

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для выполнения практических работ

по курсу

«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕХАНИКА ГРУНТОВ»

*(для студентов всех форм обучения, по специальности
192 – Строительство и гражданская инженерия)*

Харьков
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова
2019

Методические рекомендации для выполнения практических работ по курсу «Инженерная геология и механика грунтов» (для студентов всех форм обучения, по специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия) / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова ; сост. : О. В. Гаврилюк, А. М. Левенко. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2019. – С. 42.

Составители : **О. В. Гаврилюк, А. М. Левенко**

Рецензент

В. В. Сухов, кандидат геологических наук, старший преподаватель Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина

Рекомендовано кафедрой механики грунтов, фундаментов и инженерной геологии, протокол №9 от 30.05.2018.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа 1 «Построение инженерно-геологического разреза»	5
Практическая работа 2 «Построение геологической колонки буровой скважины».....	13
Практическая работа 3 «Расчет физико-механических характеристик грунта»	18
Практическая работа 4 «Определение напряжений в грунтовой толще при действии местной равномерно распределенной нагрузке»	23
Практическая работа 5 «Определение напряжений в грунтовой толще от собственного веса грунта».....	28
Практическая работа 6 «Определение напряжения в грунтовой толще в условиях плоской задачи»	35

ВВЕДЕНИЕ

С целью практического закрепления теоретических положений некоторых разделов дисциплины «Инженерная геология и механика грунтов» для студентов направления подготовки 192 – Строительство и гражданская инженерия в соответствии с рабочими и учебными программой предусмотрено выполнение ряда практических работ.

Методические рекомендации составлены применительно к установившейся практике проведения этих занятий в Харьковском национальном университете городского хозяйства им. А. Н. Бекетова.

Настоящее методическое указание состоит из двух разделов. В первом разделе приведены практические работы по «Инженерной геологии», а во втором – по «Механике грунтов». В методических указаниях приводятся краткие теоретические основы для выполнения практических работ. Каждая работа содержит исходные данные, варианты и пример выполнения расчетов и построений.

При выполнении практических работ все конечные и промежуточные расчеты записываются в тетрадь. Практическая работа считается выполненной, если студент предоставил преподавателю тетрадь со всеми расчетами, схемами и построениями, а также ответил на ряд теоретических вопросов по соответствующей тематике.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Цель работы – построить инженерно-геологический разрез и выделить инженерно-геологические элементы.

Геологический разрез – это проекция геологических структур на вертикальную плоскость.

На геологическом разрезе должны быть приведены следующие данные: возраст, состав пород, мощность слоев, условия залегания, гидрогеологические условия.

Для инженерной геологии используют особые типы разрезов - инженерно-геологические. Основное отличие от геологических в том, что вместо слоев в них отражают залегание инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Это важнейший параметр, который учитывает еще и свойства грунтов. ИГЭ объединяет в себе возраст, литологический (вещественный) состав грунтов и физико-механические свойства. Они считаются одинаковыми в границах ИГЭ.

Скважина – вертикальная или наклонная горная выработка, в поперечном сечении представляющая собой круг. При инженерно-геологических изысканиях бурят скважины диаметром 50–250 мм.

Скважина состоит из **устья, забоя и ствола**.

Устье скважины – место пересечения ствола скважины с поверхностью земли.

Забой скважины – дно скважины, где ведётся разработка грунта режущим инструментом.

Скважина может проходиться вручную или механизировано. Цель проходки скважин состоит в определении напластовании грунтов по глубине, а также в отборе образцов грунта с каждой литологической разновидности горных пород и определении уровня залегания грунтовых вод.

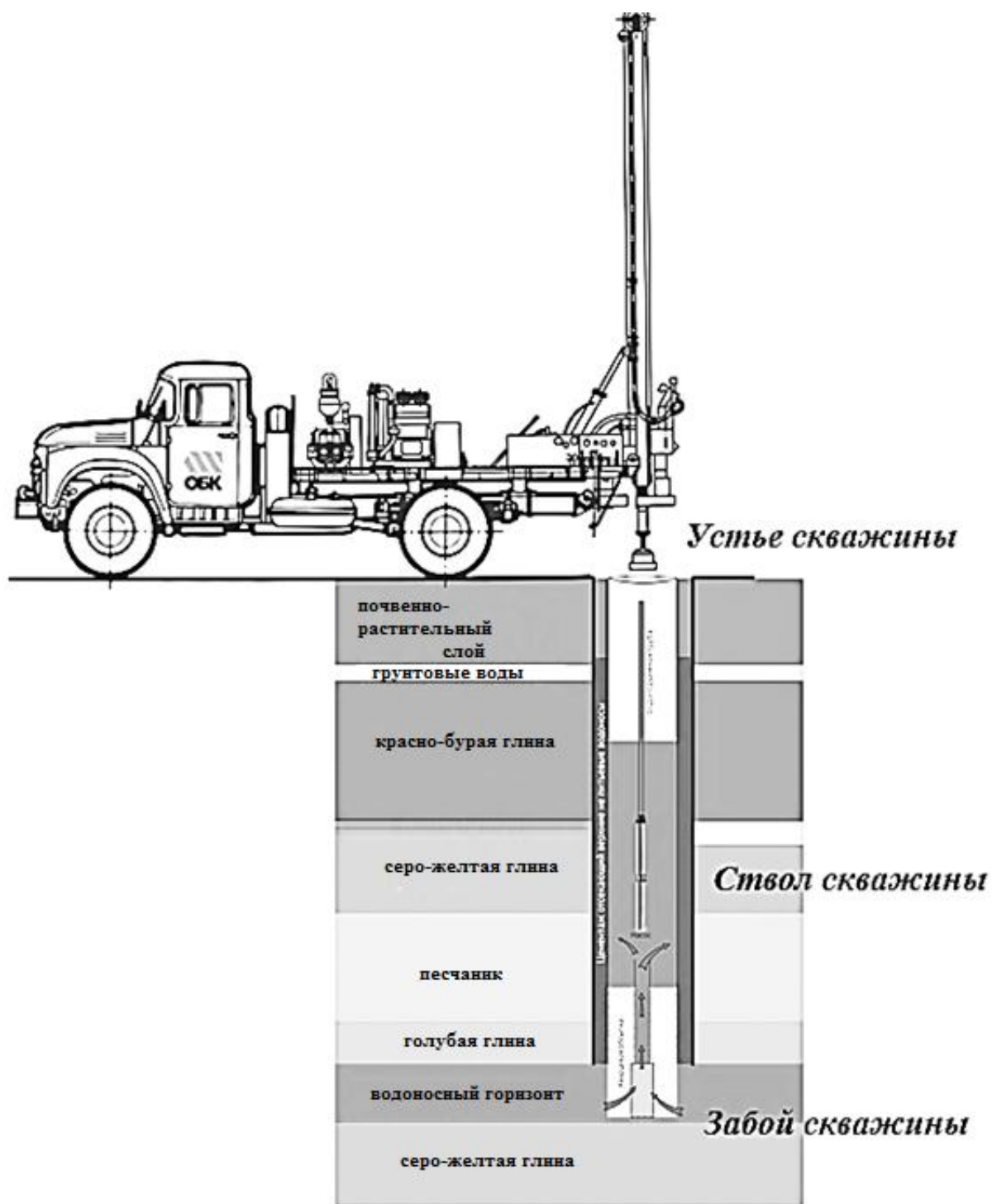


Рисунок 1.1 – Схема устройства скважины

По данным бурения четырех разведочных скважин необходимо построить инженерно-геологический разрез. Расстояние между скважинами 50 м. Масштабы разреза: горизонтальный 1:1000; вертикальный 1:100. Скважины на

разрезе расположены слева направо в порядке возрастания номеров. Прочерк в таблице 1 обозначает отсутствие в разрезе слоя горных пород.

Для выполнения практической работы необходимо иметь: миллиметровую бумагу формата А3, линейку длиной 25–30 см, простой карандаш, глеевую ручку черного и синего цветов.

Данные для построения разреза по вариантам приведены в таблице 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Исходные данные для построения инженерно-геологического разреза



Вариант	Скважина	Абсолютная отметка устья скважины, м	Номер слоя и глубина залегания подошвы слоя, м							Уровень грунтовых вод, м
			1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	223,2	–	4,5	16,0	20,0	24,0	26,5	28,0	11,5
	2	219,5	0,5	4,5	15,0	19,5	23,7	25,7	27,0	10,5
	3	216,5	0,5	–	17,5	21,6	27,0	28,5	31,0	7,0
	4	216,7	0,5	–	17,0	21,6	25,0	26,0	29,0	6,0
2	1	172,0	0,6	4,3	–	9,4	13,0	15,0	–	6,5
	2	171,5	0,4	3,0	–	8,0	11,6	15,0	–	4,9
	3	172,1	0,2	3,0	4,6	7,7	11,3	16,7	–	4,5
	4	172,5	0,3	2,0	6,0	7,0	10,8	16,0	–	3,7
3	1	188,0	0,3	1,7	4,0	7,0	12,3	15,0	–	4,5
	2	188,0	0,5	2,0	4,4	8,2	13,1	15,0	–	5,6
	3	187,9	0,5	2,0	4,4	9,0	13,4	15,0	–	7,6
	4	187,7	0,4	2,1	4,8	9,8	13,4	16,2	–	7,5
4	1	204,5	0,4	–	5,1	8,7	10,8	16,0	–	1,5
	2	204,1	0,3	–	5,3	7,5	10,1	15,0	–	1,8
	3	203,7	0,3	–	4,8	5,6	10,1	15,5	–	2,2
	4	203,7	0,5	–	4,8	–	10,9	16,0	–	3,4
5	1	222,5	0,5	4,0	18,0	24,0	30,0	–	–	8,7
	2	221,9	0,8	3,5	18,4	22,5	28,5	–	–	10,5
	3	219,5	0,8	9,0	19,0	–	29,0	–	–	10,3
	4	215,0	0,9	–	10,6	12,0	30,0	–	–	8,0
6	1	214,4	0,5	5,0	15,5	–	–	–	24,5	7,7
	2	210,7	0,6	4,5	11,0	–	–	–	21,0	7,5
	3	210,8	0,7	3,5	12,0	–	16,0	–	19,6	6,5
	4	210,5	0,7	4,0	14,0	–	–	–	23,0	7,5
7	1	145,3	0,4	1,9	4,6	8,3	–	15,0	–	11,7
	2	146,0	0,5	2,1	4,6	8,1	–	15,5	–	11,3
	3	146,4	0,5	2,0	3,1	8,0	–	15,0	–	10,5

