

УДК 624.15(07)
ББК 38.58
М 55

Механика грунтов, основания и фундаменты: Методические указания к выполнению курсовой работы/ **Е.В. Байдакова, В.Н. Кровопускова, Е.М. Байдаков.** – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2013 г. - 39 с.

Сост. **Е.В. Байдакова**, кандидат технических наук, доцент кафедры природопользования и водопользования;

В.Н. Кровопускова, ст. преподаватель кафедры природопользования и водопользования;

Е.М. Байдаков, кандидат технических наук ст. преподаватель кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств).

Даны методические рекомендации для выполнения курсовой работы по курсу «Механика грунтов, основания и фундаменты, для студентов очной и заочной форм обучения по направлению: природообустройство и водопользование.

Рецензенты: к.т.н., доцент Мельникова Е.А.
к.т.н., доцент Широбокова О.Е.

Рекомендованы научно-методическим советом БГСХА
Протокол № 18 от «11» января 2013 г.

© Байдакова Е.В., 2013

© Кровопускова В.Н., 2013

© Байдаков Е.М., 2013

© Брянская ГСХА., 2013

Содержание

1. Содержание работы и требования к ее оформлению.....	4
2. Задачи к работе.....	5
3. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы.....	16
4. Список использованных источников.....	36

Цель работы: закрепить теоретические знания, полученные за период самостоятельного изучения курса; научиться применять эти знания при инженерном решении задач теории механики грунтов и фундаментостроения; научиться пользоваться действующим СНиП, руководствами, справочниками и литературными источниками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ЕЁ ОФОРМЛЕНИЮ

Решению задач должно предшествовать изучение соответствующих разделов курса «Механика грунтов». Механика грунтов является теоретической базой фундаментостроения. Применение положений современной механики грунтов в проектной и производственной практике позволяет более полно использовать несущую способность грунтов оснований, выбирать наиболее экономичные и рациональные способы возведения фундаментов зданий и инженерных сооружений с учетом инженерно-геологической обстановки.

Работа составлена в соответствии с программой курса и содержит восемь задач по следующим разделам:

- природа грунтов и их физико-механические свойства (задача 1);
- определение напряжений в грунтах от действия внешних сил (задача 2-4);
- теория предельного напряженного состояния и ее приложения (задача 5,6);
- деформация грунтов и расчет осадок фундаментов (задачи 7,8).

Данные для выполнения работы помещены в таблицах. Варианты задания выбираются из этих таблиц по следующему правилу:

задачи 1-4 выполняют по варианту, соответствующему последней цифре учебного шифра;

задачи 5-8 выполняются по варианту, соответствующему предпоследней цифре учебного шифра.

Например, если учебный шифр 05-175, то задачи 1-4 выполняются по варианту 5, а задачи 5-8 - по варианту 7.

Работу необходимо выполнить в срок, установленный индивидуальным планом-графиком на учебный год, и с настоящими указаниями направить на кафедру для рецензирования.

Работа, выполненная по варианту, не соответствующему учебному шифру и без соблюдения указанных далее требований к оформлению, на рецензирование не принимается.

Работа должна содержать расчетно-пояснительную записку, включающую в себя:

- исходные данные, теоретическую часть, отражающую методику расчета;
- расчетные схемы со всеми необходимыми обозначениями и размерами;
- список литературы.

Записка выполняется на стандартных листах бумаги формата А4. Текст следует писать от руки на одной стороне листа чернилами, аккуратно, разборчиво. Все расчетные данные должны сопровождаться единицами измерения. Расчеты необходимо сопровождать ссылками на соответствующую литературу. Список используемой литературы, включая методические

указания, по которым выполнялась курсовая работа, поместить в конце записки.

Расчетные схемы выполнять в карандаше на листах чертежной или миллиметровой бумаги того же формата, что и листы расчетно-пояснительной записки. Необходимо помнить, что данные расчета и схемы должны быть строго увязаны между собой, так как они составляют одно целое.

Листы записки должны иметь сквозную нумерацию и быть сброшюрованы.

Если в работе допущены ошибки, и она возвращена без допуска к защите, необходимо сделать исправления на свободных листах с припиской «исправление ошибок». Перечеркивание и исправление написанного текста, расчетов и расчетных схем недопустимо.

Задачи к работе

Задача 1

По результатам лабораторных исследований свойств грунтов:

а) построить для образцов песчаного грунта интегральную кривую гранулометрического состава, определить тип грунта по гранулометрическому составу и степени его неоднородности, произвести оценку плотности сложения и степени влажности; для образцов глинистого грунта определить тип грунта и разновидность по консистенции, произвести предварительную оценку способности грунта к просадочному и набухающему явлениям (исходные данные приведены в таблице 1);

б) построить график компрессионной зависимости вида $e = f(p)$; определить для заданного расчетного интервала давлений коэффициент относительной сжимаемости грунта и охарактеризовать степень его сжимаемости (исходные данные приведены в таблице 2);

в) построить график сдвига вида $\tau = f(p)$; определить методом наименьших квадратов нормативное значение угла внутреннего трения φ_n грунта (исходные данные приведены в таблице 3).

Таблица 1

№ варианта	Плотность, г/см ³		Влажность, д. ед.			Содержание частиц, % при их размере, мм							
	частиц грунта, ρ_s	грунта. ρ	при родная, w	на границе		более 2,0	2,0 ÷ 0,5	0,5 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,1	0,1 ÷ 0,05	0,05 ÷ 0,01	0,01 ÷ 0,005	менее 0,005
				раскаты вания. w_p	теку чести w_l								
1	2,71(2,66)	1,85(2,02)	0,21(0,91)	0,30	0,43	2,5	19,5	25,0	20,0	20,0	10,0	2,0	1,0
2	2,73(2,65)	1,89(1,72)	0,20(0,07)	0,21	0,32	0	12,0	16,0	45,0	12,0	8,0	6,0	1,0
3	2,71(2,66)	1,93(1,75)	0,19(0,12)	0,24	0,37	0	15,1	40,2	33,9	5,7	1,5	0,7	2,9
4	2,71(2,68)	1,87(1,89)	0,22(0,08)	0,19	0,31	1,0	31,0	25,0	10,0	27,4	3,6	1,2	0,8
5	2,74(2,67)	1,89(1,79)	0,21(0,17)	0,27	0,47	1,2	21,5	22,7	19,3	12,6	16,1	3,6	3,0
6	2,71(2,67)	1,91(1,92)	0,20(0,13)	0,20	0,29	1,2	17,0	20,0	45,0	13,3	2,0	0,9	0,6
7	2,70(2,65)	1,89(1,82)	0,17(0,12)	0,26	0,39	0,4	13,4	32,2	31,4	8,6	9,8	2,6	1,6
8	2,71(2,68)	1,94(1,72)	0,19(0,10)	0,24	0,44	4,5	37,5	15,8	14,5	10,2	8,0	8,0	1,5
9	2,70(2,66)	1,95(1,86)	0,18(0,14)	0,27	0,37	2,1	24,5	29,4	15,4	9,6	10,2	7,8	1,0
0	2,74(2,65)	1,94(1,89)	0,19(0,15)	0,23	0,42	3,8	29,8	29,4	18,5	11,5	4,6	1,1	1,3

Примечание: 1. Данные по гранулометрическому составу относятся к песчаным грунтам.

2. Значения основных физических характеристик песчаных грунтов ρ_s, ρ, w находятся в скобках.

Таблица 2

Номер варианта	Начальный коэффициент пористости грунта e_0	Полная осадка образца грунта s_i мм при нагрузке P_i , МПа					Расчетный интервал давлений, МПа	
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	P_1	P_2
1	0,574	0,13	0,33	0,62	0,78	1,02	0,05	0,2
2	0,646	0,15	0,24	0,41	0,55	0,79	0,05	0,2
3	0,673	0,20	0,35	0,66	0,86	1,12	0,05	0,3
4	0,540	0,14	0,29	0,46	0,59	0,75	0,05	0,3
5	0,734	0,10	0,18	0,31	0,42	0,57	0,05	0,2
6	0,571	0,13	0,27	0,49	0,69	0,99	0,10	0,3
7	0,677	0,25	0,50	0,87	1,10	1,39	0,05	0,3
8	0,707	0,14	0,29	0,46	0,60	0,74	0,10	0,3
9	0,656	0,22	0,43	0,69	0,91	1,17	0,05	0,3
0	0,681	0,14	0,29	0,43	0,56	0,70	0,05	0,2

Таблица 3

Номер варианта	Предельное сопротивление образца грунта сдвигу τ_i МПа, при нормальном удельном давлении, передаваемом на образце грунта P_i , МПа					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	0,070	0,135	0,199	0,265	0,330	0,398
2	0,064	0,125	0,184	0,250	0,315	0,375
3	0,060	0,095	0,139	0,175	0,206	0,256
4	0,074	0,150	0,225	0,300	0,375	0,450
5	0,080	0,120	0,139	0,175	0,219	0,233
6	0,072	0,140	0,212	0,280	0,356	0,428
7	0,040	0,075	0,101	0,130	0,156	0,188
8	0,074	0,145	0,221	0,290	0,344	0,438
9	0,050	0,085	0,131	0,175	0,219	0,263
10	0,104	0,145	0,180	0,220	0,256	0,293

Задача 2

К горизонтальной поверхности массива грунта в одном приложены три вертикальные сосредоточенные силы P_1 , P_2 , P_3 (рисунок 1); r_1 и r_2 - расстояния между осями действия сил. Определить значения вертикальных составляющих напряжений σ_z от совместного действия сосредоточенных сил в точках массива грунта, расположенных в плоскости действия сил:

1) по вертикали 1-1, проходящей через точку приложения силы P_2 ;
по горизонтали 2-2, проходящей на расстоянии z от поверхности массива грунта.

Точки по вертикали расположены по поверхности на расстоянии 100, 200, 400, 600 см. Точки по горизонтали расположить вправо и влево от оси действия силы P_2 на расстоянии 0, 100, 300 см. По вычисленным напряжениям и заданным осям построить эпюры распределения напряжений σ_z . Исходные данные в таблице 4, схема к расчету - на рисунке 1.

