ $i$ ” від дії позacentрового навантаження:

$$i = \frac{1-\nu}{E} k_e \frac{M_{II}}{\left(\frac{a}{2}\right)^3}, \quad (10.3)$$

де  $E$  та  $\nu$  - відповідно модуль деформації та коефіцієнт Пуассона ґрунту основи; (в разі, якщо основа неоднорідна, значення  $E$  та  $\nu$  приймаються середніми в межах всієї стисливої зони);  $M_{II}$  - момент вертикальної рівнодіючої всіх навантажень відносно нейтральної осі підшови фундаменту (колонки 10 табл.8.4.);  $a$  - діаметр, або сторона фундаменту у напрямку якої діє момент;  $k_e$  - коефіцієнт, який приймається за табл. 3 ДБН В.2.1-10-2009.

Отже при проектуванні основ і фундаментів необхідно забезпечити, щоб осідання або крен фундаменту споруди, які визначалися розрахунками, були меншими за гранично допустимі значення, встановлені додатком «И» до ДБН В.2.1-10-2009.

### 10.2. Визначення осідання основи підпiрної стiни методом пошарового підсумування

1. Викреслюють геологічний переріз, на якому в тому ж масштабі наносять контури розрізу фундаменту по ширині “ $b$ ”.



Товща ґрунту, яка знаходиться нижче підшви фундаменту, ділиться на розрахункові шари товщиною  $h_i \leq 0,4b$  ( $b$  - ширина підшви фундаменту). Розрахунковий шар не повинен знаходитись в двох інженерно-геологічних елементах (ІГЕ). Поруч з перерізом креслять допоміжну таблицю (див. приклад 10.2).

2. Розраховують вертикальні природні напруження в ґрунті

$$\sigma_{zg} = \sum \gamma_{II i} h_i, \quad (10.4)$$

де  $\gamma_{II i}$  - питома вага ґрунту в межах розрахункового шару;  $h_i$  - товщина  $i$ -го розрахункового шару. У разі, якщо ґрунт знаходиться нижче рівня ґрунтових вод його питома вага визначається з урахуванням зважуючої дії води за формулою:

$$\gamma_{sbl} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (10.5)$$

де  $\gamma_s$  - питома вага частинок ґрунту;  $\gamma_w$  - питома вага води;  $e$  - коефіцієнт пористості ґрунту. Будують епюру природніх напружень  $\sigma_{zg}$ .

3. Розраховують додаткові вертикальні напруження в ґрунтовій товщі  $\sigma_{zp} = \alpha P_0$ , де  $\alpha$  - коефіцієнт, який залежить від відносної глибини знаходження точки в яких визначаються напруження та відносної ширини підшви фундаменту і визначається за табл. Д1 (додаток «Д» ДБН В.2.1-10-2009).  $P_0 = P - \sigma_{zg0}$ , де  $\sigma_{zg0}$  - вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на рівні підшви фундаменту. Креслять епюру  $\sigma_{zp}$  в тому ж масштабі, що й епюру  $\sigma_{zg}$ .

4. Визначають розрахунковий опір  $R$  ґрунту за формулою (Е.1) додаток «Е» ДБН В.2.1-10-2009:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d \gamma'_{II} + M_c c_{II}] \quad (10.6)$$

де  $\gamma_{c1}$  і  $\gamma_{c2}$  - коефіцієнти умов роботи, які приймаються з табл. Е.7 (ДБН В.2.1-10-2009) в залежності від типу ґрунту, конструктивної схеми та жорсткості споруди;  $k$  - коефіцієнт, який дорівнює  $k = 1$ , якщо характеристики міцності ґрунту  $\varphi$  і  $c$  визначалися безпосередньо шляхом випробувань; якщо ж вони прийняті з допоміжних таблиць (ДБН В.2.1-10-2009) то  $k = 1,1$ ;  $M_\gamma$ ,  $M_q$ ,  $M_c$  - коефіцієнти, які приймаються з табл. 6.3 (табл. Е.8 ДБН В.2.1-10-2009);  $k_z$  - коефіцієнт, який дорівнює: при  $b < 10$  м  $k_z = 1$ ; при  $b \geq 10$  м;  $k_z = z_0/b + 0,2$ ; де  $z_0 = 8,0$  м;  $b$  - ширина підшви фундаменту, м;  $\gamma_{II}$  - питома вага ґрунту, який залягає нижче підшви фундаменту (за наявності підземних вод визначається з урахуванням зважуючої дії

води в межах стисливої товщі) див. формулу (10.5)  $\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_{II}$  - питома вага ґрунту, який залягає вище підшови фундаменту,  $\text{кН/м}^3$ ;  $c_{II}$  - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, який залягає безпосередньо під підшовою фундаменту,  $\text{кПа}$ ;  $d$  - глибина закладення фундаментів безпідвальних споруд від поверхні ґрунту, або приведена глибина закладення зовнішніх і внутрішніх фундаментів від підлоги підвалу, м.