Вариант	Скважина	Абсолютная отметка устья скважины, м	Номер слоя и глубина залегания подошвы слоя, м							Уровень грунтовых вод, м
			1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	4	146,9	0,6	2,5	–	8,3	–	16,0	–	10,2
8	1	314,4	0,5	–	5,0	15,5	–	24,5	–	8,0
	2	310,7	0,6	–	4,5	11,0	17,0	21,0	–	7,8
	3	310,8	0,7	–	3,5	12,0	16,0	19,6	–	6,9
	4	310,5	0,8	–	4,0	14,0	–	23,0	–	7,8
9	1	130,0	0,3	3,5	7,5	12,3	–	–	17,0	6,0
	2	130,0	0,5	3,5	7,5	11,5	–	–	17,5	5,1
	3	129,8	0,2	3,1	6,3	10,2	–	–	16,0	4,3
	4	129,3	0,3	2,0	4,5	8,9	–	–	15,0	3,1
10	1	207,5	0,7	5,5	14,0	17,0	25,0	–	–	15,5
	2	208,2	0,7	–	11,5	19,0	25,5	–	–	16,6
	3	207,6	0,8	3,0	14,0	22,0	25,0	–	–	16,5
	4	207,0	0,8	–	12,5	25,0	–	–	–	17,1
11	1	117,5	0,7	3,5	6,9	10,8	15,0	–	–	8,3
	2	118,6	0,6	3,1	7,2	10,4	14,8	–	–	9,8
	3	119,6	0,3	4,2	6,3	10,5	15,1	–	–	10,0
	4	120,1	0,5	5,2	–	10,6	14,9	–	–	10,3
12	1	202,6	–	–	13,0	26,0	–	–	–	14,0
	2	202,3	0,5	–	11,0	23,0	26,5	–	–	14,0
	3	203,2	0,6	–	12,0	26,0	–	–	–	14,0
	4	202,4	0,7	2,0	13,0	25,8	27,0	–	–	13,5
13	1	104,9	0,4	2,4	–	6,0	–	8,8	12,0	3,1
	2	104,7	0,4	2,9	–	7,2	–	8,2	12,5	3,8
	3	104,6	0,3	3,6	–	7,9	–	–	13,0	5,0
	4	103,6	0,4	3,8	–	7,9	–	–	13,5	5,3
14	1	232,5	0,5	4,0	18,0	24,0	30,0	–	–	23,0
	2	231,9	0,8	3,5	18,4	22,5	28,5	–	–	20,5
	3	229,5	0,8	9,0	19,0	21,0	29,0	–	–	–
	4	225,0	0,9	–	10,6	12,0	30,0	–	–	–
15	1	140,0	0,3	–	5,5	8,1	13,5	–	17,0	4,1
	2	140,5	0,3	–	5,2	8,0	12,3	–	16,0	4,7
	3	140,1	0,4	–	5,0	7,5	12,0	–	15,0	4,6
	4	139,5	0,4	–	8,3	8,0	12,0	–	16,0	5,0
16	1	103,2	0,4	1,4	4,2	10,3	–	15,5	–	1,8
	2	103,6	0,5	1,7	4,9	11,3	–	16,0	–	2,3
	3	103,4	0,5	1,6	4,7	10,9	–	16,0	–	3,3
	4	103,4	0,7	2,9	5,9	12,4	–	16,5	–	2,6
17	1	128,0	1,0	–	5,2	12,4	23,5	–	–	1,5
	2	126,0	0,8	–	4,8	11,8	22,0	–	–	1,5
	3	125,0	0,8	–	4,6	12,0	25,0	–	–	1,4
	4	122,0	1,2	–	1,0	11,2	22,0	–	–	1,3
18	1	232,5	–	4,0	18,0	24,0	32,0	–	–	20,5

Вариант	Скважина	Абсолютная отметка устья скважины, м	Номер слоя и глубина залегания подошвы слоя, м							Уровень грунтовых вод, м
			1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	2	231,9	–	3,5	18,4	22,5	32,0	–	–	20,5
	3	229,5	0,6	9,0	19,0	–	32,5	–	–	–
	4	225,0	0,8	–	10,6	–	30,5	–	–	–
19	1	532,3	0,5	4,0	–	–	31,0	–	–	–
	2	529,5	0,5	5,5	20,0	30,0	31,0	–	–	20,3
	3	526,8	0,7	5,6	21,0	28,0	31,5	–	–	20,3
	4	525,5	0,8	5,7	22,0	29,0	32,0	–	–	21,0
20	1	104,9	0,4	2,4	6,0	8,8	11,9	22,0	–	4,4
	2	104,7	0,4	2,9	7,2	8,3	12,3	22,0	–	4,8
	3	104,6	0,3	3,6	7,9	–	12,9	21,0	–	5,5
	4	103,6	0,4	3,8	7,4	–	12,7	20,0	–	5,2
21	1	92,7	1,0	2,1	–	3,5	5,8	–	10,0	2,7
	2	94,5	0,6	2,8	–	5,0	5,9	–	10,5	3,7
	3	96,6	0,7	4,1	4,6	7,1	7,7	–	12,5	5,5
	4	97,9	0,3	4,8	5,8	5,6	–	–	14,0	6,5
22	1	123,1	0,7	3,6	–	–	7,0	12,0	–	–
	2	124,7	0,9	4,5	–	5,2	9,1	13,5	–	4,9
	3	125,5	0,5	5,2	–	6,8	10,0	14,5	–	5,9
	4	123,6	1,0	3,7	–	5,2	7,0	12,5	–	4,1
23	1	159,2	1,2	5,3	–	8,2	9,8	–	13,5	6,7
	2	159,7	1,0	5,0	–	8,1	10,2	–	14,0	6,8
	3	162,3	1,5	6,8	–	10,3	13,2	–	15,5	8,8
	4	163,1	1,8	7,2	–	10,6	13,1	–	16,0	9,3
24	1	199,2	0,4	–	–	2,1	6,0	10,0	–	0,7
	2	201,5	1,0	2,4	–	4,8	5,9	9,0	–	2,7
	3	202,5	0,9	2,2	3,2	4,4	5,5	11,0	–	3,9
	4	200,3	0,3	–	1,9	3,5	4,3	10,5	–	2,6
25	1	110,1	0,7	3,5	4,8	9,1	11,1	14,0	–	5,8
	2	108,9	0,6	4,1	–	8,4	9,8	13,5	–	5,2
	3	109,2	0,8	4,3	4,7	9,2	9,7	13,5	–	6,2
	4	109,5	0,4	4,5	6,4	9,5	–	14,5	–	6,8
26	1	230,6	0,5	–	17,0	20,0	–	32,0	–	18,0
	2	230,3	0,6	3,0	16,0	23,0	–	31,0	–	18,1
	3	228,6	0,6	3,8	15,0	26,5	–	31,5	–	17,4
	4	226,0	0,7	–	13,8	26,3	–	31,5	–	17,3
27	1	229,3	0,3	3,0	5,5	10,3	16,0	–	–	7,3
	2	229,8	0,4	3,2	6,7	10,9	15,0	–	–	8,3
	3	230,2	0,4	3,1	7,1	11,2	15,0	–	–	9,2
	4	230,8	0,4	4,0	7,5	11,7	14,0	–	–	10,5
28	1	46,3	0,8	4,8	–	9,3	13,3	–	15,5	8,3
	2	44,2	1,0	5,0	–	7,7	11,2	–	12,5	5,7
	3	48,6	0,9	5,4	–	11,6	15,1	–	15,5	9,6

Вариант	Скважина	Абсолютная отметка устья скважины, м	Номер слоя и глубина залегания подошвы слоя, м							Уровень грунтовых вод, м
			1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	4	49,1	1,2	4,6	–	11,1	15,1	–	–	9,6
29	1	76,2	0,5	–	3,6	–	–	8,4	15,0	10,4
	2	76,1	0,4	–	3,6	–	–	8,3	12,5	10,4
	3	75,6	0,8	–	3,4	–	5,4	8,0	14,0	10,3
	4	74,4	0,7	–	3,8	–	5,6	7,6	16,0	9,5
30	1	132,6	0,6	4,0	–	18,0	24,	–	30,0	12,6
	2	131,9	0,7	3,5	–	18,4	22,5	–	28,5	13,7
	3	129,5	0,8	9,0	–	19,0	–	–	29,0	13,5
	4	125,0	0,9	5,0	–	15,0	17,0	–	30,0	11,0

Таблица 1.2 – Условные обозначения к инженерно-геологическому разрезу

Номер слоя	Наименование горной породы	Условное обозначение горной породы	Возраст и генетические типы горных пород
1	Почвенно-растительный слой		
2	Супесь светло-бурая, пластичная, пылеватая		elQ ₃
3	Лессовидный суглинок, бурый, тугопластичный, легкий		al-dl Q ₂
4	Песок светло-желтый, среднезернистый		al-el N ₁
5	Песчаник серо-желтый		alN ₁
6	Глина зеленовато-серая, полутвердая, тяжелая		N ₁
7	Известняк трещиноватый		K ₂
8	Уровень грунтовых вод		

Указания по построению инженерно-геологического разреза:

1. *Строится шкала расстояний.* Она представляет собою три горизонтальные строки высотой 1 см. В строке «Расстояние между скважинами» отмечаются положения скважин на строящемся инженерно-геологическом разрезе (по условию задания расстояние между скважинами составляет 50 м в масштабе 1:1000). Над этими точками строятся тонкие вертикальные линии на всю высоту разреза, которые обозначают оси скважин. В строке «Номер скважины» указывается номер скважины, а в строке «Абсолютные отметки устья скважин» под осями скважин наносятся значения абсолютных отметок устьев скважин.

2. *Строится шкала отметок.* Просматриваются все буровые колонки скважин из задания. В них анализируются абсолютные отметки устьев скважин и выбирается максимальная отметка. Эта максимальная отметка округляется в большую сторону до целого числа метров (например, 118,3 м округляется до 119 м). Полученная отметка будет максимальной на разрезе, за минимальную отметку принимаем 0.

3. Учитывая вертикальный масштаб построения (1:100), шкала отметок (в примере) будет иметь высоту 12 см. Она располагается слева и справа от разреза и окрашивается через 1 см, на ней отмечаются высотные отметки.

4. *Строится инженерно-геологический разрез.* На осях скважин, отмеченных тонкими линиями, наносятся абсолютные отметки устьев скважин. Полученные точки соединяются от руки. При этом линия проводится за крайние скважины на 0,5–1,0 см. Так будет обозначена дневная поверхность. Затем на осях скважин откладываются отметки подошвы первого от поверхности геологического слоя. Полученные точки также соединятся от руки и линия подошвы проводится за крайние скважины на 0,5–1,0 см.

В слое на разрезе отмечают:

- генезис и возраст породы;
- наносят цифры отметок подошвы слоя у каждой скважины (слева) и абсолютные отметки подошвы слоя (справа);

– условную штриховку горной породы, слагающей слой (см. табл. 1.2).

Аналогично ведется построение второго, третьего и остальных геологических слоев на разрезе. Если в одной скважине присутствует данная порода, а в соседней отсутствует, это означает, что в интервале между скважинами она выклинивается.