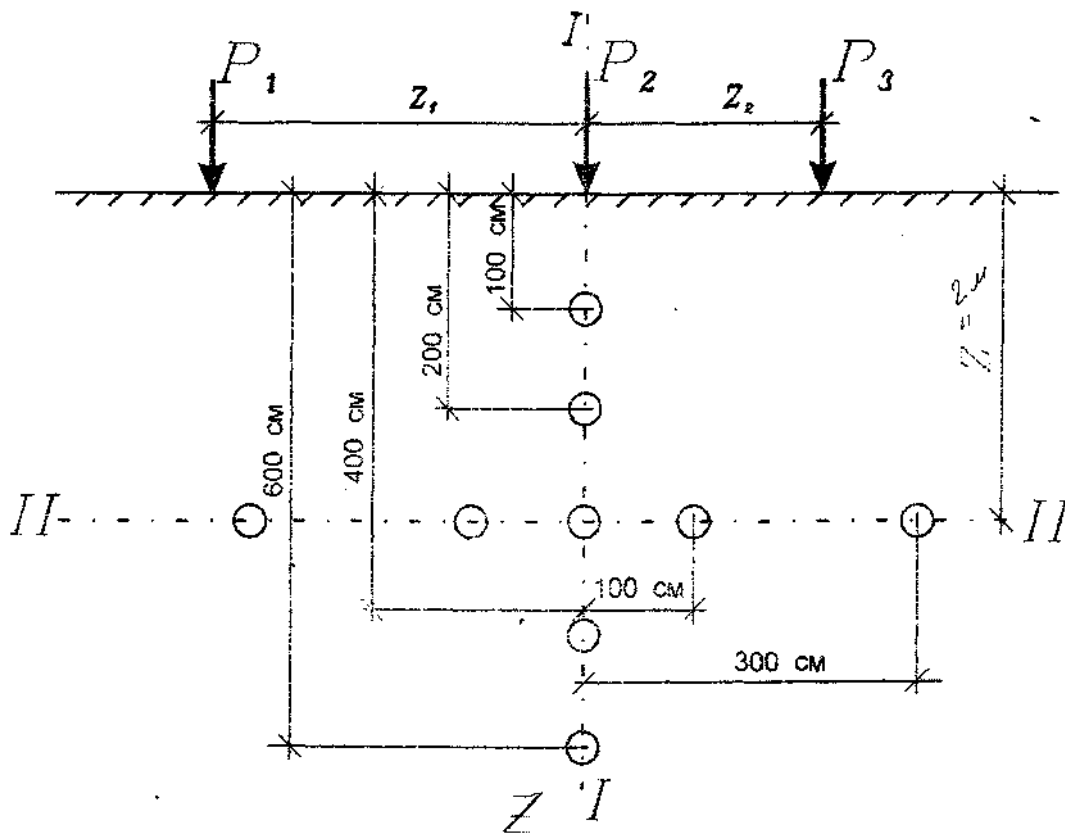


Рисунок 1 - Расчетная схема к задаче 2

Таблица 4

Номер варианта	P_1 , кН	P_2 , кН	P_3 , кН	r_1 , см	r_2 , см	z , см
1	1200	800	1400	100	200	300
2	1200	800	1200	200	200	250
3	1900	600	1300	300	100	200
4	1300	500	1500	300	200	300
5	1100	700	1800	200	300	200
6	1800	800	1600	300	200	150
7	1000	600	1100	100	100	200
8	1800	800	1400	300	100	300
9	1500	700	1900	200	300	250
0	1300	600	1300	200	200	200

Задача 3

Горизонтальная поверхность массива грунта по прямоугольным плитам с размерами в плане $a_1 \times b_1$, и $a_2 \times b_2$ нагружена равномерно распределенной вертикальной нагрузкой интенсивностью P_1 и P_2 (рисунок 2). Определить вертикальные составляющие напряжений σ_z от совместного действия внешних нагрузок в точках массива грунта для заданной вертикали, проходящей через одну из точек M_1 , M_2 , M_3 . Расстояние между осями плит нагружения L . Точки по вертикали расположить от поверхности на расстоянии 100, 200, 400, 600 см. По вычисленным напряжениям построить эпюру распределения напряжений σ_z .

Исходные данные приведены в таблице 5, схема к расчету на рисунке 2.

Таблица 5

Номер варианта	L_1 , см	b_1 , см	L_2 , см	b_2 , см	P_1 , МПа	P_2 , МПа	L , см	Расчетная вертикаль
1	250	190	330	230	0,28	0,31	280	M_1 ,
2	330	230	400	240	0,24	0,35	330	M_2 ,
3	290	260	350	250	0,32	0,29	350	M_2 ,
4	260	210	500	240	0,34	0,38	300	M_2 ,
5	250	190	600	280	0,29	0,33	280	M_3 ,
6	220	220	300	240	0,26	0,36	300	M_2 ,
7	190	190	290	260	0,28	0,32	320	M_1 ,
8	250	210	400	240	0,31	0,41	340	M_2 ,
9	270	190	350	250	0,32	0,34	320	M_3 ,
0	500	240	600	240	0,38	0,32	400	M_1 ,

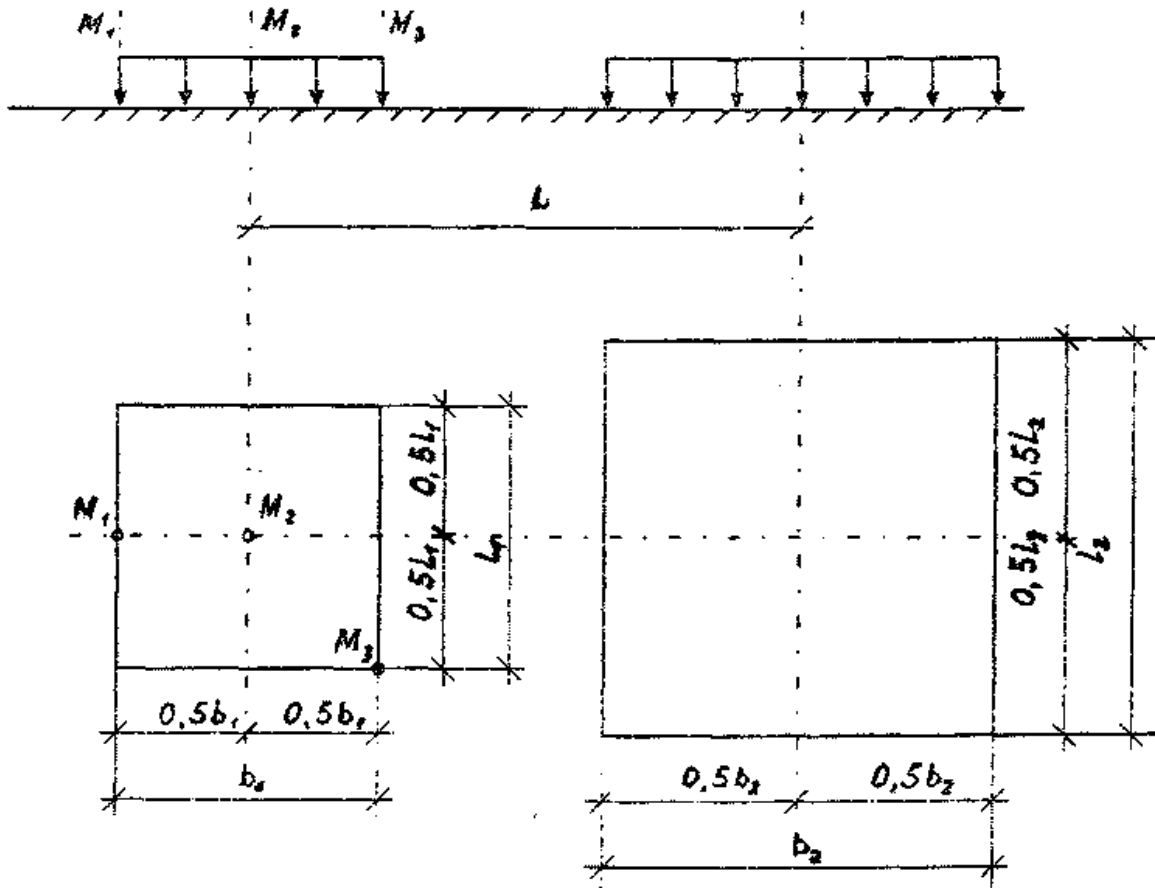


Рисунок 2 - Расчетная схема к задаче 3

Задача 4

К горизонтальной поверхности массива грунта приложена вертикальная неравномерная нагрузка, распределенная в пределах гибкой полосы (ширину полосы b) по закону трапеции от P_1 , до P_2 (рисунок 3). Определить вертикальные составляющие напряжения σ_z в точках массива грунта для заданной вертикали, проходящей через одну из точек M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 загруженной полосы и горизонтали, расположенной на расстоянии z от поверхности. Точки по вертикали расположить от поверхности на расстоянии 100, 200, 400, 600 см. Точки по горизонтали расположить вправо и влево от середины загруженной полосы на расстоянии 0, 100, 300 см. По вычисленным напряжениям построить эпюры распределения напряжений σ_z исходные данные приведены в таблице 6, схема к расчету - на рисунке 3.

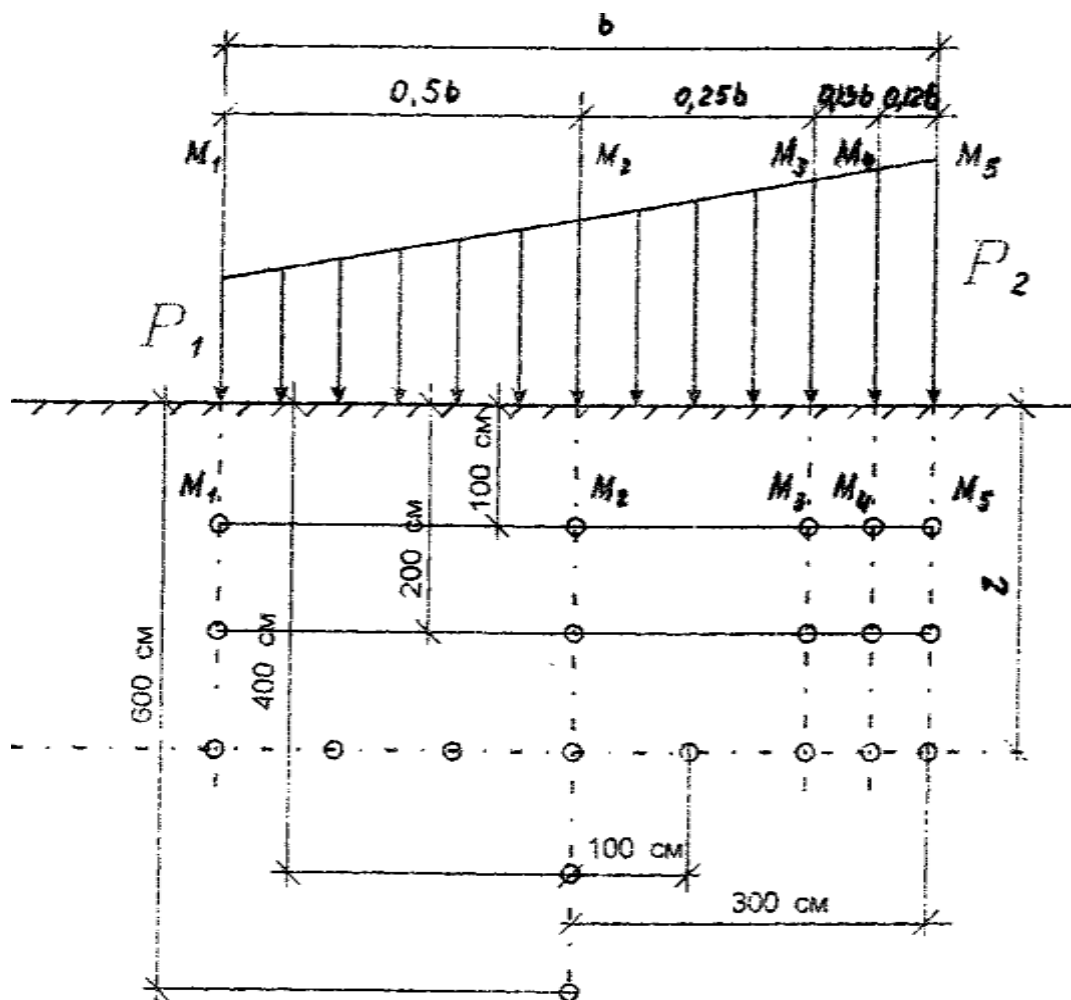


Рисунок 3 - Расчетная схема к задаче 4

Таблица 6

Номер варианта	b , см	P_1 , МПа	P_2 , МПа	Z , см	Расчетная вертикаль
1	300	0,12	0,22	100	M_1 ,
2	500	0,18	0,28	300	M_2 ,
3	400	0,22	0,32	200	M_3 ,
4	500	0,26	0,36	200	M_4 ,
5	600	0,14	0,24	400	M_5 ,
6	400	0,16	0,26	200	M_5 ,
7	600	0,24	0,34	300	M_4 ,
8	500	0,15	0,25	400	M_3 ,
9	400	0,13	0,23	200	M_2 ,
0	300	0,21	0,31	100	M_1 ,