5. Перевіряють виконання умов:

а) для центрально завантаженого фундаменту:

$$P \leq R, \quad (10.7)$$

де  $P = N_{II} / A + \bar{\gamma}d$  - тиск під підшовою фундаменту;

б) для позакентровано завантаженого фундаменту:

$$P_{max} \leq 1,2 R, \quad P_{min} > 0 \quad (10.8)$$

де  $P_{max}$ ,  $P_{min}$  - відповідно максимальний і мінімальний тиск під підшовою фундаменту, визначається за формулою:

$$P_{max(min)} = N_{II} / A + \bar{\gamma}d \pm M_{II} / W, \quad (10.9)$$

де  $N_{II}$  - розрахункове навантаження на фундамент,  $\text{кН}$ ;  $A$  - площа підшови фундаменту,  $\text{м}^2$ ;  $\bar{\gamma}$  - середнє значення питомої ваги матеріалу фундаменту і ґрунту на його обрізах,  $\text{кН/м}^3$ ;  $d$  - глибина закладання фундаменту, м;  $M_{II}$  - момент зовнішніх сил,  $\text{кН} \cdot \text{м}$ ;  $W$  - момент опору підшови фундаменту, для прямокутних фундаментів визначається за формулою  $W = b l^2 / 6$ ,  $\text{м}^3$ ;

де  $b$ ,  $l$  - відповідно ширина і довжина фундаменту.

У випадку невиконання будь-якої умови або значного недовантаження фундаменту змінюють розміри підшови, повторно визначають  $R$  і перевіряють виконання перелічених умов.

Таблиця 10.1

Значення коефіцієнтів  $M_{\gamma}$ ,  $M_q$ ,  $M_c$

Кут внутріш-	Коефіцієнти			Кут внутріш-	Коефіцієнти		
	$M_{\gamma}$	$M_q$	$M_c$		$M_{\gamma}$	$M_q$	$M_c$

нього тертя ФП , град				нього тертя ФП , град			
0	0	1,00	3,14	23	0,69	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	4,60	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

6. Знаходять нижню межу стисненої товщі, яка згідно з ДБН В.2.1-10-2009 розташована на відмітці, де  $\sigma_{zp} \leq 0,2 \sigma_{zg}$ . Нижче деформації ґрунту вважаються такими, що не враховуються в розрахунках (якщо ґрунт сильностислиивий і має  $E < 5$  МПа, то нижню межу стисливої товщі знаходять за умови  $\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zg}$ ).

7. Розраховують осідання кожного розрахункового шару, який знаходиться в межах стисливої товщі. Загальне осідання основи дорівнює сумі осідання всіх елементарних розрахункових шарів і знаходиться за формулою (10.2).

Таблиця 10.2

Значення коефіцієнтів  $\gamma_{c1}$  і  $\gamma_{c2}$

Ґрунти	Коефіцієнт	Коефіцієнт $\gamma_{c2}$ для споруд з жорсткою розрахунковою
--------	------------	--

	$\gamma_{c1}$	конструктивною схемою при співвідношенні довжини споруди або його відсіку до висоти L/H, що дорівнює	
		4 і більше	1,5 і менше
Великоуламкові з піщаним заповненням і піщані, крім дрібних і пилюватих	1,4	1,2	1,4
Піски дрібні	1,3	1,1	1,3
Піски пилюваті:	1,25	1,0	1,2
- маловологі і вологі	1,1	1,0	1,2
- насичені водою	1,25	1,0	1,1
Пилювато-глинисті, а також великоуламкові з пилювато-глинистим заповненням з показником текучості ґрунту або заповнювача $I_L \leq 0,25$			
Це ж, при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,1
Це ж, при $I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0

*Примітки: 1. До споруд з жорсткою конструктивною схемою відносять споруди, конструкції яких спеціально пристосовані до сприйняття зусиль від деформацій основ. До будівель з жорсткою конструктивною схемою можна віднести великопанельні будівлі з перекриттям “на кімнату”, водонапірні бапти тощо. Більшість цивільних та промислових будівель відносяться до споруд з гнучкою конструктивною схемою.*