Отметки уровней грунтовых вод в соседних скважинах соединяют пунктирной линией. Наносят цифрами глубины залегания грунтовых вод у каждой скважине (слева) и абсолютные отметки грунтовых вод (справа).

Скважины отмечаются жирными линиями. Самый нижний на разрезе геологический слой строится на 1 см ниже забоев скважин и оконтуривается снизу пунктиром.

Оформляется геологический разрез следующим образом. Наносится надпись по центру «Инженерно-геологический разрез по линии I-I», масштаб горизонтальный 1:1000, масштаб вертикальный 1:100; справа условные обозначения от построенного разреза; в правом нижнем углу – ФИО студента, группа.

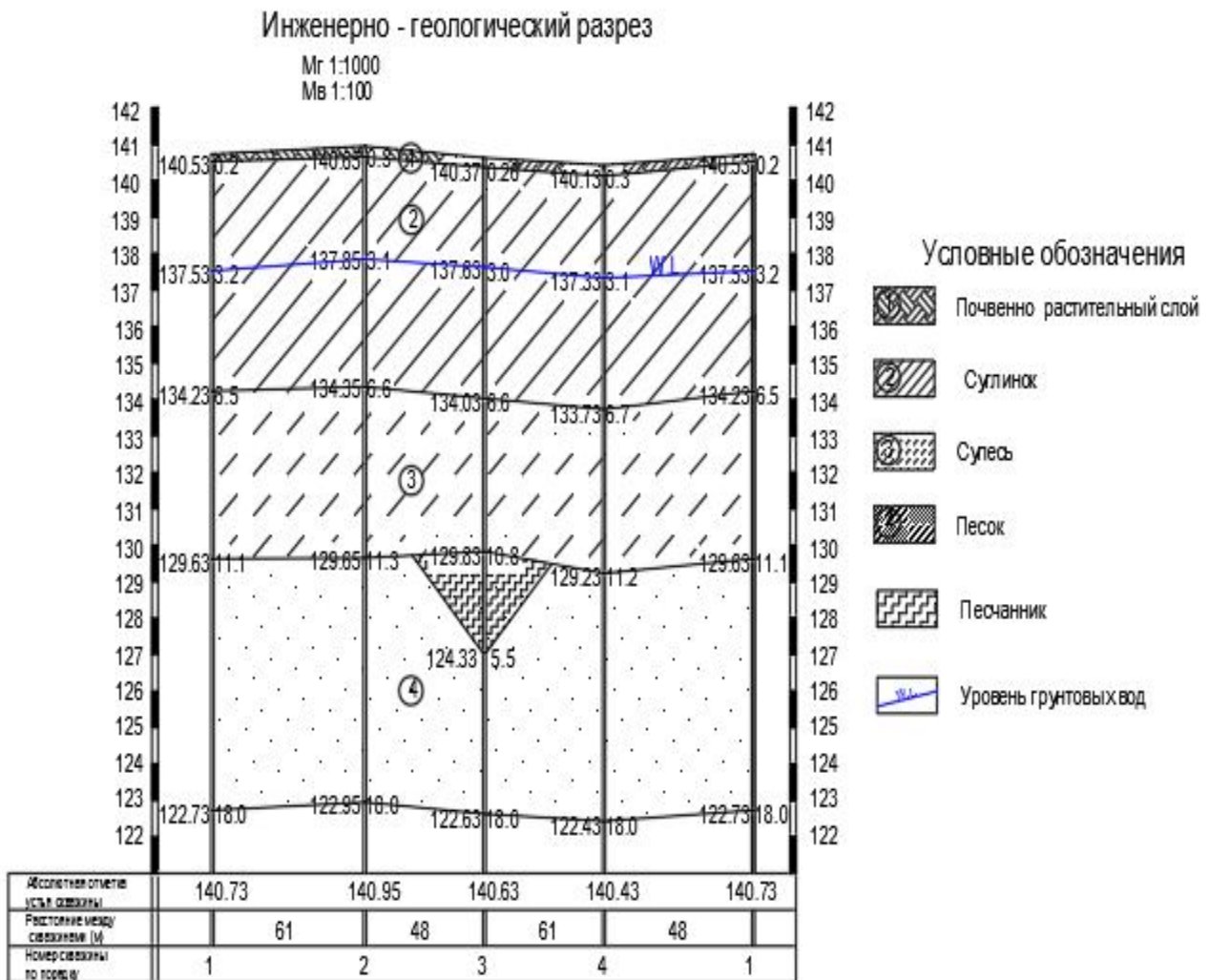


Рисунок 1.2 – Пример оформления инженерно-геологического разреза

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2 ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ БУРОВОЙ СКВАЖИНЫ

Цель практической работы – построить геологическую колонку буровой скважины.

В процессе бурения скважин и проходки шурфов составляют геологическую документацию, включающую в себя буровой журнал и журнал горных выработок. По данным этих журналов составляют геологические колонки отдельных скважин и шурфов. Данные нескольких колонок объединяют в инженерно-геологические разрезы.

Для выполнения практической работы необходимо иметь: миллиметровую бумагу, линейку длиной 25–30 см, простой карандаш, гелевую ручку черного и синего цветов.

Исходные данные для построения геологической колонки буровой скважины находятся в таблицах: 2.1, 2.2, 2.3.

При выборе масштаба для выполнения задания следует иметь в виду, что он должен быть стандартным, а не каким-либо произвольным. Чаще всего используются масштабы: 1:50, 1:100, 1:200. Выбор масштаба определяется размерами листов миллиметровой бумаги, имеющихся у исполнителя. В то же время чертеж должен быть читаемым для пользователя.

Как размещать и оформлять материал на листе, а также методику его построения можно усвоить, внимательно изучив прилагаемый ниже образец геологической колонки (рис. 3).

Таблица 2.1 – Исходные данные для построения геологической колонки буровой скважины

Вариант	№ слоя	Абсолютная отметка устья скважины, м	Геологический возраст породы	Глубина залегания подошвы слоя, м	Уровень подземных вод	
					Появившийся	Установившийся
1	2	3	4	5	6	7
1	1	154,2	eIQ III	1,6		
	2		N ₂ -Q ₁	3,4		
	3		P ₂ kv	16,8		
	4		P ₂ ob	20,4	20,4	18,2
	5		K ₂	27,8		
	6		K ₁₋₂	34,6		
2	1	120,5	alQ III	5,8		
	2		Q IV	10,2		

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
	3		P ₂ kv	16,4		
	4		P ₂ ob	19,5	19,5	17,1
	5		K ₂	37,2		

	6		K ₁₋₂	44,2		
3	1	98,3	elQ III	3,5		
	2		aN ₂	7,6		
	3		P _{2kv}	10,6		
	4		P _{2ob}	15,8	15,8	12,6
	5		K ₂	18,3		
	6		K ₁₋₂	20,9		
4	1	98,3	elQ III	0,6		
	2		Q IV	1,5		
	3		P _{2kv}	9,6		
	4		P _{2ob}	15,4	15,4	10,3
	5		K ₂	18,2		
	6		K ₁₋₂	22,6		
5	1	65,9	alQ III	0,7		
	2		N ₂ -Q ₁	10,6		
	3		P _{2kv}	15,8		
	4		P _{2ob}	21,3	21,3	18,9
	5		K ₂	30,9		
	6		K ₁₋₂	48,9		
6	1	107,3	N ₂ -Q ₁	0,2		
	2		aN ₂	2,5		
	3		P _{2kv}	9,6		
	4		P _{2ob}	12,8	12,8	10,7
	5		K ₂	15,2		
	6		K ₁₋₂	18,1		

Таблица 2.5.2 – Последовательность расположения слоев

Вариант	Последовательность расположения слоев	Вариант	Последовательность расположения слоев	Вариант	Последовательность расположения слоев

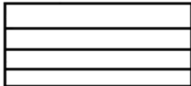

1	1-4-5-6	11	6-5-4-1	21	3-6-5-4
2	2-3-4-5	12	3-2-4-5	22	3-4-2-5
3	2-3-4-6	13	6-4-3-2	23	5-1-2-3
4	1-3-2-5	14	1-3-4-6	24	5-4-3-2
5	1-3-4-6	15	2-4-3-6	25	4-1-3-6
6	2-4-5-6	16	2-4-3-1	26	4-6-5-1
7	2-6-4-3	17	2-5-4-6	27	4-1-6-2
8	1-3-4-5	18	1-6-4-5	28	5-6-1-2
9	2-5-4-1	19	2-5-4-3	28	5-3-4-6
10	1-6-5-4	20	5-6-4-3	30	3-2-1-4

Таблица 2.3 – Литологическое описание горных пород

№ слоя	Описание породы
1	Супесь желто-бурая, гравелистая, легкая
2	Суглинок желтый, средний, мягкопластичный
3	Глина зеленовато-серая, пластичная, жирная
4	Песок серо-бурый, мелкозернистый, средней плотности
5	Мергель, белый, известковый
6	Песчаник серо-зеленый, кварцевый, плотный

Таблица 2.4 – Условные обозначения горных пород

Название горной породы	Условное обозначение горной пород	Название горной породы	Условное обозначение горной пород
Супесь		Песок	
Суглинок		Песчаник	

Глина		Мергель	
-------	---	---------	---

Геологическая колонка буровой скважины № 25

Абсолютная отметка устья – 95 м

М_в 1:100


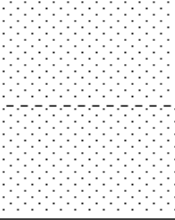
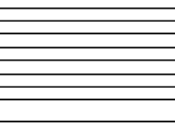
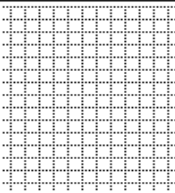
№ слоя	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м		Мощность слоя, м	Литологический разрез и конструкция скважины	Уровень подземных вод		Литологическое описание горных пород
		кровли	подошвы			Появившийся	Установившийся	
1	al Q ₄	0,0	2,0	2,0				Суглинок желто-бурый, средний, мягкопластичный
2	al Q ₄	2,0	7,0	5,0		3,5	3,5	Песок светло-желтый, мелкозернистый, кварцевый, средней плотности, с глубины 3,5 м водонасыщенный
3	P ₂	7,0	13,5	6,5				Глина голубовато-серая, тугопластичная, жирная
4	K ₂	13,5	21,0	7,5				Мергель белый, известковый, трещиноватый

Рисунок 2.1 – Геологическая колонка буровой скважины

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

РАСЧЕТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА

Цель работы – рассчитать производные физические характеристики грунта, установить его наименование и определите условное расчетное сопротивление.

Расчет физических характеристик песчаного и глинистого грунтов производится по данным лабораторных испытаний грунта (табл. 3.1 и 3.2).