Задача 5

Откосы котлована глубиной H проектируются с заложением m . Грунт в состоянии, природной, влажности, имеет следующие характеристики физико-механических свойств: плотность грунта ρ , угол внутреннего трения φ , удельное сцепление c . Определить методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения коэффициент устойчивости откоса. Исходные данные приведены в таблице 7, схема к расчету представлена на рисунке 4.

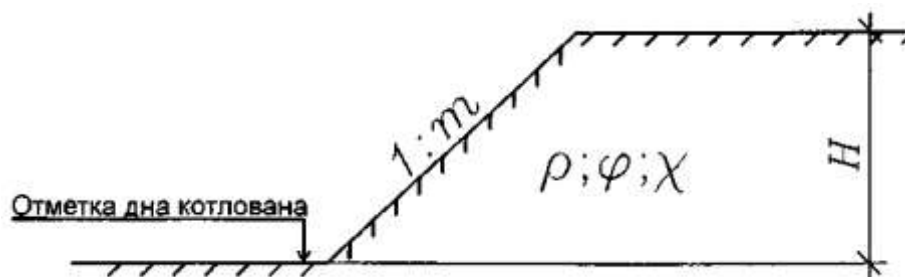


Рисунок 4 - Расчетная схема к задаче 5

Таблица 7

Номер варианта	$H, \text{см}$	m	$\rho, \text{г/см}^3$	$\varphi, \text{град}$	$c, \text{МПа}$
1	800	1,5	1,94	19	0,018
2	1200	1,5	2,05	18	0,021
3	1600	2,0	1,96	16	0,016
4	1400	2,0	2,08	19	0,025
5	900	1,5	1,97	17	0,051
6	1500	2,0	2,01	18	0,047
7	1100	1,5	2,03	16	0,041
8	600	1,5	1,98	21	0,023
9	1300	2,0	1,97	20	0,019
0	700	1,5	1,91	17	0,015

Задача 6

Подпорная стенка высотой H с абсолютно гладкими вертикальными гранями и горизонтальной поверхностью засыпки грунта за стенкой имеет заглубление фундамента $h_{\text{загл}}$ и ширину подошвы фундамента b (рисунок 5). Засыпка за стенкой и основание представлены глинистым грунтом, имеющим следующие характеристики физико-механических свойств: плотность грунта ρ , угол внутреннего трения φ , удельное сцепление c . Требуется:

а) определить аналитическим методом значения равнодействующих активного и пассивного давлений грунта на подпорную стенку без учета нагрузки на поверхности засыпки, построить эпюры активного и пассивного давлений грунта, указать направления и точки приложения равнодействующих давления грунта;

б) определить графическим методом, предложенным Ш. Кулоном, максимальное давление грунта на заднюю грань подпорной стенки при наличии на поверхности засыпки равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q .

Исходные данные приведены в таблице 8, схема к расчету - на рисунке 5.

Таблица 8

Номер варианта	H , см	$h_{\text{загл}}$, см	b , см	ρ , г/см ³	φ , град	c , МПа	q , МПа
1	600	180	280	2,05	16	0,016	0,15
2	800	220	360	1,98	19	0,018	0,22
3	700	200	320	2,02	17	0,015	0,16
4	500	190	240	2,09	18	0,021	0,15
5	900	250	400	2,08	21	0,023	0,18
6	400	160	190	1,97	20	0,019	0,12
7	600	190	200	2,05	14	0,014	0,24
8	1000	320	380	1,98	22	0,022	0,25
9	800	230	340	1,96	23	0,025	0,18
0	700	240	300	2,04	19	0,025	0,14

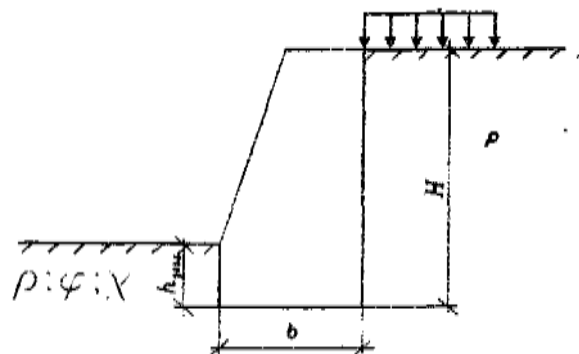


Рисунок 5 - Расчетная схема к задаче 6

Задача 7

Равномерно распределенная полосообразная (шириной b) нагрузка интенсивностью P приложена на глубине h от горизонтальной поверхности слоистой толщии грунтов (рисунок 6). Определить по методу послойного суммирования с учетом только осевых сжимающих напряжений полную стабилизированную осадку грунтов. С поверхности залегает песчаный грунт (мощностью h_k плотностью ρ_1 , плотностью частиц грунта ρ_{s1} , с природной влажностью w и модулем общей деформации E_{01}), подстилаемый водонепроницаемой глиной (h_2, ρ_2, E_{02}). Уровень грунтовых вод расположен в слое песчаного грунта на расстоянии h_b от уровня подстилающего слоя. Исходные данные приведены в таблице 9, схема к расчету - на рисунке 6.

Таблица 9

Номер вариант а	$b, \text{ см}$	$h, \text{ см}$	$P, \text{ МПа}$	$h_1, \text{ см}$	$\rho_1, \text{ г/см}^3$	$\rho_{s1}, \text{ г/см}^3$	W_1 д.ед	$E_{01}, \text{ МПа}$	$h_2, \text{ см}$	$\rho_2, \text{ г/см}^3$	$E_{02}, \text{ см}$	$h_b, \text{ см}$
1	240	130	0,38	320	1,98	2,65	0,12	24	760	2,01	28	160
2	120	150	0,18	280	1,89	2,66	0,09	17	360	1,95	18	120
3	280	140	0,36	360	2,05	2,65	0,12	15	750	1,92	38	110
4	160	160	0,28	350	2,09	2,66	0,14	13	370	2,02	31	220
5	140	120	0,26	310	1,99	2,67	0,11	16	420	1,89	32	150
6	200	160	0,32	460	2,02	2,66	0,13	18	440	1,97	23	290
7	320	120	0,41	520	2,09	2,67	0,15	28	820	2,06	42	230
8	240	150	0,31	390	2,01	2,65	0,13	21	690	1,91	29	170
9	160	130	0,22	430	1,94	2,65	0,10	19	390	2,08	20	240
0	200	170	0,27	410	1,96	2,66	0,11	13	480	1,99	24	100

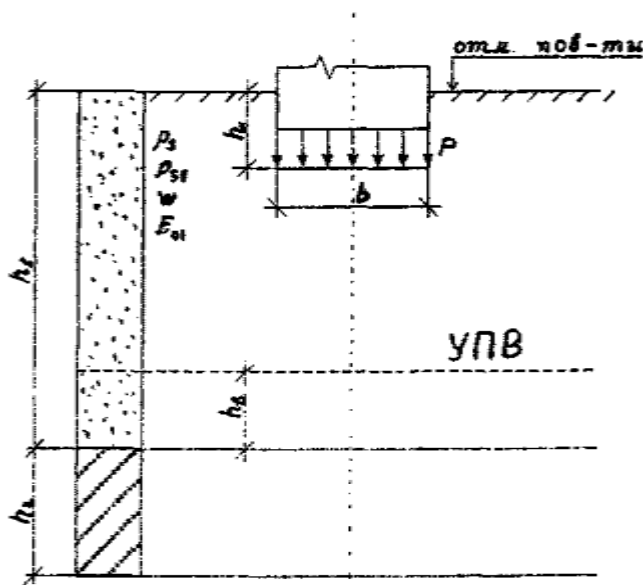


Рисунок 6 - Расчетная схема к задаче 7

Задача 8

Равномерно распределенная в пределах прямоугольной площадки $a \times b$ нагрузка интенсивностью P приложена к слою суглинка (мощностью h_1 , с коэффициентами относительной сжимаемости m_{v1} и фильтрации $k_{\phi 1}$), подстилаемому глиной (m_{v2} , $k_{\phi 2}$). Определить по методу эквивалентного слоя полную стабилизированную осадку грунтов, изменение осадки грунтов во времени в условиях одномерной задачи теории фильтрационной консолидации, построить график стабилизации осадки $S=f(t)$. Исходные данные в таблице 10, схема к расчету представлена на рисунке 7.