*2. Для будівель з гнучкою конструктивною схемою  $\gamma_{c2}=1$ . 3. При проміжних значеннях L/H коефіцієнт  $\gamma_{c2}$  визначається інтерполяцією.*

8. Отриману деформацію  $S$  порівнюють з гранично допустимою деформацією  $S_u$  (див. п. 6.1). Якщо  $0,4 S_u \leq S \leq S_u$  то фундамент запроектований вірно, а якщо  $S > S_u$  треба збільшити розміри підшви фундаменту, замінити його конструкцію, або передбачити поліпшення властивостей ґрунтів основи. В разі ж, якщо  $S < 0,4 S_u$  бажано зменшити розміри фундаменту з метою підвищення його економічності. Після цього виконується повторний розрахунок осідання.

**Приклад 10.1.** Визначити розрахунковий опір ґрунту основи підпiрної стiни. Ширина пiдошви фундаменту пiдпiрної стiни  $b=3.9$  м; довжина стiни  $l=40$  м; довжина секцiї стiни  $l_1=10$  м; глибина закладання пiдошви стiни  $d=1.5$  м; висота  $h=6,0$ м. Характеристики ґрунтiв наведенi у таблицi 1.2 (ІГЕ-2) пiд лiтерою “У”. Стiна передає на ґрунт середнє вертикальне напруження (тиск)  $P=153.9$  кПа; максимальнє крайове напруження  $P_{max}=283.3$  кПа; мiнiмальнє крайове напруження  $P_{min}=24.5$  кПа.

Розв’язання:

За формулою (10.6) визначають розрахунковий опiр  $R$  ґрунту. Для даних умов маємо:

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II} + M_c c_{II}] =$$

$$= \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,1} [1,24 \cdot 1,0 \cdot 3,9 \cdot 8,16 + 5,95 \cdot 1,5 \cdot 8,16 + 8,24 \cdot 18,0] = 260,6 \text{ кПа.}$$

Перевiряємо умови (10.8) i (10.9) для позакентровано завантаженого фундаменту:

$$P=153,9 \leq 260,6=R,$$

$$P_{max}=283,3 \leq 1,2 R=312,7 \text{ кПа,} \quad P_{min}=24,5 > 0$$

де  $P_{max}$ ,  $P_{min}$  - вiдповiдно максимальнє i мiнiмальнє крайовi напруження (тиск) пiд пiдошвою фундаменту.

У разi, якщо умови не виконуються необхiдно внести конструктивнi змiни-збiльшити ширину пiдошви стiни, покращити механiчнi властивостi ґрунту, тощо.

**Приклад 10.2** Розрахувати за методом пошарового пiдсумовування осiдання фундаменту куткової пiдпiрної стiни з монолiтного залiзобетону. Визначити також крен пiдпiрної стiни. Ширина пiдошви фундаменту пiдпiрної стiни  $b=3.9$  м; довжина стiни  $l=40$  м; довжина секцiї стiни  $l_1=10$  м; глибина закладання пiдошви стiни  $d=1.5$  м. Стiна передає на ґрунт середнє вертикальне напруження (тиск)  $P=153,9$  кПа. Характеристики ґрунтiв наведенi у таблицi пiд лiтерою “У”.

**Розв’язання:**

1. Визначаємо товщину розрахункового шару  $h_i = 0,2 \cdot b = 0,2 \cdot 3,9 = 0,78$  м. (Таблиця 6.7) ділимо ґрунт основи на розрахункові шари (необхідна товщина  $i$ -го шару становить  $h_i < 0,4b$ ).

2. Вираховуємо природні напруження від власної ваги ґрунту  $\sigma_{zg} = \gamma_{II} h_i$  для  $h=0$ ,  $\sigma_{zg}=0$ ; для  $h=d$ ,  $\sigma_{zg0} = \gamma_{II}' \cdot d = 8,16 \cdot 1,5 = 12,2$  кПа.

(Оскільки вся ґрунтова товща згідно умови знаходиться нижче рівня підземних вод  $WL$  то питому вагу ґрунту  $ПГЕ-2$  та  $ПГЕ-3$  приймаємо з урахуванням архімедової сили за формулою (10.5)

Тиск (природні напруження) на нижній межі 1-го розрахункового шару:

$$\sigma_{zg1} = \sigma_{zg0} + \gamma_{sb1} \cdot h_1 = 12,2 + 8,16 \cdot 0,78 = 18,6 \text{ кПа}$$

Тиск на нижній межі 2-го розрахункового шару :

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_{sb2} \cdot h_2 = 18,6 + 8,16 \cdot 0,78 = 24,9 \text{ кПа}, \text{ і т.д.}$$

Після розрахунків креслимо епюру зміни природніх напружень  $\sigma_{zg}$  з глибиною.