Таблица 3.1 – Физические характеристики песчаного грунта по данным лабораторных испытаний

Вариант	Плотность частиц грунта, ρ_s , т/м ³	Плотность грунта, ρ , т/м ³ для варианта	Влажность, W	Вариант	Плотность частиц грунта, ρ_s , т/м ³	Плотность грунта, ρ , т/м ³ для варианта	Влажность, W
1	2,65	2,05	0,18	16	2,67	2,05	0,22
2	2,65	1,96	0,20	17	2,67	2,07	0,19
3	2,66	2,02	0,23	18	2,66	1,99	0,15
4	2,66	1,98	0,25	19	2,65	1,93	0,18
5	2,67	2,10	0,13	20	2,65	1,88	0,14
6	2,67	2,12	0,19	21	2,65	1,98	0,18
7	2,67	2,15	0,16	22	2,65	2,10	0,22
8	2,66	2,08	0,12	23	2,66	2,12	0,25
9	2,65	2,00	0,14	24	2,66	2,15	0,23
10	2,65	1,95	0,10	25	2,67	2,08	0,28
11	2,65	2,00	0,20	26	2,67	2,00	0,16
12	2,65	1,91	0,22	27	2,67	1,95	0,19
13	2,66	1,97	0,25	28	2,66	2,00	0,20
14	2,66	1,92	0,28	29	2,65	1,98	0,21
15	2,67	2,02	0,17	30	2,65	2,15	0,14

Таблица 3.2 – Физические характеристики глинистого грунта по данным лабораторных испытаний

Вариант	Плотность частиц грунта, ρ_s , т/м ³	Плотность грунта, ρ , т/м ³ для варианта	Предел пластичности W_p	Предел текучести W_L	Естественная влажность w для варианта
1	2,73	2,00	0,12	0,30	0,17
2	2,71	1,90	0,17	0,35	0,19
3	2,72	0,95	0,16	0,34	0,21
4	2,71	1,92	0,21	0,36	0,24
5	2,72	2,06	0,19	0,27	0,26
6	2,69	1,85	0,18	0,37	0,19
7	2,70	1,92	0,10	0,38	0,21
8	2,67	1,89	0,19	0,39	0,23
9	2,68	1,85	0,15	0,42	0,18
10	2,71	1,93	0,16	0,31	0,22
11	2,73	1,88	0,15	0,30	0,25
12	2,71	1,93	0,14	0,35	0,16
13	2,72	1,89	0,12	0,34	0,23
14	2,71	1,90	0,13	0,36	0,31
15	2,72	2,01	0,17	0,27	0,28
16	2,69	1,78	0,19	0,37	0,22
17	2,70	1,65	0,16	0,38	0,25
18	2,67	1,92	0,18	0,39	0,28
19	2,68	1,90	0,15	0,42	0,19
20	2,71	1,91	0,13	0,31	0,17
21	2,72	2,06	0,22	0,30	0,26
22	2,69	1,85	0,15	0,35	0,25
23	2,70	1,92	0,18	0,34	0,22
24	2,67	1,89	0,17	0,36	0,25
25	2,68	1,85	0,17	0,27	0,26
26	2,71	1,93	0,19	0,37	0,28
27	2,73	1,88	0,14	0,38	0,27
28	2,71	1,93	0,16	0,39	0,23
29	2,72	1,89	0,18	0,42	0,29
30	2,71	1,90	0,20	0,31	0,31

Пример выполнения расчета классификационных показателей песчаного грунта:

1. Рассчитываем коэффициент пористости грунта по формуле:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + \omega) - 1 = \frac{2,64}{1,94} (1 + 0,25) - 1 = 0,70.$$

2. Рассчитываем степень влажности грунта по формуле (учитывая, что $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$):

$$S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w} = \frac{0,25 \cdot 2,64}{0,70 \cdot 1} = 0,94.$$

3. С помощью классификационной таблицы 3.3 (согласно ДСТУ Б В.2.1-2-1996) устанавливаем плотность сложения песчаного грунта, а по таблице 3.4 – степень влажности грунта.

4. С помощью таблиц 3.7 (согласно ДСТУ БВ.2.1 – 4 – 96) устанавливаем расчетное сопротивление исследуемого грунта (R_0).

5. Вывод: исследуемый грунт согласно ДСТУ Б В.2.1-2-1996 является мелким песком средней плотности насыщенный водой. Расчетное сопротивление грунта составляет 200 кПа.

Таблица 3.3 – Классификация песков по коэффициенту пористости

Разновидность грунта	Коэффициенты пористости (e)		
	Пески гравелистые, средней крупности	Пески мелкие	Пески
Плотный	< 0,55	< 0,60	< 0,60
Средней плотности	0,55-0,70	0,60-0,75	0,60-0,80
Рыхлый	> 0,70	> 0,75	> 0,80

Таблица 3.4 – Классификация грунтов по степени водонасыщения

Разновидность песков	Степень водонасыщения, S_r , д.е.
Малой степени водонасыщения	0–0,50
Средней степени водонасыщения	0,50–0,80
Насыщенные водой	0,80–1,00

Аналогично рассчитываются классификационные показатели для глинистого грунта (I_p , I_L) и определяется его разновидность по классификационным таблицам 3.5, 3.6.

Формулы для расчета классификационных показателей глинистого грунта:

$$J_p = w_L - w_p,$$

$$J_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}.$$

Определение расчетного сопротивления глинистого грунта производится по таблице 3.8 (согласно ДСТУ БВ.2.1 – 4 – 96).

Таблица 3.5 – Классификация глинистых грунтов по числу пластичности

Разновидность глинистого грунта	Число пластичности (I_p)
Супесь	1 – 7
Суглинок	7 – 17
Глина	> 17

Таблица 3.6 – Классификация глинистых грунтов по показателю текучести

Разновидность грунтов	Показатель текучести (J_L)
Супесь:	
твердая	< 0
пластичная	0 – 1
текучая	> 1
Суглинки и глины:	
твердые	< 0
полутвердые	0 – 0,25
тугопластичные	0,25 – 0,50
мягкопластичные	0,50 – 0,75
текучепластичные	0,75 – 1
текучие	> 1

Таблица 3.7 – Расчетные сопротивления песчаных грунтов

Характеристика песка	R_0 песка, кПа	
	плотного	средней плотности
Крупные	600	500
Средней крупности:	500	400
Мелкие:		
маловлажные	400	300
влажные и водонасыщенные водой	300	200
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	200	150
насыщенные водой	150	100

Таблица 3.7 – Расчетные сопротивления глинистых (непросадочных) грунтов

Глинистые грунты	Коэффициент пористости, e	Значение R_0 , кПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$), при показателе текучести грунта	
		$I_L=0$	$I_L=1$
Супеси	0,5	300 (3)	300 (3)
	0,7	250 (2,5)	200 (2)
Суглинки	0,5	300 (3)	250 (2,5)
	0,7	250 (2,5)	180 (1,8)
	1,0	200 (2)	100 (1)
Глины	0,5	600 (6)	400 (4)
	0,6	500 (5)	300 (3)
	0,8	300 (3)	200 (2)
	1,0	250 (2,5)	100 (1)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТОВОЙ ТОЛЩЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МЕСТНОЙ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКЕ

Цель практической работы – Требуется определить величину сжимающих напряжений по глубине основания, построить эпюру его распределения под центром и углом загруженного прямоугольного фундамента.

Действие равномерно распределенной нагрузки в условиях пространственной задачи возникает тогда, когда к поверхности линейно деформируемого полупространства приложена местная нагрузка, распределенная по площади квадрата, прямоугольника, круга, эллипса и др. Значения вертикальных сжимающих напряжений σ_z в любой точке полупространства от действия нагрузки интенсивностью p , равномерно распределенной по площади прямоугольника размером $l \times b$, были впервые получены А. Лявом. Практический интерес представляют значения сжимающих напряжений, проведенных из центра σ_{zO} и из углов σ_{zC} загруженной площади (рис. 4.1).

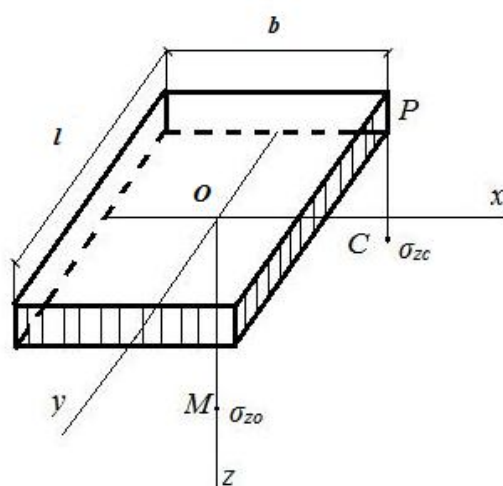


Рисунок 4.1 – Схема для определения сжимающих напряжений под центром и под углом прямоугольника с равномерно распределенной нагрузкой

Значения вертикальных напряжений σ_{zO} для точек, расположенных под центром прямоугольной площади определяются по формуле:

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

где α – коэффициент, принимаемый по таблице 4.1 в зависимости от величин $n = l/b$ и $m = 2 \cdot z/b$ (l – длинная сторона, b – короткая сторона прямоугольника загрузки, z – расстояние от точки до поверхности приложения нагрузки).

Значения вертикальных напряжений σ_{zC} для точек, расположенных под углом прямоугольной площади, определяются по формуле:

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

где α – определяется по таблице 4.1, в зависимости от величин $n = l/b$ и $m = z/b$.

Таблица 4.1 – Значение коэффициентов α

m	Коэффициент α для фундаментов						
	Круглых	Прямоугольных с соотношением сторон $n = l/b$					Ленточных ($n \geq 10$)
		1,0	1,4	1,8	3,2	5	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,449	0,470	0,477
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,329	0,360	0,374
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,248	0,285	0,306
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,192	0,230	0,258
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,136	0,173	0,208
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,100	0,133	0,175
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,077	0,105	0,150
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,056	0,079	0,126
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,040	0,058	0,106

Примечание: b – ширина или диаметр фундамента; l – длина фундамента. Для фундаментов, имеющих подошву в форме правильного многоугольника с площадью A , значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r = \sqrt{A/\pi}$. Для промежуточных значений m и n коэффициент α определяется по интерполяции.

Исходные данные для выполнения практической работы приведены в таблице 4.2.

Величину напряжений σ_z необходимо вычислить для глубины $z = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5$ и $6,0$ м от поверхности действия нагрузки.