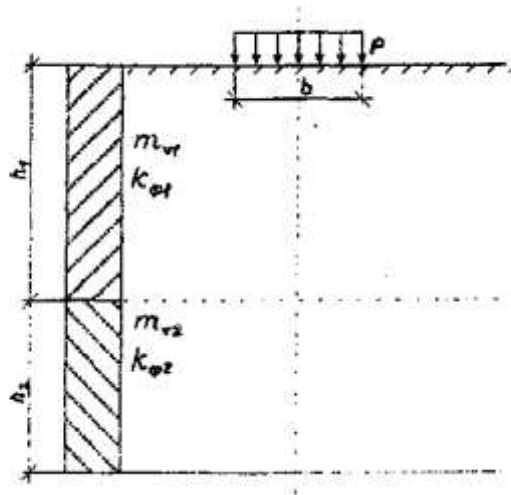


Рисунок 7 - Расчетная схема к задаче 8

Таблица 10

Номер варианта	$a_1, \text{см}$	$b_1, \text{см}$	$P_1, \text{МПа}$	$h_1, \text{см}$	$m_{v1}, \text{МПа}$	$k_{\phi 1}, \text{см/с}$	$h_2, \text{см}$	$m_{v2}, \text{МПа}^{-1}$	$k_{\phi 2}, \text{см/с}$
1	200	200	0,24	230	0,176	$2,2 \cdot 10^{-8}$	390	0,284	$4,13 \cdot 10^{-9}$
2	220	220	0,21	280	0,139	$4,3 \cdot 10^{-8}$	410	0,215	$4,6 \cdot 10^{-9}$
3	360	240	0,19	310	0,065	$1,2 \cdot 10^{-8}$	480	0,124	$2,5 \cdot 10^{-9}$
4	350	175	0,17	320	0,076	$2,4 \cdot 10^{-7}$	350	0,381	$1,8 \cdot 10^{-8}$
5	560	280	0,22	380	0,105	$5,1 \cdot 10^{-8}$	560	0,245	$6,9 \cdot 10^{-9}$
6	300	200	0,23	280	0,087	$2,3 \cdot 10^{-8}$	430	0,147	$3,8 \cdot 10^{-9}$
7	320	320	0,18	240	0,148	$1,4 \cdot 10^{-7}$	580	0,258	$5,6 \cdot 10^{-8}$
8	380	190	0,28	390	0,105	$2,7 \cdot 10^{-8}$	340	0,276	$1,6 \cdot 10^{-9}$
9	190	190	0,16	180	0,222	$1,7 \cdot 10^{-7}$	440	0,065	$8,4 \cdot 10^{-8}$
0	250	250	0,26	270	0,099	$6,4 \cdot 10^{-8}$	470	0,196	$3,2 \cdot 10^{-9}$

Примечание: При определении значения коэффициента эквивалентного слоя $A_w \text{const}$ (для абсолютно жестких фундаментов) коэффициент относительной поперечной деформации для сжимаемой толщи грунтов можно принять $\mu_0 = 0,3$.

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы

Задача 1

а) Для определения степени неоднородности гранулометрического состава песчаных грунтов строят интегральную кривую гранулометрического состава. При построении интегральной кривой гранулометрического состава грунта по оси абсцисс откладывают логарифмы размеров фракций (чтобы не получать отрицательных логарифмов, размеры частиц берут в микронах), а по оси ординат - их процентное содержание в грунте. При этом по оси ординат последовательно откладывают количество частиц каждого размера, начиная с самого мелкого. Величина ординаты для каждого размера частиц получается суммированием с данными для предыдущих размеров, так что каждая точка графика дает суммарное количество частиц данного размера и размеров, меньше данного. Полученная кривая носит название интегральной кривой гранулометрического состава (рисунок 8).

По степени неоднородности гранулометрического состава C_u крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно пункта 2.2 [1]. Степень неоднородности гранулометрического состава C_u определяется по формуле:

$$C_u = d_{60}/d_{10},$$

Где d_{60} , d_{10} - диаметры частиц, меньше которых в данном грунте содержится соответственно 60 и 10% частиц по массе (принимаются по интегральной кривой гранулометрического состава грунта).

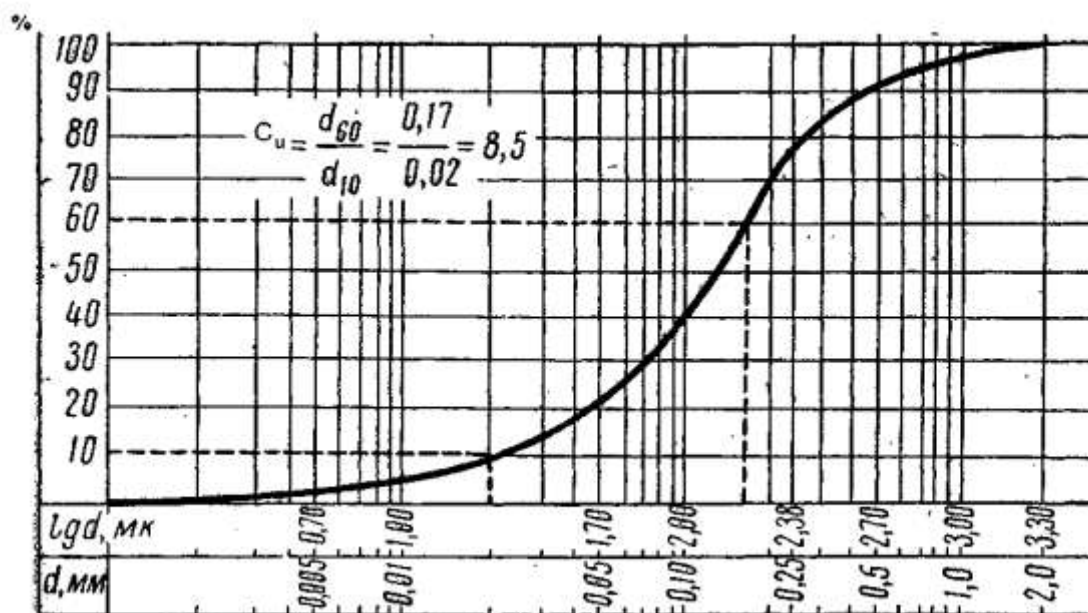


Рисунок 8 - Интегральная кривая гранулометрического состава

По гранулометрическому составу крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно таблице Б. 10 [1].

Важным показателем оценки свойств песчаных грунтов является плотность их сложения. Пески по плотности их сложения подразделяются в зависимости от коэффициента пористости в естественном состоянии на плотные, средней плотности и рыхлые согласно таблице Б. 18 [1].

Значения коэффициента пористости e можно определить по формуле:

$$e = \frac{\rho_s (1 + w)}{\rho} - 1,$$

где ρ_s - плотность частиц грунта; -0

w - природная влажность;

ρ - плотность грунта.

Разновидность песчаных грунтов по степени влажности S_r определяется согласно таблице Б. 17 [1]:

$$S_r = \frac{\rho_s * w}{e * \rho_w},$$

где ρ_w - плотность воды ($\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$).

Тип глинистого грунта определяется по числу пластичности I_P согласно таблице Б. 11[1].

$$I_P = (w_L - w_P) * 100\%,$$

где w_L - влажность на границе текучести,

w_P - влажность на границе раскатывания.

Разновидность глинистого грунта по консистенции устанавливает показатель текучести I_L :

$$I_L = w - w_P / w_L - w_P,$$

где w - природная влажность грунта,

w_L - влажность на границе текучести,

w_P влажность на границе раскатывания.

По показателю текучести I_L глинистые грунты подразделяют согласно таблице Б.14 [1].

При предварительной оценке к просадочным грунтам относятся лёссы и лёссовидные грунты (а также некоторые виды покровных глинистых грунтов)

со степенью влажности $S_r < 0,8$, для которых значение показателя Π меньше значений, приведенных в таблице 11.

Показатель Π определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{e_1 - e}{1 + e},$$

e_1 - коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести w_L :

$$e_1 = w_L * \frac{\rho_s}{\rho_w};$$

e - коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности.

Таблица 11

Число пластичности I_p	$1 < I_p < 10$	$10 < I_p < 14$	$14 < I_p < 22$
Показатель Π	0,1	0,17	0,24

При предварительной оценке к набухающим от намачивания водой относятся глинистые грунты, для которых показатель $\Pi > 0,3$.

б) Для определения коэффициента относительной сжимаемости грунта необходимо вычислить коэффициенты пористости грунта e_i соответствующие заданным ступеням нагрузки по формуле

$$e_i = e_0 - \frac{S_i}{h} (1 + e_0),$$

где e_i - искомое значение коэффициента пористости грунта после уплотнения поднагрузкой P_i ;

e_0 - начальное (до уплотнения) значение коэффициента пористости грунта;

S_i - полная осадка образца грунта при заданной нагрузке P_i , измеренной от начала загрузки;

h - начальная (до уплотнения) высота образца грунта ($h = 25$ мм).

Коэффициент относительной сжимаемости грунта m_v определяется по формуле:

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0},$$

где $m_0 = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1}$ - коэффициент сжимаемости грунта для заданного

расчётного интервала давлений. Здесь e_1 и e_2 - коэффициенты пористости, соответствующие давлениям P_1 и P_2 ;

$P_2 - P_1 = P$ - заданный расчётный интервал давлений (действующее давление).

Числовые значения коэффициента относительной сжимаемости m_v , позволяют судить о сжимаемости грунтов.

При $m_v > 0,5 \text{ МПа}^{-1}$ - грунт сильносжимаемый;

$0,05 \text{ МПа}^{-1} < m_v < 0,5 \text{ МПа}^{-1}$ - среднесжимаемый;

$m_v < 0,05 \text{ МПа}^{-1}$ - малосжимаемый.

в) Для определения нормативного значения угла внутреннего трения φ_n следует пользоваться формулами, составленными на основе законов математической статистики [2]:

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{1}{\Delta} \left(n \sum_{i=1}^n \tau_i P_i - \sum_{i=1}^n \tau_i \sum_{i=1}^n P_i \right),$$

где n - число экспериментов по определению сопротивления грунта сдвигу τ_i , при давлении P_i ;

Δ - общий знаменатель этого выражения, определяемый по формуле:

$$\Delta = n \sum_{i=1}^n P_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2.$$

Примеры определения нормативного значения угла внутреннего трения φ_n и построения графиков сдвига приведены в литературе [8].

Задача 2

Для случая, когда к горизонтальной поверхности грунта приложено несколько сосредоточенных сил ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$), значения вертикальных составляющих напряжений σ_{z_i} в любой точке массива грунта можно определить суммированием составляющих напряжений от действия каждой силы в отдельности с использованием зависимости:

$$\sigma = \frac{1}{z_i^2} (k_1 P_1 + k_2 P_2 + k_3 P_3 + \dots + k_n P_n) = \frac{1}{z_i^2} \sum_{i=1}^n k_i P_i,$$

где k_i - коэффициент, являющийся функцией отношения r/z .

Здесь r ; - расстояние по горизонтальной оси от рассматриваемой точки до оси z , проходящей через точку приложения сосредоточенной силы P_i ;

z_i - глубина рассматриваемой точки от плоскости приложения сосредоточенной силы.

Значения коэффициента k_i приведены в таблице 12. При построении расчётной схемы и эпюр напряжений следует принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1 см. Примеры расчёта приведены в [7].