3. Визначаємо додаткові напруження в ґрунті від зовнішнього навантаження, які створюється підпірною стіною за формулою :

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0;$$

$$P_0 = P - \sigma_{zg0} = 153,9 - 12,2 = 141,7 \text{ кПа}$$

Коефіцієнт  $\alpha$  знаходимо з таблиці 10.3 в колонці з співвідношенням  $\eta = l/b = 40/3,9 = 10,3 > 10$  за показником  $\zeta = \frac{2z}{b}$ , де  $z$  – відстань від підшови фундаменту до нижньої межі шару, в якому визначається напруження.

$$\text{Для } z=0; \quad \zeta = \frac{2z}{b} = 0; \alpha = 1; \sigma_{zp} = 141,7 \cdot 1 = 141,7 \text{ кПа};$$

$$\text{для } z=0,78 \text{ м}; \quad \zeta = \frac{2z}{b} = \frac{2 \cdot 0,78}{3,9} = 0,40; \alpha = 0,977; \sigma_{zp} = 141,7 \cdot 0,977 = 138,4 \text{ кПа};$$

$$\text{для } z=1,56; \quad \zeta = \frac{2 \cdot 1,56}{3,9} = 0,80; \alpha = 0,881; \sigma_{zp} = 141,7 \cdot 0,881 = 124,8 \text{ кПа}, \text{ і т.д.}$$

Розрахунки виконуються до нижньої межі стисливої товщі до  $\sigma_{zp} \leq 0,2\sigma_{zq}$ , (в даному випадку у 18 – му шарі  $\sigma_{zq} = 127,8$  кПа,  $\sigma_{zp}$

=26,2 кПа). Викреслюємо епюру  $\sigma_{zp}$  та лінію нижньої межі стисливої зони ВС.

4. Розраховуємо за формулою (10.2) осідання кожного шару ґрунту та загальне осідання, яке дорівнює сумі осідань розрахункових шарів. Для першого шару маємо

$$S_1 = 0,8 \frac{140,1 \cdot 0,78}{14200} = 0,0062, м$$

$$S_2 = 0,8 \frac{131,6 \cdot 0,78}{14200} = 0,0058, м$$

$$S_3 = \dots\dots\dots$$

$$\text{Сумарне осідання дорівнює } S = \sum S_i = 0,0427 м = 4,27 \text{ см.}$$

5. Знаходимо крен підпірної стіни за формулою (10.3)

$$i = \frac{1-\nu^2}{E} k_e \frac{M}{\left(\frac{a}{2}\right)^3} = \frac{1-0,42^2}{14200} \cdot 0,24 \frac{323,6}{\left(\frac{3,9}{2}\right)^3} = 0,00061.$$

Позначення дивись формулу (10.3);  $E = 14200 \text{ кПа}$ ;

Згідно з ДБН В.2.1-10-2009 :

$$\nu = 0,42; k_m = 1; k_e = 0,24; \text{ для } \eta = \frac{10}{3,9} = 2,56;$$

$S_u$  - граничне значення сумісної деформації основи і споруди (додаток И ДБН В.2.1-10-2009)  $S_u = 20 \text{ см}$ , а граничне значення крена  $i_u = 0,004$

Тобто умова із ДБН В.2.1-10-2009 виконується (дивись формулу 10.1).

Таблиця 10.3

Значення коефіцієнта  $\alpha$

$\zeta =$ $2z/b$	Коефіцієнт $\alpha$ для фундаментів							
	кругли x	Прямокутних з співвідношенням сторін $\eta=l/b$						стрічк ових $l/b \geq 10$
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
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	0,811	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
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,339	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	0,72	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,022	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,023	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