Таблица 4.2 – Исходные данные для определения напряжения в грунтовой толще при действии местной равномерно распределенной нагрузке

Вариант	$l \times b, м$	$p, кПа$	Вариант	$l \times b, м$	$p, кПа$
1	1x2	150	16	2x4	300
2	1,2x2,2	150	17	1,8x3,8	200
3	1,4x2,4	160	18	1,8x3,6	210
4	1,6x2,6	170	19	1,8x3,4	230
5	1,8x2,8	170	20	1,8x3,2	250
6	2x3	190	21	1,8x3	270
7	2x3,2	190	22	1,8x2,8	290
8	2x3,4	200	23	1,6x2,6	200
9	2x3,6	200	24	1,8x2,4	220
10	2x3,8	240	25	1,8x2,2	240
11	1,8x3,8	160	26	1x2	210
12	1,8x3,6	170	27	1,2x2,2	220
13	1,8x3,4	150	28	1,4x2,4	230
14	1,8x3,2	180	29	1,6x2,6	240
15	1,8x2,2	160	30	1,6x2,6	250

Пример выполнения задания

Требуется определить величину сжимающих напряжений σ_z по глубине основания, построить эпюру его распределения под центром (точка M) и углом (точка C) загруженного прямоугольного фундамента размером $l \times b = 4 \times 2$ м на глубине $z = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5$ и $6,0$ м от поверхности при внешней нагрузке интенсивностью $p = 200$ кПа.

Решение:

Для точки M при $n = l / b = 4 / 2 = 2$

$z = 0,0$ м; $m = 2z / b = 2 \cdot 0,0 / 2 = 0,0$; $\alpha = 1,00$; $\sigma_z = 1,00 \cdot 200 = 200$ кПа;

$z = 0,5 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 0,5 / 2 = 0,5; \alpha = 0,95; \sigma_z = 0,95 \cdot 200 = 190 \text{ кПа};$
 $z = 1,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 1,0 / 2 = 1,0; \alpha = 0,80; \sigma_z = 0,80 \cdot 200 = 160 \text{ кПа};$
 $z = 1,5 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 1,5 / 2 = 1,5; \alpha = 0,63; \sigma_z = 0,63 \cdot 200 = 126 \text{ кПа};$
 $z = 2,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 2,0 / 2 = 2,0; \alpha = 0,48; \sigma_z = 0,48 \cdot 200 = 96 \text{ кПа};$
 $z = 2,5 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 2,5 / 2 = 2,5; \alpha = 0,37; \sigma_z = 0,37 \cdot 200 = 74 \text{ кПа};$
 $z = 3,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 3,0 / 2 = 3,0; \alpha = 0,29; \sigma_z = 0,29 \cdot 200 = 58 \text{ кПа};$
 $z = 3,5 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 3,5 / 2 = 3,5; \alpha = 0,23; \sigma_z = 0,23 \cdot 200 = 46 \text{ кПа};$
 $z = 4,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 4,0 / 2 = 4,0; \alpha = 0,19; \sigma_z = 0,19 \cdot 200 = 38 \text{ кПа};$
 $z = 4,5 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 4,5 / 2 = 4,5; \alpha = 0,14; \sigma_z = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ кПа};$
 $z = 5,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 5,0 / 2 = 5,0; \alpha = 0,13; \sigma_z = 0,13 \cdot 200 = 26 \text{ кПа};$
 $z = 5,5 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 5,5 / 2 = 5,5; \alpha = 0,11; \sigma_z = 0,11 \cdot 200 = 22 \text{ кПа};$
 $z = 6,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 6,0 / 2 = 6,0; \alpha = 0,09; \sigma_z = 0,09 \cdot 200 = 18 \text{ кПа};$
 $z = 7,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 7,0 / 2 = 7,0; \alpha = 0,07; \sigma_z = 0,07 \cdot 200 = 14 \text{ кПа};$
 $z = 8,0 \text{ м}; m = 2z / b = 2 \cdot 8,0 / 2 = 8,0; \alpha = 0,06; \sigma_z = 0,06 \cdot 200 = 12 \text{ кПа};$

Для точки *C* при $n = l / b = 4 / 2 = 2$:

$z = 0,0 \text{ м}; m = z / b = 0,0 / 2 = 0,00; \alpha = 1,00; \sigma_z = 0,25 \cdot 1,00 \cdot 200 = 50 \text{ кПа};$
 $z = 0,5 \text{ м}; m = z / b = 0,5 / 2 = 0,25; \alpha = 0,96; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,96 \cdot 200 = 48 \text{ кПа};$
 $z = 1,0 \text{ м}; m = z / b = 1,0 / 2 = 0,50; \alpha = 0,95; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,95 \cdot 200 = 47 \text{ кПа};$
 $z = 1,5 \text{ м}; m = z / b = 1,5 / 2 = 0,75; \alpha = 0,88; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,88 \cdot 200 = 44 \text{ кПа};$
 $z = 2,0 \text{ м}; m = z / b = 2,0 / 2 = 1,00; \alpha = 0,80; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,80 \cdot 200 = 40 \text{ кПа};$
 $z = 2,5 \text{ м}; m = z / b = 2,5 / 2 = 1,25; \alpha = 0,71; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,71 \cdot 200 = 36 \text{ кПа};$
 $z = 3,0 \text{ м}; m = z / b = 3,0 / 2 = 1,50; \alpha = 0,63; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,63 \cdot 200 = 32 \text{ кПа};$
 $z = 3,5 \text{ м}; m = z / b = 3,5 / 2 = 1,75; \alpha = 0,55; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,55 \cdot 200 = 27 \text{ кПа};$
 $z = 4,0 \text{ м}; m = z / b = 4,0 / 2 = 2,00; \alpha = 0,48; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,48 \cdot 200 = 24 \text{ кПа};$
 $z = 4,5 \text{ м}; m = z / b = 4,5 / 2 = 2,25; \alpha = 0,43; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,43 \cdot 200 = 22 \text{ кПа};$
 $z = 5,0 \text{ м}; m = z / b = 5,0 / 2 = 2,50; \alpha = 0,37; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,37 \cdot 200 = 19 \text{ кПа};$
 $z = 5,5 \text{ м}; m = z / b = 5,5 / 2 = 2,75; \alpha = 0,33; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,33 \cdot 200 = 17 \text{ кПа};$
 $z = 6,0 \text{ м}; m = z / b = 6,0 / 2 = 3,00; \alpha = 0,29; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,29 \cdot 200 = 15 \text{ кПа};$
 $z = 7,0 \text{ м}; m = z / b = 7,0 / 2 = 3,50; \alpha = 0,23; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,23 \cdot 200 = 12 \text{ кПа};$

$$z = 8,0 \text{ м}; m = z / b = 8,0 / 2 = 4,00; \alpha = 0,19; \sigma_z = 0,25 \cdot 0,19 \cdot 200 = 10 \text{ кПа}.$$

Эпюры распределения напряжений по глубине основания приведены на рисунке 4.2.

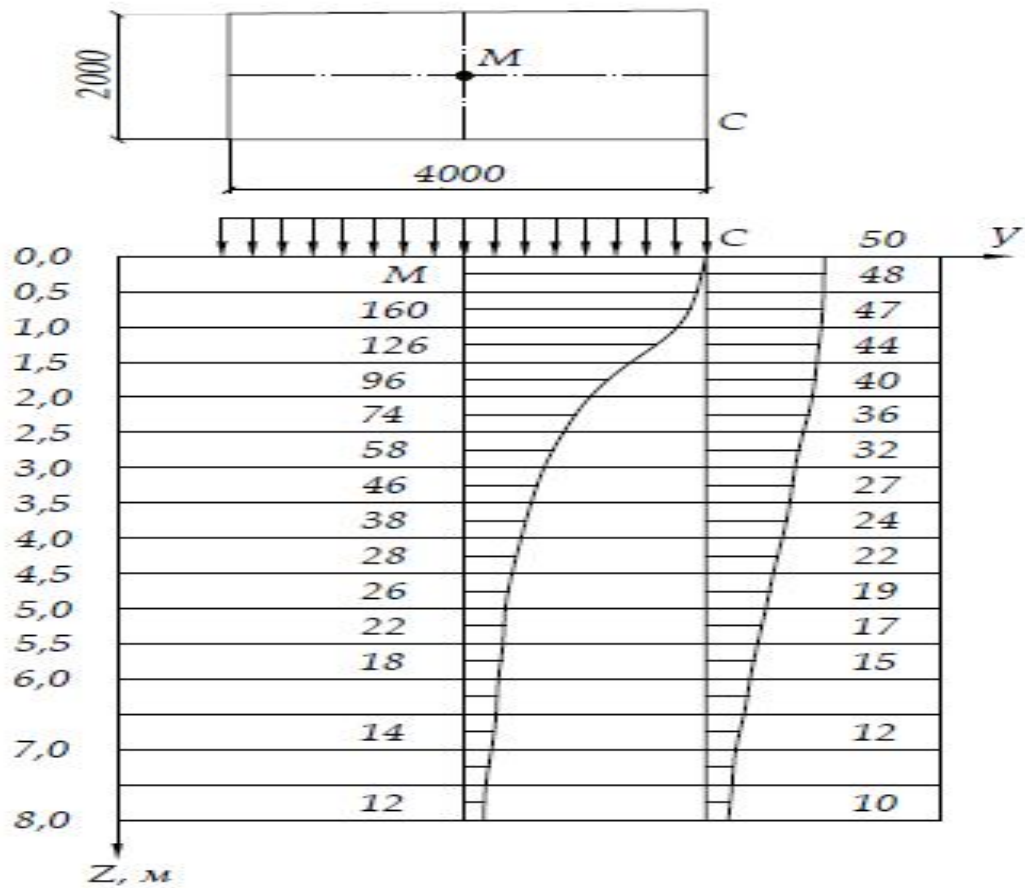


Рисунок 4.2 – Схема загруженной площади и эпюры распределения напряжений σ_z для точек M и C по вертикальным сечениям

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТОВОЙ ТОЛЩЕ ОТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА ГРУНТА

Цель практической работы – определить напряжения от собственного веса грунтов и построить эпюру распределения данных напряжений.

Напряжения от собственного веса грунта (природные) имеют значение для свеженасыпанных земляных сооружений и оценки природной уплотненности грунтов.

На практике используют упрощенную методику расчета, основанную на предположении о том, что природные напряжения в массиве грунта формируются только под действием собственного веса. Также принято считать, что все деформации массива от собственного веса прекратились и напряжения полностью стабилизировались. Практический интерес представляют значения сжимающих напряжений σ_z .

При горизонтальной поверхности массива грунта однородного напластования сжимающие напряжения на глубине h определяются выражением

$$\sigma_z = \gamma \cdot h,$$

где γ – удельный вес грунта.

Эпюра природных напряжений массива грунта однородного напластования при горизонтальной поверхности будет иметь вид треугольника (рис. 5.1, а).

При неоднородном напластовании или наличии подземных вод, а также при горизонтальной поверхности напряжения от собственного веса грунтов будут определяться отдельно для каждого слоя (рис. 5.1, б).

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

Причем удельный вес грунта, расположенного ниже уровня подземных вод, будет определяться с учетом взвешивающего действия воды γ_{sb} :

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

где γ_s – удельный вес частиц грунта; γ_w – удельный вес воды, принимается равным 10 кПа; e – коэффициент пористости грунта.

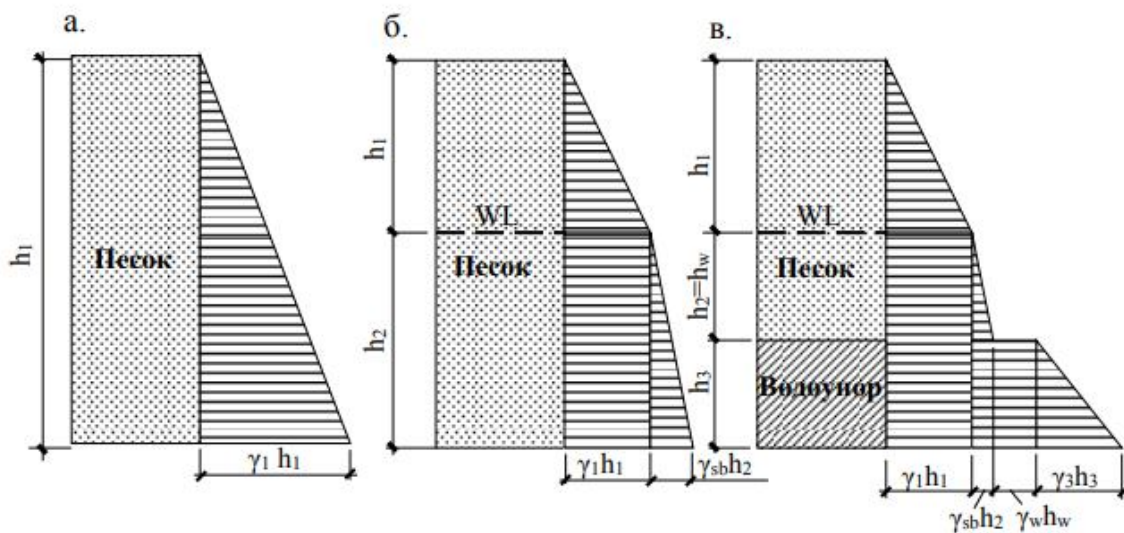


Рисунок 5.1 – Эпюры распределения напряжений от собственного веса грунтов

Если ниже уровня подземных вод залегает водоупорный слой, то на его кровле дополнительно учитывают давление от столба вышерасположенной воды равное $\gamma_w \cdot h_w$ (рис. 5.1, в).

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

Исходные данные для выполнения практической работы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для определения напряжения в грунтовой толще от собственного веса грунта

Вариант	Номер слоя и его характеристики															Глубина залегания УПВ, м
	Грунты	h ₁ , м	Плотность, кН/м ³		n, %	Грунты	h ₂ , м	Плотность, кН/м ³		n, %	Грунты	h ₃ , м	Плотность, кН/м ³		n, %	
			γ	γ _s				γ	γ _s				γ	γ _s		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1	5	18	26	40	3	4	19	27	43	2	6	17	26	35	7
2	2	4	19	27	36	1	5	18	26	42	4	9	17	26	42	6
3	3	3	18	26	42	4	6	17	27	41	1	8	18	27	40	5
4	4	6	18	27	44	2	3	19	26	40	3	7	19	27	26	8
5	1	5	17	26	43	3	4	18	27	39	2	9	17	27	35	7
6	2	4	19	27	42	1	5	17	27	38	4	6	18	26	37	5
7	3	3	17	27	41	2	6	19	26	42	4	8	19	27	41	5
8	4	6	18	26	40	3	3	17	27	43	1	8	17	27	40	7

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	1	5	17	27	39	4	5	19	26	45	2	7	18	26	39	7
10	2	4	19	26	38	2	4	17	27	38	3	9	19	26	38	6
11	3	3	19	27	36	1	6	17	27	39	2	6	17	26	36	5
12	4	6	17	26	34	3	4	18	26	35	1	7	18	27	35	7
13	1	5	18	27	35	4	4	19	27	34	2	7	19	27	32	6
14	2	4	17	26	45	2	5	19	26	36	3	8	19	26	37	67
15	3	3	17	27	44	1	6	19	27	38	4	8	18	26	40	7
16	4	6	19	26	43	3	3	18	27	39	2	9	17	27	41	7
17	1	5	18	27	42	4	5	17	26	40	2	9	17	26	42	7
18	2	4	17	26	41	3	6	19	27	42	1	7	18	26	40	5
19	3	3	18	26	40	4	6	17	26	44	2	8	18	27	39	5
20	4	6	17	27	38	2	5	18	27	45	3	9	19	27	38	7

Примечание: h_1, h_2, h_3 – мощность слоя 1, 2, 3 (соответственно). Наименование грунтов: 1 – супесь; 2 – глина; 3 – песок; 4 – суглинок.

Пример выполнения задания

Определить напряжения от собственного веса грунтов и построить эпюру распределения данных напряжений по скважине № 1:

Первый слой – суглинок с $\gamma_1=19,3$ кПа; $h_1=1,2$ м,

Второй слой – супесь пластичная с $\gamma_2=20,3$ кПа, $h_2'=1,2$ м, $h_2''=2,2$ м, $\gamma_{s2}=27,0$ кПа.

Третий слой – песок с $\gamma_3=20,0$ кПа; $h_3=7,7$ м, $\gamma_{s3}=26,5$ кПа.

Четвертый слой – глина с $\gamma_4=20,0$ кПа; $h_4=1,1$ м.

Первоначально на основании данных инженерно-геологических изысканий (табл. 5.1) строим в масштабе геологическую колонку с указанием мощности слоев грунта, уровней подземных вод и водоупора (рис. 5.2). Далее на основании результатов определения физико-механических характеристик грунтов (табл. 5.1) для каждого слоя грунта указываем необходимые для дальнейшего расчета данные.

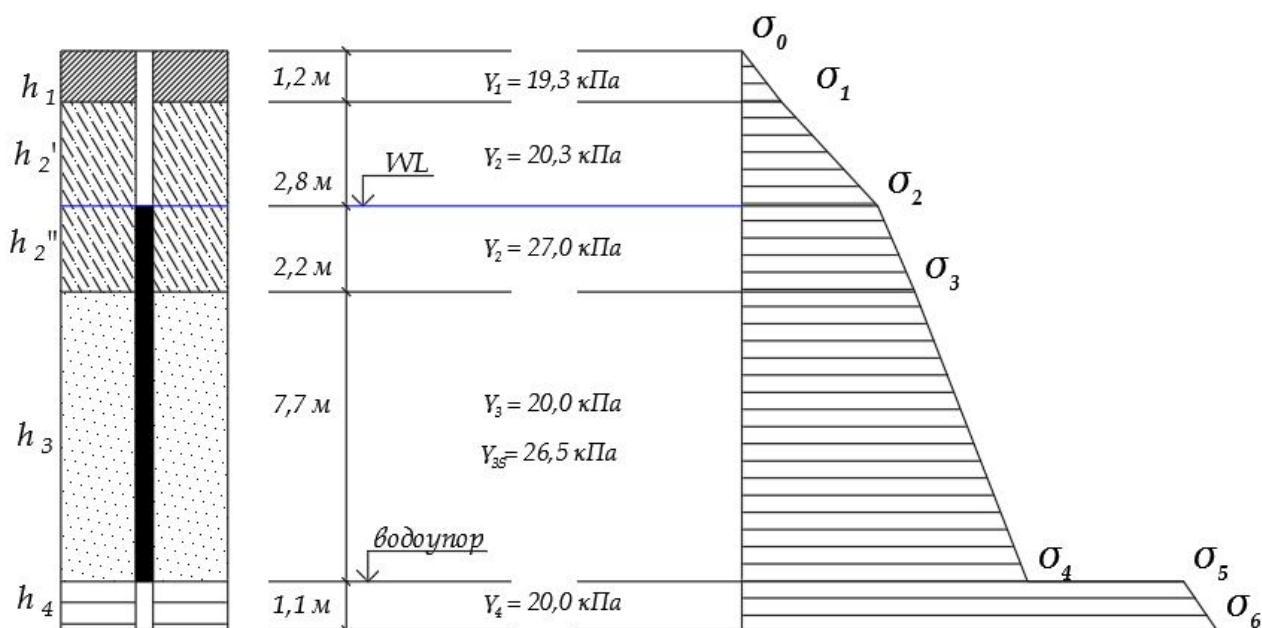


Рисунок 5.2 – Совмещенная схема геологической колонки и эпюры распределения напряжений от собственного веса грунтов

Расчет напряжений от собственного веса грунтов проводим последовательно, начиная от поверхности земли. Расчетные точки располагаем

на поверхности земли, на границах слоев грунтов, на уровнях подземных вод и водоупора.

На поверхности земли дополнительная пригрузка отсутствует, поэтому напряжение равно $\sigma_0 = 0$.

Напряжение на границе между первым и вторым слоями грунта определяем как сумму напряжений σ_1 и от собственного веса грунта первого слоя:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \gamma_1 \cdot h_1 = 0 + 19,3 \cdot 1,2 = 23,2 \text{ кПа.}$$

Напряжение на уровне подземных вод определяем как сумму напряжений σ_1 и от собственного веса грунта второго слоя на расстоянии от его кровли до уровня подземных вод:

$$\sigma_2 = \sigma_1 + \gamma_2 \cdot h_2' = 23,2 + 20,3 \cdot 2,8 = 80,0 \text{ кПа.}$$

Напряжение на границе между вторым и третьим слоями грунта определяем как сумму напряжений σ_2 и от собственного веса грунта второго слоя на расстоянии от уровня подземных вод до его подошвы, при этом учитываем взвешивающее действие воды на частицы грунта второго слоя:

$$\sigma_3 = \sigma_2 + \gamma_{sb2} \cdot h_2'' = 80,0 + 16,0 \cdot 2,2 = 115,2 \text{ кПа,}$$

$$\text{где } \gamma_{sb2} = \frac{\gamma_{s2} - \gamma_w}{1 + e_2} = \frac{27,0 - 10,0}{1 + 0,6} = 16,0 \text{ кПа.}$$

Напряжение на границе между третьим и четвертым слоями грунта определяем как сумму напряжений σ_3 и от собственного веса грунта третьего слоя, при этом учитываем взвешивающее действие воды на частицы грунта третьего слоя:

$$\sigma_4 = \sigma_3 + \gamma_{sb3} \cdot h_3 = 115,2 + 9,94 \cdot 7,7 = 191,74 \text{ кПа,}$$

$$\text{где } \gamma_{sb3} = \frac{\gamma_{s3} - \gamma_{\omega}}{1 + e_3} = \frac{26,5 - 10,0}{1 + 0,66} = 9,94 \text{ кПа.}$$

На кровле четвертого слоя напряжение определяем с учетом дополнительного напряжения от столба вышерасположенной воды как сумму напряжений σ_4 и от собственного веса столба вышерасположенной воды:

$$\sigma_5 = \sigma_4 + \gamma_{\omega} \cdot h_{\omega} = 191,74 + 1 \cdot (2,2 + 7,7) = 201,64 \text{ кПа.}$$

На уровне нижней границы скважины напряжение определяем как сумму напряжений σ_5 и от собственного веса грунта четвертого слоя на расстоянии от его кровли до уровня забоя скважины:

$$\sigma_6 = \sigma_5 + \gamma_4 \cdot h_4 = 27,85 + 2,0 \cdot 1,1 = 223,64 \text{ кПа.}$$

Далее по полученным значениям σ_0 – σ_6 в масштабе строим эпюру распределения напряжений от собственного веса грунтов, которую совмещаем с уже построенной геологической колонкой (рис. 5.2).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ

Цель практической работы – определить величину напряжений σ_z для ленточного фундамента, построить эпюру распределения напряжения и линию равных напряжений (изобару).

Условия плоской задачи будут иметь место тогда, когда напряжения распределяются в одной плоскости, в направлении же перпендикулярном они или будут равны нулю, или постоянны. Это условие имеет место для очень вытянутых в плане сооружений, например ленточных и стеновых фундаментов, оснований подпорных стенок, насыпей, дамб и подобных сооружений. При увеличении отношения длины площади загрузки l к ее ширине b (при равномерно распределенной нагрузке) задача по определению напряжений с большим основанием может рассматриваться как плоская (плоская деформация). Обычно плоская задача может приниматься, когда $l / b > 10$ (рис. 6.1).

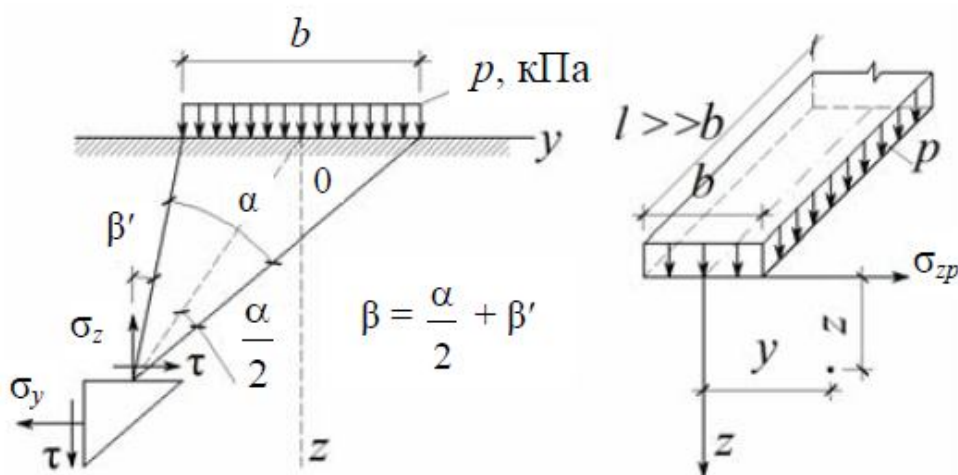


Рисунок 6.1 – Схема действия равномерно распределенной полосовой нагрузки

В условиях плоской задачи определяются три составляющие напряжений: нормальные напряжения σ_z и σ_y , которые вычисляются по выражениям

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

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

касательные напряжения τ_{yz} , вычисляемые по выражению

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

где K_z , K_y , K_{yz} – коэффициенты влияния соответствующих напряжений, значения которых приведены в таблице 6.1, в зависимости от величины относительных координат z/b и y/b ; p – интенсивность равномерно распределенной полосовой нагрузки, кПа.

Пользуясь данными таблицы 6.1, легко построить эпюры распределения напряжений по горизонтальным и вертикальным сечениям массива грунта в случае плоской задачи.

Как пример на рисунке 6.2 показаны эпюры сжимающих напряжений σ_z для вертикальных и горизонтальных сечений массива грунта. Пользуясь полученными эпюрами напряжений, легко построить и кривые равных напряжений.

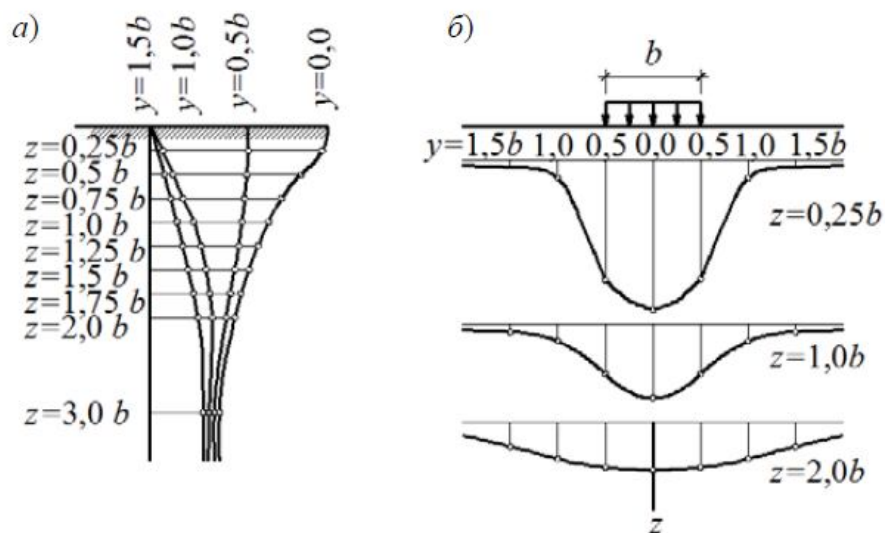


Рисунок 6.2 – Эпюры распределения сжимающих напряжений σ_z по вертикальным (а) и горизонтальным (б) сечениям массива грунта

На рисунке 6.3, *a* приведены линии одинаковых вертикальных сжимающих напряжений или давлений (изобары), на рисунке 6.3, *б* – линии одинаковых горизонтальных напряжений (распоры) и на рисунке 6.3, *в* – линии одинаковых касательных напряжений (сдвиги), наглядно характеризующие всю напряженную область грунта под полосообразной нагрузкой.

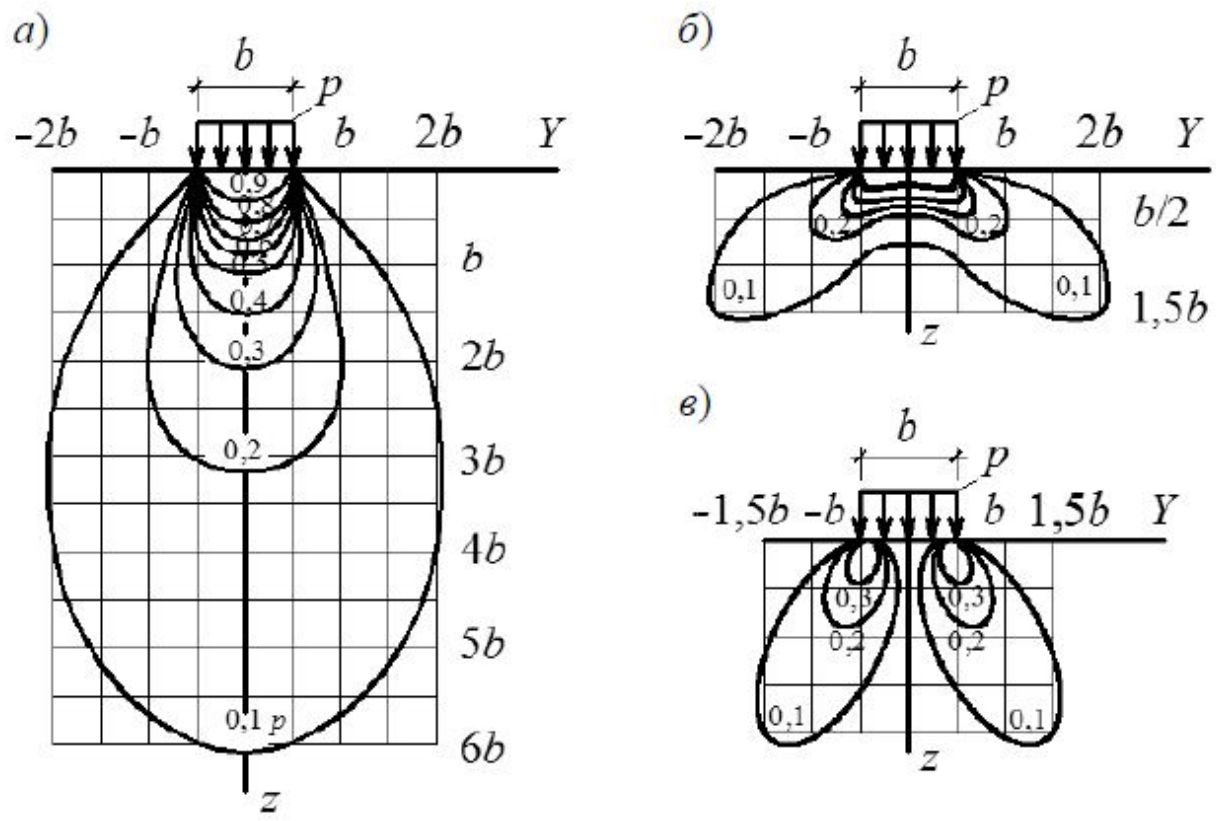


Рисунок 6.3 – Линии равных напряжений в массиве грунта:

a – изобары σ_z ; *б* – распоры σ_y ; *в* – сдвиги τ_{zx}

Исходные данные для выполнения практической работы приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Исходные данные для определения напряжения в грунтовой толще в условиях плоской задачи

Вариант	b , м	p , кПа	Вариант	b , м	p , кПа	Вариант	b , м	p , кПа
1	1,0	150	11	3,0	250	21	1,4	200
2	1,2	160	12	2,8	260	22	1,6	290
3	1,4	170	13	2,6	270	23	1,8	180
4	1,6	180	14	2,4	280	24	2,0	220
5	1,8	190	15	2,2	300	25	2,2	240
6	2,0	200	16	2,0	200	26	2,4	260
7	2,2	210	17	1,8	210	27	2,5	270
8	2,4	220	18	1,6	220	28	2,6	280
9	2,6	230	19	1,4	230	29	2,8	290
10	2,8	240	20	1,5	240	30	3,0	300

Примечание. Величины напряжений необходимо вычислить для вертикалей $y = 0; 1,0; 2,0$ и $4,0$ м на глубинах $z = 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0$ и $12,0$ м

Таблица 6.1 – Значения коэффициентов влияния K_z , K_y и K_{xy} для определения составляющих напряжений в случае действия равномерно распределенной нагрузки в условиях плоской задачи

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

Пример расчета и оформления задания. Требуется определить величину напряжений σ_z для ленточного фундамента шириной $b = 2$ м и длиной $l = 26$ м при внешней нагрузке интенсивностью $p = 180$ кПа (рис. 11), для вертикалей $y = 0; 1,0; 2,0$ и $4,0$ м на глубинах $z = 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0$ и $12,0$ м. Построить эпюру распределения напряжений и линию равных напряжений (изобару).

Решение:

Для условия $y / b = 0 / 2 = 0$:

$$\begin{aligned}z / b = 0,0 / 2 = 0,00; kz = 1,0; \sigma_z = 1,00 \cdot 180 = 180 \text{ кПа}; \\z / b = 0,5 / 2 = 0,25; kz = 0,96; \sigma_z = 0,96 \cdot 180 = 173 \text{ кПа}; \\z / b = 1,0 / 2 = 0,50; kz = 0,82; \sigma_z = 0,82 \cdot 180 = 148 \text{ кПа}; \\z / b = 1,5 / 2 = 0,75; kz = 0,67; \sigma_z = 0,67 \cdot 180 = 121 \text{ кПа}; \\z / b = 2,0 / 2 = 1,00; kz = 0,55; \sigma_z = 0,55 \cdot 180 = 99 \text{ кПа}; \\z / b = 2,5 / 2 = 1,25; kz = 0,46; \sigma_z = 0,46 \cdot 180 = 83 \text{ кПа}; \\z / b = 3,0 / 2 = 1,50; kz = 0,40; \sigma_z = 0,40 \cdot 180 = 72 \text{ кПа}; \\z / b = 3,5 / 2 = 1,75; kz = 0,35; \sigma_z = 0,35 \cdot 180 = 63 \text{ кПа}; \\z / b = 4,0 / 2 = 2,00; kz = 0,31; \sigma_z = 0,31 \cdot 180 = 56 \text{ кПа}; \\z / b = 6,0 / 2 = 3,00; kz = 0,21; \sigma_z = 0,21 \cdot 180 = 38 \text{ кПа}; \\z / b = 8,0 / 2 = 4,00; kz = 0,16; \sigma_z = 0,16 \cdot 180 = 29 \text{ кПа}; \\z / b = 10,0 / 2 = 5,0; kz = 0,13; \sigma_z = 0,13 \cdot 180 = 23 \text{ кПа}; \\z / b = 12,0 / 2 = 6,0; kz = 0,11; \sigma_z = 0,11 \cdot 180 = 20 \text{ кПа};\end{aligned}$$

Для условия $y / b = 1,0 / 2 = 0,5$:

$$\begin{aligned}z / b = 0,0 / 2 = 0,00; kz = 0,50; \sigma_z = 0,50 \cdot 180 = 90 \text{ кПа}; \\z / b = 0,5 / 2 = 0,25; kz = 0,50; \sigma_z = 0,50 \cdot 180 = 90 \text{ кПа}; \\z / b = 1,0 / 2 = 0,50; kz = 0,48; \sigma_z = 0,48 \cdot 180 = 86 \text{ кПа}; \\z / b = 1,5 / 2 = 0,75; kz = 0,45; \sigma_z = 0,45 \cdot 180 = 81 \text{ кПа}; \\z / b = 2,0 / 2 = 1,00; kz = 0,41; \sigma_z = 0,41 \cdot 180 = 74 \text{ кПа}; \\z / b = 2,5 / 2 = 1,25; kz = 0,37; \sigma_z = 0,37 \cdot 180 = 67 \text{ кПа}; \\z / b = 3,0 / 2 = 1,50; kz = 0,33; \sigma_z = 0,33 \cdot 180 = 59 \text{ кПа};\end{aligned}$$

$$z / b = 3,5 / 2 = 1,75; kz = 0,30; \sigma_z = 0,30 \cdot 180 = 54 \text{ кПа};$$

$$z / b = 4,0 / 2 = 2,00; kz = 0,28; \sigma_z = 0,28 \cdot 180 = 50 \text{ кПа};$$

$$z / b = 6,0 / 2 = 3,00; kz = 0,20; \sigma_z = 0,20 \cdot 180 = 36 \text{ кПа};$$

$$z / b = 8,0 / 2 = 4,00; kz = 0,15; \sigma_z = 0,15 \cdot 180 = 27 \text{ кПа};$$

$$z / b = 10,0 / 2 = 5,0; kz = 0,12; \sigma_z = 0,12 \cdot 180 = 22 \text{ кПа};$$

$$z / b = 12,0 / 2 = 6,0; kz = 0,10; \sigma_z = 0,10 \cdot 180 = 18 \text{ кПа}.$$

Для условия $y / b = 2 / 2 = 1,0$:

$$z / b = 0,0 / 2 = 0,00; kz = 0,0; \sigma_z = 0,00 \cdot 180 = 0 \text{ кПа};$$

$$z / b = 0,5 / 2 = 0,25; kz = 0,02; \sigma_z = 0,02 \cdot 180 = 4 \text{ кПа};$$

$$z / b = 1,0 / 2 = 0,50; kz = 0,08; \sigma_z = 0,08 \cdot 180 = 14 \text{ кПа};$$

$$z / b = 1,5 / 2 = 0,75; kz = 0,15; \sigma_z = 0,15 \cdot 180 = 27 \text{ кПа};$$

$$z / b = 2,0 / 2 = 1,00; kz = 0,19; \sigma_z = 0,19 \cdot 180 = 34 \text{ кПа};$$

$$z / b = 2,5 / 2 = 1,25; kz = 0,20; \sigma_z = 0,20 \cdot 180 = 36 \text{ кПа};$$

$$z / b = 3,0 / 2 = 1,50; kz = 0,21; \sigma_z = 0,21 \cdot 180 = 38 \text{ кПа};$$

$$z / b = 3,5 / 2 = 1,75; kz = 0,20; \sigma_z = 0,20 \cdot 180 = 36 \text{ кПа};$$

$$z / b = 4,0 / 2 = 2,00; kz = 0,17; \sigma_z = 0,17 \cdot 180 = 31 \text{ кПа};$$

$$z / b = 6,0 / 2 = 3,00; kz = 0,14; \sigma_z = 0,14 \cdot 180 = 25 \text{ кПа};$$

$$z / b = 8,0 / 2 = 4,00; kz = 0,12; \sigma_z = 0,12 \cdot 180 = 22 \text{ кПа};$$

$$z / b = 10,0 / 2 = 5,0; kz = 0,10; \sigma_z = 0,10 \cdot 180 = 18 \text{ кПа};$$

$$z / b = 12,0 / 2 = 6,0; kz = 0,00; \sigma_z = 0,00 \cdot 180 = 0 \text{ кПа}.$$

Для условия $y / b = 4 / 2 = 2$:

$$z / b = 0,0 / 2 = 0,00; kz = 0,00; \sigma_z = 0,00 \cdot 180 = 0 \text{ кПа};$$

$$z / b = 0,5 / 2 = 0,25; kz = 0,00; \sigma_z = 0,00 \cdot 180 = 0 \text{ кПа};$$

$$z / b = 1,0 / 2 = 0,50; kz = 0,00; \sigma_z = 0,00 \cdot 180 = 0 \text{ кПа};$$

$$z / b = 1,5 / 2 = 0,75; kz = 0,02; \sigma_z = 0,02 \cdot 180 = 0 \text{ кПа};$$

$$z / b = 2,0 / 2 = 1,00; kz = 0,03; \sigma_z = 0,03 \cdot 180 = 5,4 \text{ кПа};$$

$$z / b = 2,5 / 2 = 1,25; kz = 0,04; \sigma_z = 0,04 \cdot 180 = 7,2 \text{ кПа};$$

$$z / b = 3,0 / 2 = 1,50; kz = 0,07; \sigma_z = 0,07 \cdot 180 = 12,6 \text{ кПа};$$

$$z/b = 3,5 / 2 = 1,75; kz = 0,08; \sigma_z = 0,08 \cdot 180 = 14,4 \text{ кПа};$$

$$z/b = 4,0 / 2 = 2,00; kz = 0,10; \sigma_z = 0,10 \cdot 180 = 18 \text{ кПа};$$

$$z/b = 6,0 / 2 = 3,00; kz = 0,10; \sigma_z = 0,10 \cdot 180 = 18 \text{ кПа};$$

$$z/b = 8,0 / 2 = 4,00; kz = 0,09; \sigma_z = 0,09 \cdot 180 = 16 \text{ кПа};$$

$$z/b = 10,0 / 2 = 5,0; kz = 0,00; \sigma_z = 0,00 \cdot 180 = 0 \text{ кПа}.$$

Эпюры распределения напряжения σ_z по глубине основания приведены на рисунке 6.4.

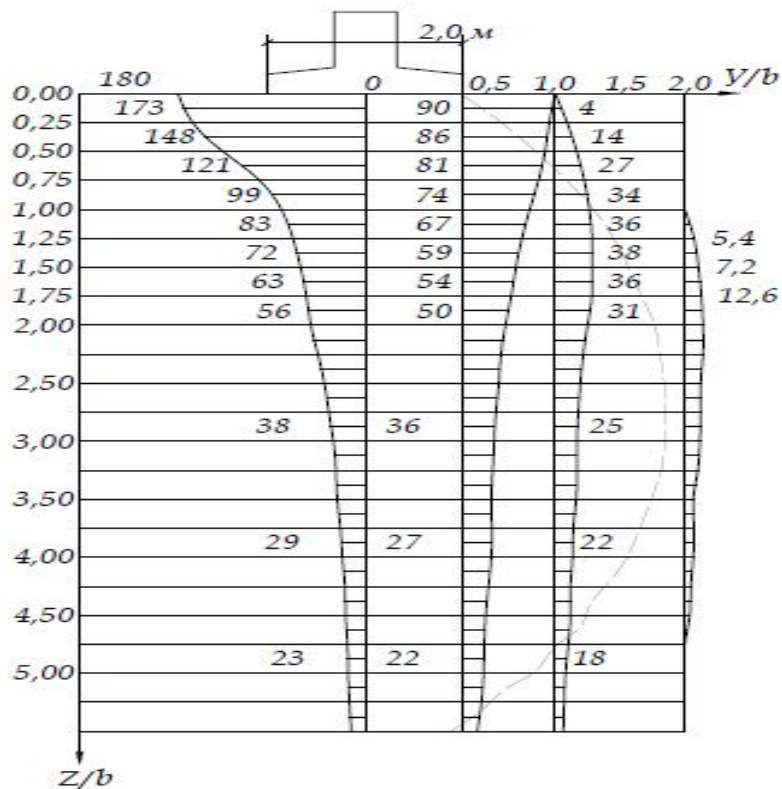


Рисунок 6.4 – Эпюры распределения напряжений σ_z по вертикальным сечениям массива грунта и линия равных напряжений (изобара)

Построение можно выполнять как от руки на миллиметровой бумаге, так и с помощью компьютерной программы AutoCAD .

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
з курсу

«ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА МЕХАНІКА ҐРУНТІВ»

*(для студентів усіх форм навчання
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

(Рос. мовою)

Укладачі : **ГАВРИЛЮК** Ольга Володимирівна,
ЛЕВЕНКО Ганна Михайлівна

Відповідальний за випуск *Г. М. Левенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Г. М. Левенко*

План 2018, поз. 493 М

Підп. до друку. 19.02.2019. Формат 60 x 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,1.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

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

Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.