Таблица 12 - Значение коэффициента k для вычисления сжимающих напряжений от действия сосредоточенной силы в зависимости от соотношения r/z

r/z	K	r/z	K	r/z	K	r/z	K
0,00	0,4775	0,50	0,2733	1,00	0,0844	1,50	0,0251
0,01	0,4773	0,51	0,2679	1,01	0,0823	1,51	0,0245
0,02	0,4770	0,52	0,2625	1,02	0,0803	1,52	0,0240
0,03	0,4764	0,53	0,2571	1,03	0,0783	1,53	0,0234
0,04	0,4756	0,54	0,2518	1,04	0,0764	1,54	0,0229
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0744	1,55	0,0224
0,06	0,4732	0,56	0,2414	1,06	0,0727	1,56	0,0219
0,07	0,4717	0,57	0,2363	1,07	0,0709	1,57	0,0214
0,08	0,4699	0,58	0,2313	1,08	0,0691	1,58	0,0209
0,09	0,4679	0,59	0,2263	1,09	0,0674	1,59	0,0204
0,10	0,4657	0,60	0,2214	1,10	0,0658	1,60	0,0200
0,11	0,4633	0,61	0,2165	1,11	0,0641	1,61	0,0195
0,12	0,4607	0,62	0,2117	1,12	0,0626	1,62	0,0191
0,13	0,4579	0,63	0,2070	1,13	0,0610	1,63	0,0187
0,14	0,4548	0,64	0,2024	1,14	0,0595	1,64	0,0183
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,65	0,0179
0,16	0,4482	0,66	0,1934	1,16	0,0567	1,66	0,0175
0,17	0,4446	0,67	0,1889	1,17	0,0553	1,67	0,0171
0,18	0,4409	0,68	0,1846	1,18	0,0539	1,68	0,0167
0,19	0,4370	0,69	0,1804	1,19	0,0526	1,69	0,0163
0,20	0,4329	0,70	0,1762	1,20	0,0513	1,70	0,0160
0,21	0,4286	0,71	0,1721	1,21	0,0501	1,72	0,0153
0,22	0,4242	0,72	0,1681	1,22	0,0489	1,74	0,0147
0,23	0,4197	0,73	0,1641	1,23	0,0477	1,76	0,0141
0,24	0,4151	0,74	0,1603	1,24	0,0466	1,78	0,0135
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	1,80	0,0129
0,26	0,4054	0,76	0,1527	1,26	0,0443	1,82	0,0124
0,27	0,4004	0,77	0,1491	1,27	0,0433	1,84	0,0119
0,28	0,3954	0,78	0,1455	1,28	0,0422	1,86	0,0114
0,29	0,3902	0,79	0,1420	1,29	0,0412	1,88	0,0109
0,30	0,3849	0,80	0,1386	1,30	0,0402	1,90	0,0105
0,31	0,3796	0,81	0,1353	1,31	0,0393	1,92	0,0101
0,32	0,3742	0,82	0,1320	1,32	0,0384	1,94	0,0097
0,33	0,3687	0,83	0,1288	1,33	0,0374	1,96	0,0093
0,34	0,3632	0,84	0,1257	1,34	0,0365	1,98	0,0089
0,35	0,3577	0,85	0,1226	1,35	0,0357	2,00	0,0085
0,36	0,3521	0,86	0,1196	1,36	0,0348	2,10	0,0070
0,37	0,346a	0,87	0,1166	1,37	0,0340	2,20	0,0058
0,38	0,3408	0,88	0,1138	1,38	0,0332	2,30	0,0048
0,39	0,3351	0,89	0,1110	1,39	0,0324	2,40	0,0040
0,40	0,3294	0,90	0,1083	1,40	0,0317	2,50	0,0034
0,41	0,3238	0,91	0,1057	1,41	0,0309	2,60	0,0029
0,42	0,3181	0,92	0,1031	1,42	0,0302	2,70	0,0024
0,43	0,3124	0,93	0,1005	1,43	0,0295	2,80	0,0021
0,44	0,3068	0,94	0,0981	1,44	0,0288	2,90	0,0017
0,45	0,3011	0,95	0,0956	1,45	0,0282	3,00	0,0015
0,46	0,2955	0,96	0,0933	1,46	0,0275	3,50	0,0007
0,47	0,2899	0,97	0,0910	1,47	0,0269	4,00	0,0004
0,48	0,2843	0,98	0,0887	1,48	0,0263	4,50	0,0002
0,49	0,2788	0,99	0,0865	1,49	0,0257	5,00	0,0001

Задача 3

Распределение по глубине вертикальных составляющих напряжений σ_{zC} в любой точке массива грунта от действующей равномерно распределённой нагрузки в пределах или за пределами плит нагружения может быть определено по методу угловых точек по формуле:

$$\sigma_{zC} = k_C P$$

где k_C - коэффициент, определяемый в зависимости от отношения сторон прямоугольной площадки загрузки l/b (l - большая сторона, b - ширина) и отношения z/b (z - глубина, на которой определяется напряжение σ_{zC});

P - интенсивность равномерно распределённой нагрузки.

Метод угловых точек для определения сжимающих напряжений σ_z применяют в случае, когда грузовая площадь может быть разбита на такие прямоугольники, чтобы рассматриваемая точка оказалась *угловой*. Тогда сжимающее напряжение в этой точке (для горизонтальных площадок, параллельных плоской границе полупространства) будет равно алгебраической сумме напряжений от прямоугольных площадей загрузки, для которых эта точка является угловой.

Поясним сказанное, рассмотрев три основных случая:

- 1) точка M находится на контуре прямоугольника внешних давлений (рисунок 9, а);
- 2) точка M - внутри прямоугольника давлений (рисунок 9, б);
- 3) точка M - вне прямоугольника давлений (рисунок 9, в).

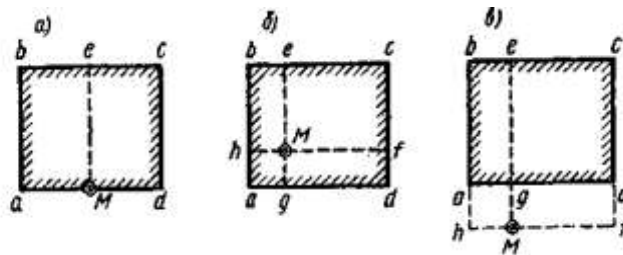


Рисунок 9 - Схема разбивки прямоугольной площади загрузки при определении напряжений по методу угловых точек

В первом случае величина σ_z определится как сумма двух угловых напряжений, соответствующих прямоугольникам нагрузки $Mabe$ и $Mecd$, т.е.

$$\sigma_z = (k_{1C} + k_{2C})P$$

Во втором случае необходимо суммировать угловые напряжения от четырех прямоугольных площадей загрузки: $Mgab$, $Mhbe$, $Mecf$ и $Mfdg$, т.е.

$$\sigma_z = (k_{1C} + k_{2C} + k_{3C} + k_{4C})P$$

В третьем случае напряжение в точке M складывается из суммы напряжений от действия нагрузки по прямоугольникам $Mhbe$ и $Mecf$, взятых со знаком «плюс», и напряжений от действия нагрузки по прямоугольникам $Mhdf$ и $Mgdf$, взятых со знаком «минус», т.е.

$$\sigma_z = (k_{1c} - k_{2c} - k_{3c} - k_{4c})P$$

Значения коэффициента k_{ic} приведены в таблице 13. Масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1 см. Примеры расчёта приведены в [7].

Таблица 13 - Значения коэффициента k_{ic}

$\beta = \frac{z}{b}$	Значения $\alpha = l/b$										
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0,0	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
0,2	0,2486	0,2489	0,2490	0,2491	0,2491	0,2491	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,249
0,4	0,2401	0,2420	0,2429	0,2434	0,2437	0,2439	0,2440	0,2441	0,2442	0,2442	0,244
0,6	0,2229	0,2275	0,2300	0,2515	0,2324	0,2329	0,2333	0,2335	0,2337	0,2338	0,2339
0,8	0,1999	0,2075	0,2120	0,2147	0,2165	0,2176	0,2183	0,2188	0,2192	0,2194	0,2196
1,0	0,1752	0,1851	0,1911	0,1955	0,1981	0,1999	0,2012	0,2020	0,2026	0,2031	0,2034
1,2	0,1510	0,1626	0,1705	0,1758	0,1793	0,1818	0,1836	0,1849	0,1858	0,1865	0,1870
1,4	0,1308	0,1423	0,1508	0,1569	0,1613	0,1644	0,1667	0,1685	0,1696	0,1705	0,1712
1,6	0,1123	0,1241	0,1329	0,1396	0,1445	0,1482	0,1509	0,1530	0,1545	0,1557	0,1567
1,8	0,0969	0,1083	0,1172	0,1241	0,1294	0,1334	0,1365	0,1389	0,1408	0,1423	0,1434
2,0	0,0840	0,0947	0,1034	0,1103	0,1158	0,1204	0,1236	0,1263	0,1284	0,1390	0,1314
2,2	0,0732	0,0832	0,0917	0,0984	0,1039	0,1084	0,1120	0,1149	0,1172	0,1191	0,1205
2,4	0,0642	0,0734	0,0813	0,0879	0,0934	0,0979	0,1016	0,1047	0,4071	0,1092	0,1108
2,6	0,0566	0,0651	0,0725	0,0788	0,0842	0,0887	0,0924	0,0955	0,0981	0,1003	0,1020
2,8	0,0502	0,0580	0,0649	0,0709	0,0761	0,0805	0,0842	0,0875	0,0900	0,0923	0,0942
3,0	0,0447	0,0519	0,0583	0,0640	0,0680	0,0732	0,0769	0,0801	0,0828	0,0851	0,0870
3,2	0,0401	0,0467	0,0526	0,0580	0,0627	0,0668	0,0704	0,0735	0,0762	0,0786	0,0806
3,4	0,0361	0,0421	0,0477	0,0527	0,0571	0,0611	0,0646	0,0677	0,0704	0,0727	0,0747
3,6	0,0326	0,0382	0,0433	0,0480	0,0523	0,0561	0,0594	0,0624	0,0651	0,0674	0,0694
3,8	0,0296	0,0348	0,0395	0,0439	0,0479	0,0516	0,0548	0,0577	0,0603	0,0626	0,0646
4,0	0,0270	0,0318	0,0362	0,0403	0,0441	0,0474	0,0507	0,0535	0,0560	0,0588	0,0603
4,2	0,0247	0,0291	0,0333	0,0371	0,0407	0,0430	0,0469	0,0496	0,0521	0,0543	0,0563
4,4	0,0227	0,0268	0,0306	0,0343	0,0376	0,0407	0,0436	0,0462	0,0485	0,0507	0,0527
4,6	0,0209	0,0247	0,0283	0,0317	0,0348	0,0378	0,0405	0,0430	0,0453	0,0474	0,0493
4,8	0,0193	0,0229	0,0262	0,0294	0,0324	0,0352	0,0378	0,0402	0,0424	0,0444	0,0463
5,0	0,0179	0,0212	0,0243	0,0274	0,0302	0,0328	0,0353	0,0376	0,0397	0,0417	0,0435
6,0	0,0127	0,0151	0,0174	0,0196	0,0218	0,0238	0,0257	0,0276	0,0293	0,0310	0,0325
7,0	0,0094	0,0112	0,0130	0,0147	0,0164	0,0180	0,0195	0,0210	0,0224	0,0238	0,0251
8,0	0,0073	0,0087	0,0101	0,0114	0,0127	0,0140	0,0153	0,0165	0,0176	0,0187	0,0198
9,0	0,0058	0,0069	0,0080	0,0091	0,0102	0,0112	0,0122	0,0132	0,0142	0,0152	0,0161
10,0	0,0047	0,0056	0,0065	0,0074	0,0083	0,0092	0,0100	0,0109	0,0117	0,0125	0,0132