Таблица 10.4

Схема до розрахунку осідання підпірної стінки

№ ІГЕ	Різновид грунту	Товщина ІГЕ, м	Глибина пада, γ, кН/м <sup>3</sup>	Модуль деформації, E, МПа	ІГЕ-1		z, м	$\bar{z} = \frac{2z}{b}$	α	C <sub>сп</sub> , кПа	C <sub>сп</sub> , кПа	$\frac{C_{sp}}{C_s}$	— C <sub>сп</sub> , кПа	k <sub>c</sub> , м	S <sub>c</sub> , см						
					Ширина	Висота															
2	Глина м'якопластична	6,0	8,16	14,2	b=3,9м	p=1539кПа	0	0	1,000	141,7	12,2	-	140,1	0,78	0,62						
							0,78	0,40	0,977	138,4	18,6	-	131,6	0,78	0,58						
							1,56	0,80	0,881	124,8	24,9	-	115,9	0,78	0,51						
							2,34	1,20	0,755	107,0	31,3	-	97,7	0,78	0,43						
							3,12	1,60	0,624	88,4	37,5	-	83,2	0,78	0,37						
							3,90	2,00	0,550	77,9	44,1	-	72,8	0,78	0,32						
							4,68	2,40	0,477	67,6	50,4	-	63,6	0,78	0,28						
							5,46	2,80	0,420	59,5	56,8	-	57,8	0,54	0,17						
							6,00	3,08	0,385	56,0	61,2	-	54,5	0,24	0,05						
							6,24	3,20	0,374	53,0	63,4	-	50,4	0,78	0,14						
							7,02	3,60	0,337	47,8	70,6	-	45,7	0,78	0,13						
							3	Глина напівжорстка	7,0	9,18	22,3	b=3,9м	p=1539кПа	7,80	4,00	0,308	43,6	77,7	-	41,7	0,78
8,58	4,40	0,280	39,7	84,9	-	38,2								0,78	0,11						
9,36	4,80	0,258	36,6	92,0	-	35,3								0,78	0,10						
10,14	5,20	0,239	33,9	99,2	-	32,8								0,78	0,09						
10,92	5,56	0,223	31,6	106,4	0,30	30,6								0,78	0,09						
11,7	6,00	0,208	29,5	113,5	0,26	28,6								0,78	0,08						
12,48	6,40	0,196	27,7	120,7	0,23	27,0								0,78	0,08						
13,26	6,80	0,185	26,2	127,8	0,20																
$\Sigma S_c = 4,27 \text{ см}$																					

## 11. ДОДАТКИ

### *Класифікація пісків за гранулометричним складом*

Таблиця 11.1 (витяг з табл. Б10 ДСТУ Б В.2.1-2-96)

Різнovid пісків	Розмір зернин, часток $d$ , мм	Вміст зернин, часток, % за масою
Гравіюватий	$>2,00$	$>25$
Крупний	$>0,50$	$>50$
Середньої крупності	$>0,25$	$>50$
Дрібний	$>0,10$	$\geq 75$
Пилуватий	$>0,10$	$<75$

### *Класифікація пісків за коефіцієнтом пористості*

Таблиця 11.2 (табл. Б18 ДСТУ Б В.2.1-2-96)

Різнovid піску	Коефіцієнт пористості $e$		
	Піски гравіюваті, крупні та середньої крупності	Піски дрібні	Піски пилуваті
Щільний	$<0,55$	$<0,60$	$<0,60$
Середньої щільності	$0,55 \div 0,70$	$0,60 \div 0,75$	$0,60 \div 0,80$
Пухкий	$>0,70$	$>0,75$	$>0,80$

### *Класифікація пісків за коефіцієнтом водонасичення*

Таблиця 11.3 (табл. Б17 ДСТУ Б В.2.1-2-96)

Різнovid 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	$S_r > 0,80$

### *Класифікація глинистих ґрунтів за числом пластичності*

Таблиця 11.4 (табл. Б11 ДСТУ Б В.2.1-2-96)

Різнovid ґрунту	Число пластичності $I_P$
Супісок	$1 \leq I_P \leq 7$
Суглинок	$7 < I_P \leq 17$
Глина	$I_P > 17$

### *Класифікація глинистих ґрунтів за показником текучості*

Таблиця 11.5 (табл. Б14 ДСТУ Б В.2.1-2-96)

Різнovid ґрунтів	Показник текучості $I_L$
<i>Супісок:</i>	
Твердий	$I_L < 0,00$
Пластичний	$0,00 \leq I_L \leq 1,00$
Текучий	$I_L > 1,00$
<i>Суглинки та глини:</i>	
Тверді	$I_L \leq 0,00$
Напівтверді	$0,00 \leq I_L \leq 0,25$
Тугопластичні	$0,25 < I_L \leq 0,50$
М'якопластичні	$0,50 < I_L \leq 0,75$
Текучопластичні	$0,75 < I_L \leq 1,00$
Текучі	$I_L > 1,00$

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.1-10-2009 Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. [Чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ, Мінрегіонбуд України 2009. 82 с.
2. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти.Класифікація. [Чинний від 1996-11-01]. Вид. офіц. Київ, Мінрегіонбуд України 1997. 51 с