Продолжение таблицы 13

$\beta = \frac{z}{b}$	Значения $\alpha = l/b$										
	3,2	3,4	3,6	3,8	4	5	6	7	8	9	10
0,0	0,2500	0,2500	0,2590	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
0,2	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492
0,4	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	В, 2442	0,2443	0,2443	0,2443
0,6	0,2340	0,2340	0,2341	0,2341'	0,2341	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342
0,8	0,2198	0,2199	0,2199	0,2200	0,2200	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202
1,0	0,2037	0,2039	0,2040	0,2841	0,2642	0,2044	0,2045	0,2045	0,2046	0,2046	0,2046
1,2	0,1873	0,1876	0,1878	0,1880	0,1882	0,1885	0,1887	0,1888	0,1888	0,1888	0,1888
1,4	0,1718	0,1722	0,1725	0,1728	0,1730	0,1735	0,1738	0,1739	0,1739	0,1739	0,1740
1,6	0,1574	0,1580	0,1584	0,1587	0,1590	0,1598	0,1601	0,1602	0,1603	0,1604	0,1604
1,8	0,1443	0,1450	0,1455	0,1460	0,1463	0,1474	0,1478	0,1480	0,1481	0,1482	0,1482
2,0	0,1324	0,1332	0,1339	0,1345	0,1350	0,1363	0,1368	0,1371	0,1372	0,1373	0,1374
2,2	0,1218	0,1227	0,1235	0,1242	0,1248	0,1264	0,1271	0,1274	0,1276	0,1277	0,1277
2,4	0,1122	0,1133	0,1142	0,1150	0,1156	0,1175	0,1184	0,1188	0,1190	0,1191	0,1192
2,6	0,1035	0,1047	0,1058	0,1066	0,1073	0,1095	0,1106	0,1111	0,1113	0,1115	0,1116
2,8	0,0957	0,0970	0,0982	0,0991	0,0999	0,1024	0,1036	0,1041	0,1045	0,1047	0,1048
3,0	0,0887	0,0901	0,0913	0,0923	0,0931	0,0959	0,0973	0,0980	0,0983	0,0986	0,0987
3,2	0,0823	0,0838	0,0850	0,0861	0,0870	0,0900	0,0916	0,0923	0,0928	0,0930	0,0933
3,4	0,0765	0,0780	0,0793	0,0804	0,0814	0,0847	0,0864	0,0873	0,0877	0,0880	0,0882
3,6	0,0712	0,0728	0,0741	0,0753	0,0763	0,0799	0,0816	0,0826	0,0832	0,0835	0,0837
3,8	0,0664	0,0680	0,0694	0,0706	0,0717	0,0753	0,0773	0,0784	0,0790	0,0794	0,0796
4,0	0,0620	0,0636	0,0650	0,0663	0,0674	0,0712	0,0733	0,0745	0,0752	0,0756	0,0758
4,2	0,0581	0,0596	0,0610	0,0623	0,0634	0,0674	0,0696	0,0709	0,0716	0,0721	0,0724
4,4	0,0544	0,0560	0,0574	0,0586	0,0597	0,0639	0,0622	0,0676	0,0684	0,0689	0,0692
4,6	0,0510	0,0526	0,0540	0,0553	0,0564	0,0606	0,0630	0,0644	0,0654	0,0659	0,0663
4,8	0,0480	0,0495	0,0509	0,0522	0,0533	0,0576	0,0601	0,0616	0,0626	0,063	0,0635
5,0	0,0451	0,0466	0,0480	0,0493	0,0504	0,0547	0,0573	0,0589	0,0599	0,0606	0,0610
6,0	0,0340	0,0Г53	0,0366	0,0377	0,0388	0,0431	0,0460	0,0479	0,0491	0,0500	0,0506
7,0	0,0263	0,0275	0,0286	0,0296	0,0306	0,0346	0,0376	0,0396	0,0411	0,0421	0,0428
8,0	0,0209	0,0219	0,0228	0,0237	0,0246	0,0283	0,0311	0,0332	0,0348	0,0359	0,0367
9,0	0,0169	0,0178	0,0186	0,0194	0,0202	0,0235	0,0262	0,0282	0,0298	0,0310	0,0319
10,0	0,0140	0,0147	0,0154	0,0162	0,0167	0,0198	0,0222	0,0242	0,0258	0,0270	0,0280

Задача 4

Для случая действия на поверхности грунта нагрузки, распределённой в пределах гибкой полосы по трапецидальной эпюре, значение вертикального сжимаемого напряжения в заданной точке массива грунта определяют путём суммирования напряжений от прямоугольного и треугольного элементов эпюр внешней нагрузки.

Вертикальные напряжения σ_z , возникающие от действия полосообразной равномерно распределённой нагрузки (прямоугольный элемент эпюры внешней нагрузки), определяют по формуле:

$$\sigma_z = k_z P,$$

где k_z - коэффициент, определяемый в зависимости от значения относительных координат z/b и y/b (таблица 14);

b - ширина загруженной полосы;

z - глубина рассматриваемой точки;

y - расстояние от середины загруженной полосы до точки;

P - вертикальная равномерно распределённая нагрузка.

Таблица 14 - Значения коэффициентов влияния k_z, k_y, k_{yz} для определения составляющих напряжений в случае действия равномерно распределенной нагрузки

$\frac{z}{b}$	Значения y/b																	
	0			0,25			0,5			1			1,5			2		
	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}	K_z	K_y	K_{yz}
0,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	0	0,50	0,50	0,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	0,10	0,41	0,09	0,16	0,19	0,15	0,16	0,07	0,14	0,10	0,03	0,13	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	0,16	—	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Вертикальные напряжения σ'_z , возникающие от действия полосообразной неравномерно распределённой нагрузки (треугольный элемент эпюры внешне нагрузки), определяют по формуле:

$$\sigma'_z = k'_z P,$$

где k'_z - коэффициент, определяемый в зависимости от значения относительных координат z/b и y'/b (таблица 15);

b - ширина загруженной полосы;

z - глубина рассматриваемой точки;

y' - расстояние от середины загруженной полосы до точки;

P – наибольшая ордината треугольной нагрузки.

Таблица 15 - Значения коэффициента влияния k'_z для определения напряжения в случае действия неравномерно распределенной нагрузки

z/b	Значения y/b										
	-1,5	-1	-0,5	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,500	0,750	0,500	0,000	0,000	0,000
0,25	-	-	0,001	0,075	0,256	0,480	0,643	0,424	0,015	0,003	0,000
0,5	0,002	0,003	0,023	0,127	0,263	0,410	0,477	0,353	0,056	0,017	0,003
0,75	0,006	0,016	0,042	0,153	0,248	0,335	0,361	0,293	0,108	0,024	0,009
1,00	0,014	0,025	0,061	0,159	0,223	0,275	0,279	0,241	0,129	0,045	0,013
1,50	0,020	0,048	0,096	0,145	0,178	0,200	0,202	0,185	0,124	0,062	0,041
2,00	0,033	0,061	0,092	0,127	0,146	0,155	0,163	0,153	0,108	0,069	0,050
3,00	0,050	0,064	0,080	0,096	0,103	0,104	0,108	0,104	0,090	0,071	0,050
4,00	0,051	0,060	0,067	0,075	0,078	0,085	0,082	0,075	0,073	0,060	0,049
5,00	0,047	0,052	0,057	0,059	0,062	0,063	0,063	0,065	0,061	0,051	0,047
6,00	0,041	0,041	0,050	0,051	0,052	0,053	0,053	0,053	0,050	0,050	0,045

При построении расчётной схемы и эпюр напряжений следует принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1 см.

Задача 5

В проектной практике широко распространён расчёт устойчивости откоса по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Сущность применения этого метода сводится к следующему. Задаются центром вращения O откоса AB (рисунок 10). Для откосов в однородной толще грунтов при определении ординат центра наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения можно пользоваться графиком Ямбу (рисунок 11). Проводят след круглоцилиндрической поверхности радиусом R через точку A . Призму обрушения ABC делят вертикальными плоскостями на n отсеков.

Суммируют силу тяжести каждого отсека с его внешней нагрузкой и сносят равнодействующую на поверхность скольжения. Эту силу P_i для каждого отсека раскладывают на две составляющие: N_i , действующую нормально к заданной поверхности скольжения, и T_i касательную к этой поверхности. Кроме того, учитывают сцепление грунта по всей поверхности скольжения. За коэффициент устойчивости откоса η принимают отношение момента сил $M_{уд}$, удерживающих откос от сдвига, к моменту сдвигающих сил $M_{сдв}$

$$\eta = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{i=n} (N_i * tg \varphi + c_i * L_i) \right) * R}{\sum_{i=1}^{i=n} T_i * R},$$

где n - число отсеков, на которые делится призма обрушения;

$N_i = P_i \cdot \cos \theta_i$ - нормальная составляющая от веса отсека P_i .

Здесь P_i - вес расчётного отсека, θ_i - угол между направлением силы P_i и нормальной составляющей N_i ;

φ - угол внутреннего трения;

c_i - удельное сцепление;

L_i - длина дуги скольжения;

R - радиус круглоцилиндрической дуги скольжения;

$T_i = P_i \cdot \sin \theta_i$ - касательная составляющая от веса отсека P_i .

При расчёте η значение момента принимается отрицательным для восходящей ветви дуги скольжения и положительным - для нисходящей.

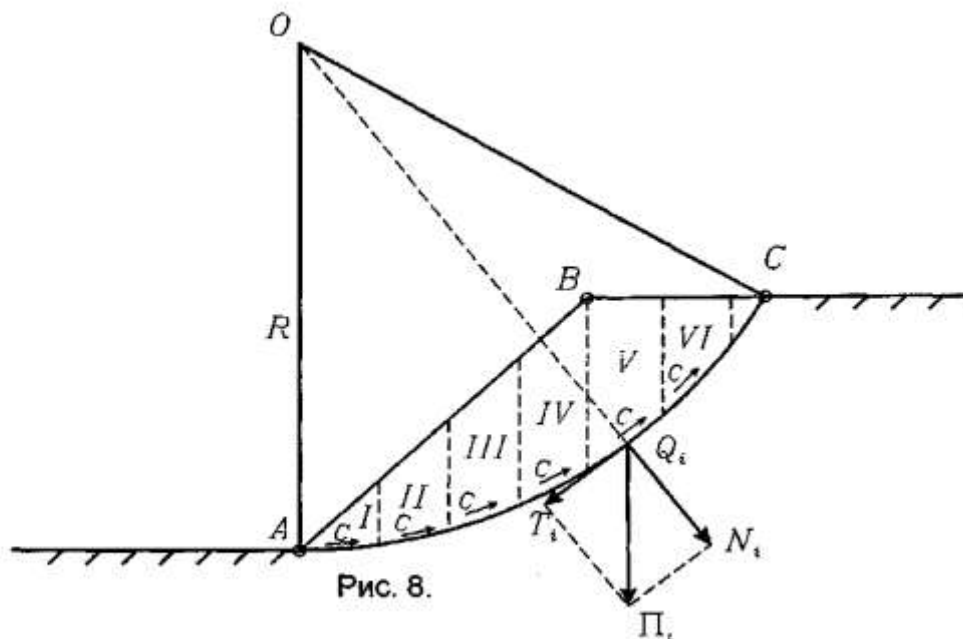


Рисунок 10 - Схема действия сил

Радиус круглоцилиндрической дуги скольжения R , а также ширину и высоту отсеков допускается определять графически с расчётной схемы, выполняемой в масштабе 1:100. Для расчёта выделяют 1 п.м по длине откоса (перпендикулярно к плоскости чертежа). Вес расчётного отсека определяется как произведение плотности грунта на объём отсека.

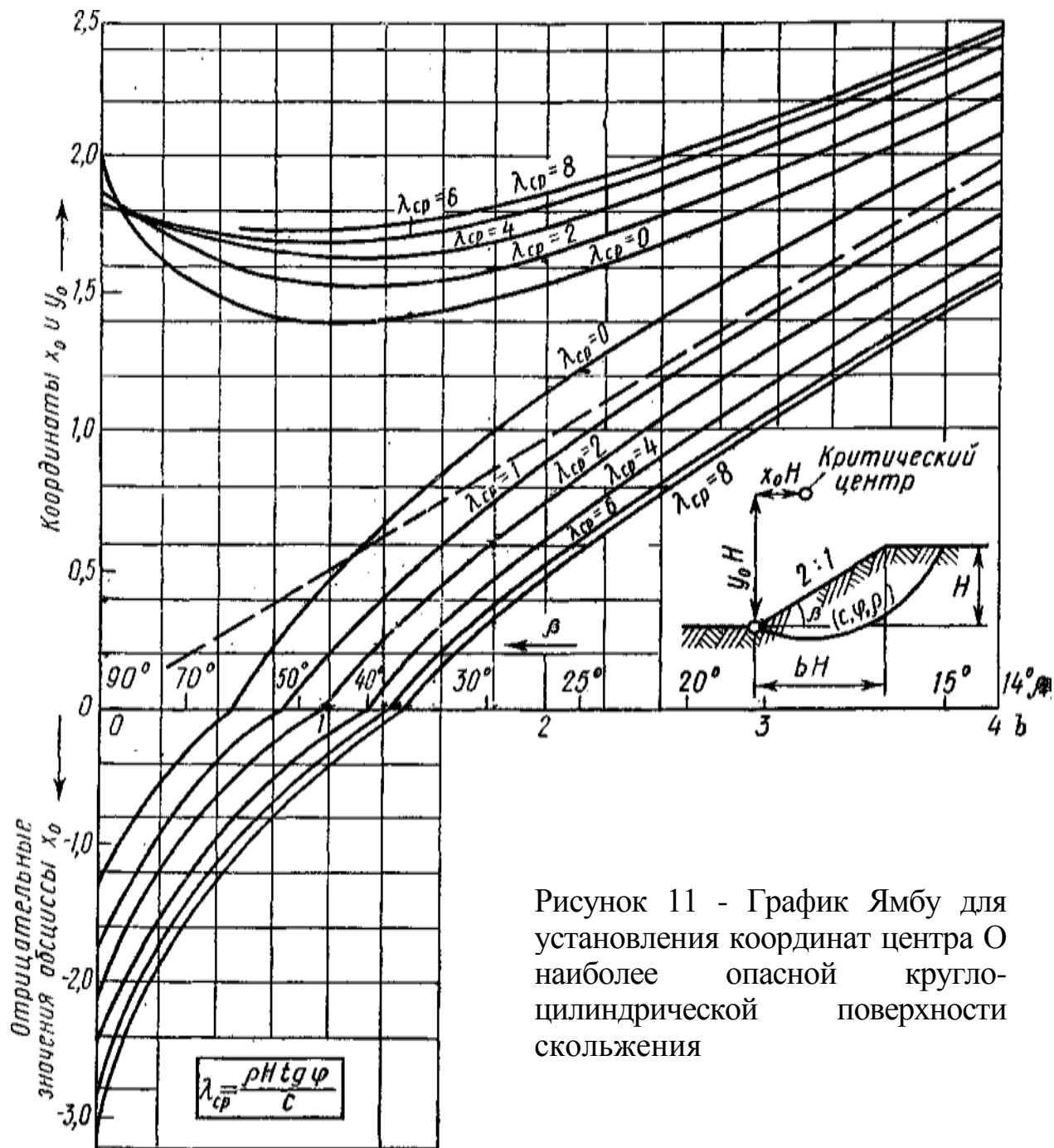


Рисунок 11 - График Ямбу для установления координат центра O наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения

Задача 6

Определение давления грунта на вертикальную гладкую подпорную стенку с учётом внутреннего трения и сцепления грунта проводится по формулам:

активное давление грунта σ_{2a} в любой точке стенки

$$\sigma_{2a} = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$

где z - расстояние точки от поверхности засыпки;
пассивное давление грунта σ_{2n} в любой точке стенки

$$\sigma_{2n} = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right),$$

равнодействующая E_a активного давления грунта

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2cH \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2c^2}{\gamma},$$

где H - высота подпорной стенки;
равнодействующая E_n пассивного давления грунта

$$E_n = \frac{1}{2} \gamma \cdot h_{\text{загл}}^2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot h_{\text{загл}} \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right),$$

где $h_{\text{загл}}$ - заглубление фундамента подпорной стенки.

Точка приложения E_a находится от подошвы фундамента подпорной стенки на расстоянии $l_a = 1/3 \cdot (H - h_c)$, где h_c - высота верхней части стенки, не воспринимающей давления грунта, определяемая по формуле:

$$h_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}$$

Точка приложения E_n находится на высоте l_n от подошвы фундамента подпорной стенки:

$$l_n = \frac{h_{\text{загл}}}{3} \cdot \frac{a + 2d}{a + d}$$

Где a - пассивное давление грунта в уровне подошвы фундамента при $z = h_{\text{загл}}$;

d - пассивное давление грунта в уровне обреза фундамента при $z = 0$.

Для построения расчётной схемы и эпюр активного и пассивного давлений грунта на подпорную стенку следует принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб давлений 0,025 МПа 1см. Примеры расчёта приведены в [5,7].

Для определения давления грунта на подпорную стенку графическим методом можно использовать построения Ш. Кулона. Этот метод основан на построении силовых треугольников и справедлив для общего случая засыпки грунта за подпорной стенкой, любой ее формы и любого наклона задней грани стенки.

Через нижнее ребро A (рисунок 12) подпорной стенки проводим несколько возможных плоскостей скольжения — AC_1, AC_2, AC_3, \dots . Для каждой из призм обрушения, например призмы ABC_1 , строим силовой треугольник, отложив в масштабе от некоторой точки O величину Q_1 , равную весу призмы ABC_1 , и проведя линию, параллельную реакции неподвижной части массива грунта R_1 , направленной под углом φ к перпендикуляру плоскости скольжения AC_1 , и линию, параллельную реакции подпорной стенки E_1 , направленную под углом трения φ_0 стенки о грунт. Как правило, для глины принимают $\varphi_0 = 0$, для сыпучих грунтов $\varphi_0 = 0,67\varphi$.

Из условия замыкания силового треугольника по масштабу сил определим значения R_1 и E_1 . Далее строим силовые треугольники для призм обрушения ABC_2 и ABC_3 и т. д., при этом направление реакции подпорной стенки остается неизменным, а направление реакции R_i будет меняться в зависимости от угла наклона плоскости скольжения α_i .

Действие сплошной равномерно распределённой нагрузки горизонтальной поверхности засыпки грунта в этом случае заменяется эквивалентной высотой слоя грунта

$$h = q / \gamma .$$

Построение удобно расположить так, как показано на рисунке 12. Из этого построения легко определяется E_{\max} по точке касания прямой, проведенной параллельно Q к кривой V_1, V_2, V_3 изменения давления E . Для получения E_{\max} надо провести через найденную точку касания прямую, параллельную направлению E , и измерить полученный отрезок в масштабе сил.

Силу Q легко определить, рассматривая равновесие участка подпорной стенки длиной 1м:

$$Q_i = S_{\Delta ADC_i} \cdot 1 \cdot \gamma ,$$

где $S_{\Delta ADC_i}$ - площадь призмы обрушения,
 γ - удельный вес грунта.

Масштаб расстояний для графического определения рекомендуется принять 1:50.

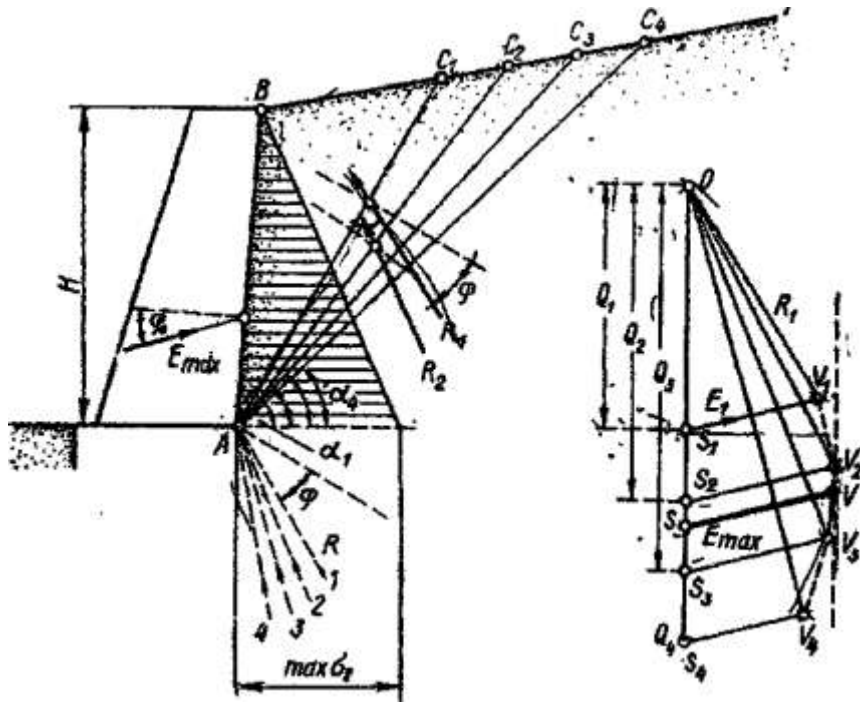
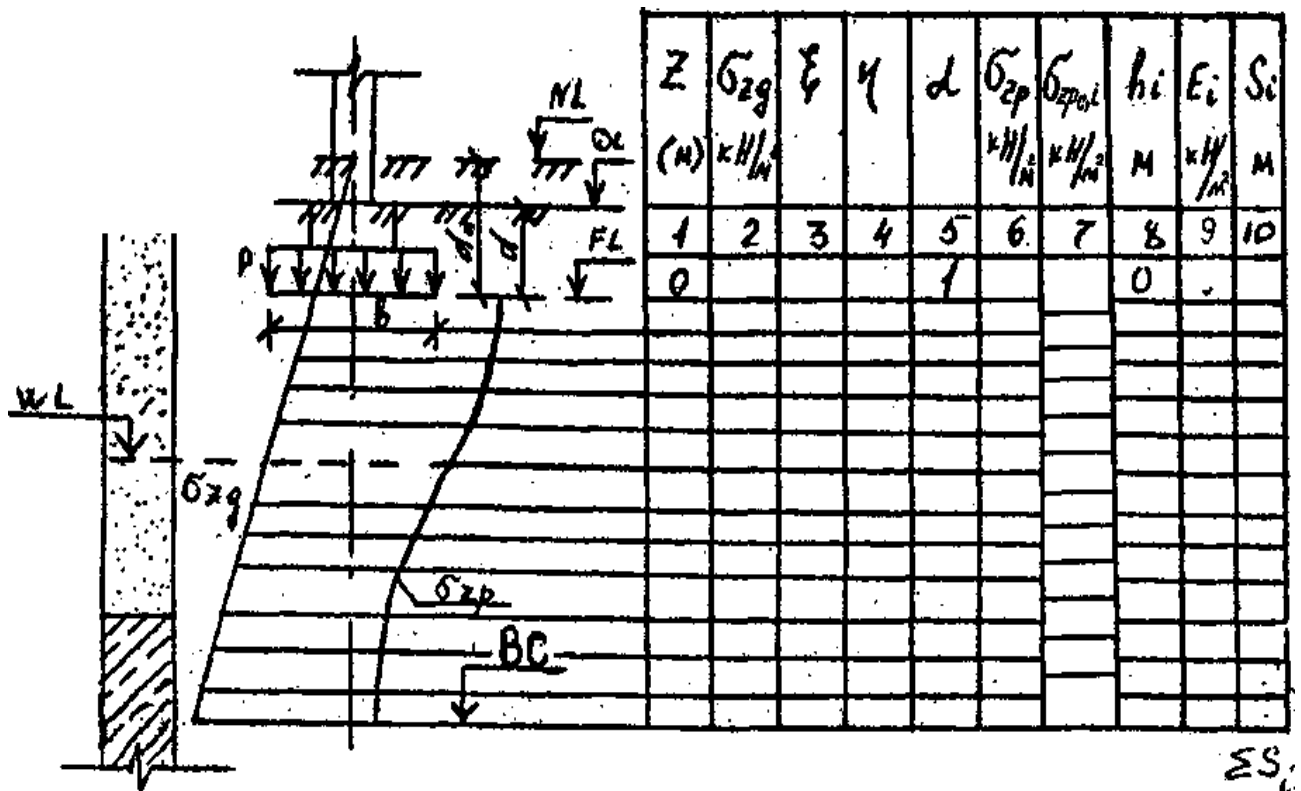


Рисунок 12 - Графическое определение максимального давления на подпорную стенку.

Задача 7

Последовательность расчета.

1. Контуры фундамента наносят на геологический разрез.



2. Грунт под подошвой фундамента разбивают на слои толщиной:
 $h_i < 0,2 b$
 В пределах выделенного слоя грунт должен быть однородным.
3. Строят эпюру природного напряжения

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i$$

где n - число слоев, на которые разбивается грунтовая толща под подошву фундамента;

γ_i - удельный вес i -го слоя, кН/м^3 ;

h_i - толщина i -го слоя, м.

Для водопроницаемых грунтов (песков, супесей) ниже уровня подземных вод учитывается взвешивающее действие воды. В этом случае удельный вес грунта определяют по формуле:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) / (1 + e)$$

где

γ_s - удельный вес частиц грунта, принимаемый равным для песчаного грунта 26 кН/м^3 , γ_w - удельный вес воды, принимаемый равным 10 кН/м^3 ; e - коэффициент пористости.

$$e = \frac{\rho_s (1 + w)}{\rho} - 1$$

Водонепроницаемые суглинки и глины рассматриваются как водоупорные слои, поэтому на них передается гидростатическое давление:

$$P_w = \gamma_w \cdot h_B,$$

где h_B - расстояние от уровня подземных вод до водоупорного слоя, м.

Эпюра σ_{zg} - прямолинейная, переломы совпадают с границами слоев. Начало эпюры соответствует уровню природного рельефа.

4. Определяют дополнительное напряжение по подошве фундамента

$$\sigma_{zg,0} = P - \sigma_{zg,0}$$

где P - среднее давление под подошвой фундамента, кН/м^2 ;

$\sigma_{zg,0}$ - природное напряжение под подошвой фундамента, кН/м^2 ;

5. Строят эпюру дополнительных вертикальных напряжений под подошвой фундамента:

$$\sigma_{zp} = \alpha \sigma_{zp,0}$$

где α - коэффициент, принимаемый по таблице 16 в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента $\eta = l/b$ и относительной глубины, равной $\zeta = 2z/b$.

6. Эпюры природного напряжения σ_{zg} и дополнительного напряжения σ_{zp} строят до глубины, которая называется нижней границей сжимаемой толщи - В.С. Она устанавливается из условия:

$$\sigma_{zp} \leq 0,2\sigma_{zg}$$

Если нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации $E \leq 5$ МПа, или такой слой залегает непосредственно ниже этой границы, то этот слой должен быть включен в состав сжимаемой толщи.

В этом случае нижнюю границу сжимаемой толщи определяют из условия:

$$\sigma_{zp} \leq 0,1\sigma_{zg}$$

7. Определяют среднее дополнительное напряжение в 1-м слое грунта:

$$\sigma_{zpc,i} = \frac{\sigma_{zp,i} + \sigma_{zp,i+1}}{2}$$

где $\sigma_{zp,i}, \sigma_{zp,i+1}$ - дополнительные напряжения на верхней и нижней границах i -го слоя.

8. Определяют осадку 1-го слоя:

$$s_i = \beta \frac{\sigma_{zpc,i} * h_i}{E_i}$$

Где $\beta = 0,8$ - безразмерный коэффициент;

E_i - модуль деформации 1-го слоя грунта, кН/м².

9. Осадки основания (s_i) суммируются в пределах сжимаемой толщи и сравниваются с предельно допустимой для данного сооружения.

$$\sum s_i \leq s_u$$

где s_u - предельное значение совместной деформации основания и сооружения, допускается принимать по приложению 4 СНиП 2.02.01-83.

При построении расчётной схемы рекомендуется принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1см. Примеры расчёта приведены в [4,7].

Таблица 16

$\zeta = 2z/b$	Коэффициент α для фундаментов							
	кру- ГЛЫХ	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$ равным						ленточ- НЫХ $\eta \geq 10$
		1,6	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,181
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	0,161	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,116	0,131	0,170	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,215	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,250	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	1,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	1,136	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 11,2	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,6 12,0	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Задача 8

При слоистой толще грунтов для расчёта осадки по методу эквивалентного слоя грунт приводится к квазиоднородному на основе теории о среднем коэффициенте относительной сжимаемости и о среднем коэффициенте фильтрации. В этом случае полная стабилизированная осадка может быть определена по формуле:

$$S = h_э \cdot m_{vm} \cdot P,$$

где $h_э$ - толщина эквивалентного слоя грунта;
 m_{vm} - средний коэффициент относительной сжимаемости грунта;
 P - давление на грунт по подошве площадки.

Толщина эквивалентного слоя грунта $h_э$, определяется по формуле:

$$h_э = A\omega b,$$

где $A\omega$ - коэффициент эквивалентного слоя грунта, принимаемый по таблицам [5, с. 77; 7 с. 214];
 b - меньшая сторона площадки нагружения.

Средний коэффициент относительной сжимаемости определяется по формуле:

$$m_{vm} = \frac{1}{2h_э^2} \sum h_i m_{vi} z_i$$

где h_i - толщина отдельных слоев грунта до глубины $H = 2 h_э$;
 m_{vi} - коэффициент относительной сжимаемости i -го слоя грунта;
 z_i - расстояние от точки, соответствующей глубине H , до середины рассматриваемого i -го слоя грунта.

Осадка грунтовой толщи S_t для любого промежутка времени t определяется по формуле:

$$S_t = S \cdot U,$$

Где S - полная стабилизированная осадка;
 U - степень консолидации (уплотнения).

Вычисление степени консолидации U можно с достаточной для практических целей точностью выполнить по формуле:

$$U = 1 - \frac{\sigma}{\pi^2} \cdot E^{-N}$$

где E - основание натуральных логарифмов;
 N - коэффициент, зависящий от условий фильтрации.

$$N = \frac{\pi^2 \cdot C_{vm} \cdot t}{4h^2}$$

C_{vm} - коэффициент консолидации.

$$C_{vm} = \frac{k_{\phi m}}{m_{vm} \cdot \rho_w}$$

здесь $k_{\phi m}$ - средний коэффициент фильтрации;

ρ_w - плотность воды.

$$k_{\phi i} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{k_{\phi i}}}$$

где $k_{\phi i}$ - коэффициент фильтрации i - го слоя грунта.

Задаваясь той или иной степенью консолидации (например, $U = 0,1; 0,2; 0,3$ и т.д.), принимают по таблице 17 соответствующие значения коэффициента N для случая убывания давления с глубиной по треугольной эпюре (случай 2)) и, используя зависимость для N , определяют время t соответствующее данной степени фильтрационной консолидации:

$$t = \frac{4 \cdot H^2}{\pi^2 \cdot C_{vm}} \cdot N$$

Таблица 17

U	N для случая			U	N для случая		
	0	1	2		0	1	2
0,1	0,02	0,12	0,005	0,6	0,71	0,95	0,42
0,2	0,08	0,25	0,02	0,7	1,00	1,24	0,69
0,3	0,17	0,39	0,06	0,8	1,40	1,64	1,08
0,4	0,31	0,55	0,13	0,9	2,09	2,35	1,77
0,5	0,49	0,73	0,24	0,95	2,80	3,17	2,54

При подсчёте значения коэффициента консолидации $C_{\text{вт}}$ во избежание громоздкости коэффициент фильтрации $k_{\text{фм}}$ удобнее выразить в сантиметрах в год ($1 \text{ см/с} \approx 3 \cdot 10^7 \text{ см/г.}$).

По результатам определений строится график изменения осадки грунтов во времени. Примеры расчёта приведены в [7].

Список использованных источников

1. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. - М.: Издательство стандартов, 1995.
2. ГОСТ 20522-75. Грунты. Метод статической обработки результатов определения характеристик. - М.: Издательство стандартов, 1975.
3. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1985.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. - М.: Стройиздат, 1986. - 415 с.
5. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1981. - 319 с.
6. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов: Учебник для вузов. - М.: Высш. школа, 1982. - 511 с.
7. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). - М.: Высш. школа, 1983. - 288 с.
8. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1978. - 375 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Елена Валентиновна Байдакова

Валентина Николаевна Кровопускова

Евгений Михайлович Байдаков

Механика грунтов, основания и фундаменты

Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов
очной и заочной форм обучения по направлению:
природообустройство и водопользование

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 21.01.2013 г. Изд. №2282.
Формат 60x84 1/16. Тираж 100 экз. Печ.л. 2,26.

Брянская государственная сельскохозяйственная академия
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА