

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(СИБСТРИН)

**Кафедра инженерной геологии,
оснований и фундаментов**

ГЕОТЕХНИКА

Методические указания
по выполнению практических работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения

НОВОСИБИРСК 2021

Методические указания разработаны ст. преподавателем
Т.А. Якушкиной

Утверждены учебно-методической комиссией
строительного факультета
28 июня 2021 г.

Рецензенты:

- В.С. Молчанов, канд. техн. наук, профессор
кафедры ИГОФ НГАСУ (Сибстрин);
- С.В. Линовский, канд. техн. наук,
зав. кафедрой ИГОФ НГАСУ (Сибстрин)

© Новосибирский государственный
архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), 2021

Практическое занятие № 1

Тема «Физические свойства и характеристики нескальных грунтов»

Условные обозначения:

- V_{zp}, m_{zp}, q_{zp} – соответственно объем, масса и вес образца грунта;
 V_w, m_w, q_w – соответственно объем, масса и вес воды в образце грунта;
 V_s, m_s, q_s – соответственно объем, масса и вес твердых частиц в образце грунта;
 V_g, V_n – соответственно объем газа и объем пор в образце грунта;
 γ_w – удельный вес воды.

Ниже перечислены физические характеристики нескальных грунтов в соответствии с [1].

Основные (базовые) характеристики (определяются экспериментально)

1) плотность грунта ρ , г/см³ (отношение массы образца грунта к его объему):

$$\rho = \frac{m_s + m_w}{V_{zp}};$$

2) плотность твердых частиц грунта ρ_s , г/см³ (отношение массы твердых частиц к их объему):

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s};$$

3) природная влажность грунта w , % или д.е. (отношение массы воды в образце грунта к массе твердых частиц):

$$w = \frac{m_w}{m_s} = \frac{m_{zp} - m_s}{m_s}.$$

Для глинистых грунтов (дополнительно):

- 3.1) влажность на границе раскатывания w_p , % или д.е.;
3.2) влажность на границе текучести w_L , % или д.е.

Производные (расчетные) характеристики
(определяются расчетом)

1) удельный вес грунта γ , кН/м³ (отношение веса образца грунта к его объему):

$$\gamma = \rho \cdot g;$$

2) удельный вес твердых частиц γ_s , кН/м³ (отношение веса твердых частиц к их объему):

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g;$$

3) плотность сухого грунта ρ_d , т/м³ или г/см³ (отношение массы твердых частиц к объему образца грунта):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w};$$

4) удельный вес сухого грунта γ_d , кН/м³ (вес единицы объема абсолютно сухого грунта):

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w};$$

5) относительное содержание твердых частиц m , % или д.е. (отношение объема твердых частиц к объему грунта):

$$m = \frac{\rho_d}{\rho_s};$$

6) пористость грунта n , % или д.е. (отношение объема пор к объему грунта):

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s};$$

7) коэффициент пористости e , д.е. (отношение объема пор к объему твердых частиц):

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d};$$

8) коэффициент водонасыщения S_r , д.е. (отношение объема воды в грунте природной влажности к объему воды при полном водонасыщении):

$$S_r = \frac{w \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w};$$

9) удельный вес грунта во взвешенном в воде состоянии γ_{sb} , кН/м³ (вес единичного объема грунта, помещенного ниже уровня воды):

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

для глинистых грунтов

10.1) число пластичности I_p , % (определяет вид пылевато-глинистого грунта):

$$I_p = w_L - w_p;$$

10.2) показатель текучести I_L , д.е. (определяет консистенцию пылевато-глинистого грунта):

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

Задачи по теме «Физические свойства
и характеристики нескальных грунтов»

ЗАДАЧА 1. Определить удельный вес песка при природной влажности и в состоянии полного водонасыщения, если заданы удельный вес сухого грунта, коэффициент пористости и плотность твердых частиц.

Исходные данные

Вариант	w, %	e, д.е.	γ_d , кН/м ³	ρ_s , г/см ³	Вариант	w, %	e, д.е.	γ_d , кН/м ³	ρ_s , г/см ³
1	22,3	0,64	16,19	2,7	2	30,5	0,91	14,06	2,74
3	21,2	0,57	16,58	2,65	4	12,3	0,58	17,18	2,77
5	22,5	0,64	16,29	2,72	6	9,7	0,79	15,05	2,75
7	21,6	0,59	16,49	2,68	8	21,5	0,93	13,93	2,74
9	21,2	0,58	16,86	2,71	10	16,4	0,70	16,05	2,78
11	23,8	0,66	15,92	2,69	12	27,2	0,86	14,53	2,76
13	23,4	0,63	16,03	2,67	14	26,7	0,75	15,46	2,75
15	24,3	0,68	16,04	2,74	16	28,4	0,81	15,12	2,78
17	25,1	0,72	15,62	2,73	18	26,0	0,75	15,49	2,76
19	17,5	0,73	15,06	2,66	20	30,1	0,85	14,80	2,79
21	18,2	0,97	13,71	2,75	22	30,0	0,84	14,78	2,77
23	26,4	0,89	14,32	2,76	24	33,8	0,96	14,06	2,8
25	24,7	0,67	15,88	2,71	26	22,7	0,75	15,46	2,76
27	6,1	0,45	18,58	2,75	28	13,1	0,84	15,0	2,8
29	13,9	0,97	13,64	2,74	30	15,4	0,87	14,53	2,77

ЗАДАЧА 2. Определить удельный вес сухого грунта (супеси), его пористость и коэффициент пористости, если известны природная влажность, плотность и удельный вес твердых частиц.

Исходные данные

Вариант	w, %	γ_s , кН/м ³	ρ , т/м ³	Вариант	w, %	γ_s , кН/м ³	ρ , т/м ³
1	15	27,2	1,82	2	20,6	27,3	1,86
3	20	27,1	1,8	4	19,8	26,1	1,68
5	25	27,0	1,89	6	23,2	26,6	1,73
7	30	26,8	1,9	8	27,9	26,9	1,77
9	24	26,9	1,81	10	9,8	27,0	1,92
11	16	27,5	1,84	12	10,5	26,2	1,86
13	19	26,8	1,93	14	16,4	26,8	1,69
15	26	27,4	2,01	16	20,8	26,6	1,85
17	31	26,1	1,81	18	18,3	27,1	1,74
19	24	26,5	1,7	20	12,2	27,4	1,95
21	17	26,4	1,9	22	12	27,0	1,78
23	22	26,8	2,0	24	22	27,1	1,89
25	27	26,2	1,73	26	16,9	26,8	1,91
27	18	27,3	1,83	28	24,6	26,5	1,84
29	22,5	26,6	1,95	30	20,4	26,9	1,79

ЗАДАЧА 3. Определить пористость суглинка при влажности на границе текучести, если известны удельный вес грунта и твердых частиц, число пластичности и влажность на границе раскатывания.

Исходные данные

Вариант	w_p , %	γ_s , кН/м ³	I_p , %	γ , кН/м ³	Вариант	w_p , %	γ_s , кН/м ³	I_p , %	γ , кН/м ³
1	10	26,0	5,0	15,6	2	26,4	26,3	10,0	16,8
3	17	27,6	5,6	16,5	4	20,8	26,9	13,0	17,7
5	22	26,9	6,0	17,3	6	21,8	27,2	16,3	16,1
7	22,5	27,0	6,5	15,8	8	10,6	26,4	23,0	18,5
9	5,5	27,7	7,0	18,3	10	9,6	27,3	24,0	17,8
11	11,5	26,3	7,4	17,4	12	9,4	26,0	21,5	16,9
13	26,3	26,1	11,0	16,6	14	16	26,5	7,8	17,9
15	9	27,1	8,0	15,9	16	12	27,3	16,9	16,2
17	8,5	27,8	6,9	18,1	18	5,5	27,5	6,9	18,0
19	15	27,0	11,0	17,5	20	8,4	26,6	17,0	17,0
21	10,7	26,7	18,0	16,7	22	9,6	27,4	19,8	18,6
23	22,1	26,2	11,5	18,2	24	9,4	26,2	18,2	17,1
25	21,2	27,9	12,7	16,0	26	10,7	26,7	22,6	16,3
27	21	27,1	14,2	17,6	28	26,4	27,5	20,8	17,2
29	21,7	27,4	9,2	18,4	30	21,8	26,8	29,8	16,4

ЗАДАЧА 4. Определить удельный вес сухого грунта (глины) и коэффициент пористости при влажности на границе раскатывания, если даны удельный вес грунта, число пластичности, влажность на границе текучести и удельный вес твердых частиц.

Исходные данные

Вариант	w_L , %	γ_s , кН/м ³	I_p , %	γ , кН/м ³	Вариант	w_L , %	γ_s , кН/м ³	I_p , %	γ , кН/м ³
1	35	27	23	18,7	2	23	27,1	19,4	16,4
3	30	27,9	17,3	17,6	4	42	26,2	19,6	17,2
5	34	27,2	17,4	17,1	6	22	27,3	19,9	16,3
7	29	27,8	17,5	18,6	8	41	26,1	20,0	18,1
9	33	27,5	17,6	17,5	10	29,2	27,5	20,4	16,2
11	28	27,4	17,7	18,5	12	40	26,4	20,5	17,0
13	35,4	27,7	17,8	16,8	14	29,7	26,8	20,7	18,0
15	27	27,2	17,9	16,5	16	39	26,7	20,9	17,2
17	46	26,8	18,0	18,4	18	48	27,4	21,0	18,5
19	26	26,3	18,2	17,4	20	38	26,6	21,3	17,9
21	43,2	26,5	18,5	16,7	22	24,9	26,3	21,8	16,9
23	25	27,2	18,7	18,3	24	37	26,9	21,9	17,8
25	44	26,3	18,8	16,6	26	32,8	26,9	22,0	18,2
27	24	27,5	18,9	17,3	28	36	27,1	22,5	17,7
29	43	25,9	19,2	18,2	30	36,7	27,6	17,2	16,9

ЗАДАЧА 5. Определить коэффициент водонасыщения суг-
линка, если известны природная влажность, плотность твердых
частиц и удельный вес сухого грунта.

Исходные данные

Вариант	w , %	ρ_s , г/см ³	γ_d , кН/м ³	Вариант	w , %	ρ_s , г/см ³	γ_d , кН/м ³
1	10,0	2,67	15,2	2	11,6	2,63	17,7
3	26,2	2,77	14,4	4	22,4	2,64	16,0
5	25,3	2,62	14,5	6	20,3	2,65	16,8
7	10,2	2,78	15,3	8	17,69	2,66	17,3
9	24,6	2,65	15,6	10	23,6	2,67	16,0
11	16,9	2,76	15,5	12	24,7	2,68	15,4
13	24,3	2,64	15,3	14	20,8	2,69	16,7
15	10,8	2,75	18,4	16	16,3	2,77	15,8
17	24,0	2,68	15,7	18	25,0	2,76	15,9
19	15,7	2,73	16,4	20	22,8	2,75	16,0
21	18,4	2,62	16,8	22	15,8	2,74	16,1
23	23,5	2,71	16,1	24	25,7	2,73	15,7
25	11,2	2,6	18,5	26	22,5	2,73	16,4
27	23,0	2,61	15,9	28	20,1	2,71	16,2
29	21,8	2,62	16,0	30	26,0	2,71	15,4

ЗАДАЧА 6. Определить удельный вес грунта, расположенного ниже уровня грунтовых вод, если известны плотность и природная влажность грунта, плотность твердых частиц.

Исходные данные

Вариант	$w, \%$	$\rho_s, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{т/м}^3$	Вариант	$w, \%$	$\rho_s, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{т/м}^3$
1	15,2	2,65	1,54	2	20,8	2,63	1,67
3	20,5	2,69	1,935	4	19,3	2,66	1,98
5	25,2	2,65	1,92	6	23,9	2,65	2,01
7	28,0	2,72	1,76	8	27,3	2,60	1,995
9	24,7	2,71	1,92	10	14,6	2,67	2,05
11	16,9	2,69	1,86	12	17,6	2,63	2,04
13	19,7	2,73	1,84	14	16,7	2,66	1,971
15	26,6	2,71	1,95	16	20,5	2,64	1,98
17	31,9	2,75	1,94	18	18,3	2,62	1,99
19	24,2	2,73	1,95	20	12,7	2,69	1,94
21	17,8	2,71	1,92	22	12,9	2,68	1,76
23	22,7	2,64	1,91	24	22,8	2,61	1,69
25	27,2	2,68	1,88	26	16,1	2,70	1,89
27	18,6	2,68	1,89	28	17,0	2,71	1,65
29	22,9	2,67	1,69	30	25,0	2,66	1,853

Практическое занятие № 2

Тема «Механические свойства грунтов»

Поведение грунтов описывается закономерностями, характерными для сплошных тел, и закономерностями, характерными для грунтов как дисперсных систем [2]. К последним относятся:

- закон уплотнения (сжимаемости) грунтов;
- закон Кулона (сопротивление грунтов сдвигу);
- закон ламинарной фильтрации (водопроницаемость грунтов).

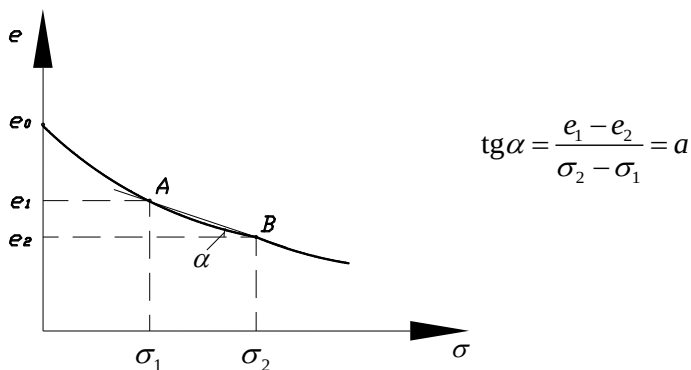
Закон уплотнения (сжимаемости) грунтов

Условные обозначения:

a – коэффициент уплотнения грунта, МПа^{-1} ;

E – модуль деформации грунта, МПа .

«Компрессионная кривая» ($e = f(\sigma)$)



Для малого интервала изменения напряжения «компрессионную кривую» можно описать в виде формулы:

$\Delta e = a \cdot \Delta \sigma$ или $de = a \cdot d\sigma$ – закон уплотнения (сжимаемости).

Формула для определения модуля деформации грунта по данным компрессионных испытаний:

$$E = \beta \cdot \frac{1 + e_0}{a},$$

где β – коэффициент, учитывающий невозможность бокового расширения:

$$\beta = 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}.$$

Закон Кулона (сопротивление грунтов сдвигу)

Прочность грунта определяется двумя характеристиками:

φ – угол внутреннего трения, град;

c – удельная сила сцепления, кПа.

График сопротивления грунта
сдвигу для несвязных грунтов
($\tau = f(\sigma)$)

Закон Кулона
для несвязных грунтов:
 $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$

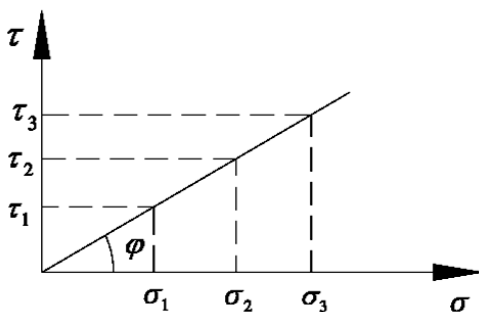
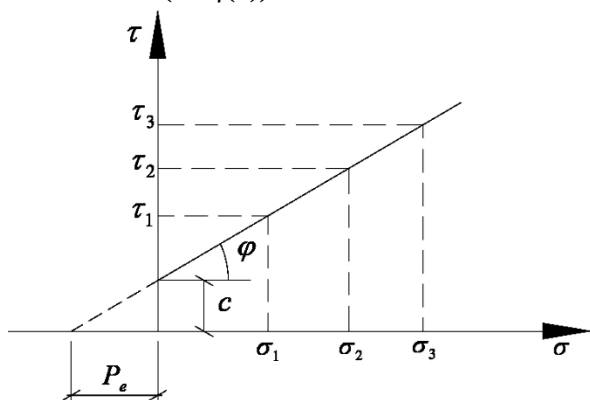


График сопротивления грунта
сдвигу связных грунтов
($\tau = f(\sigma)$)



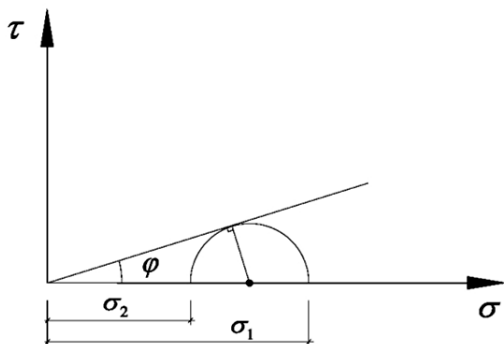
$$P_e = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} - \text{давление связности}$$

Закон Кулона
для связных грунтов:
 $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$

Уравнения предельного равновесия грунтов
по данным стабилометрических испытаний:
– для несвязных грунтов

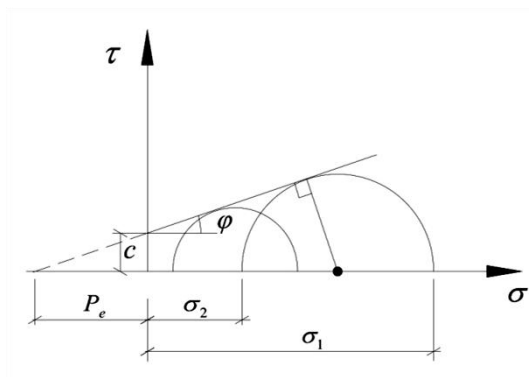
$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2},$$

где σ_1, σ_2 – главные
напряжения;



— для связных грунтов

$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + 2P_e}.$$



Задачи по теме «Механические свойства грунтов»

ЗАДАЧА 1. После реконструкции (надстройки) здания коэффициент пористости изменился на Δe (основание здания находилось в условиях, близких к условиям компрессионного сжатия). Определить давление на основание после реконструкции, если известно давление под подошвой фундамента до реконструкции и коэффициент уплотнения грунта.

Исходные данные

Вариант	Δe , д.е.	a , МПа^{-1}	σ , МПа	Вариант	Δe , д.е.	a , МПа^{-1}	σ , МПа
1	0,002	0,02	0,3	2	0,0075	0,09	0,215
3	0,001	0,01	0,24	4	0,008	0,015	0,28
5	0,015	0,03	0,2	6	0,0085	0,025	0,198
7	0,003	0,02	0,15	8	0,009	0,035	0,26
9	0,004	0,039	0,18	10	0,013	0,045	0,335
11	0,01	0,24	0,195	12	0,018	0,055	0,156
13	0,02	0,035	0,22	14	0,023	0,065	0,254
15	0,0025	0,01	0,27	16	0,026	0,75	0,245
17	0,0035	0,02	0,32	18	0,029	0,085	0,31
19	0,0045	0,03	0,15	20	0,032	0,095	0,15
21	0,005	0,04	0,29	22	0,038	0,12	0,18
23	0,0055	0,05	0,21	24	0,04	0,18	0,195
25	0,006	0,06	0,175	26	0,0092	0,25	0,22
27	0,0065	0,07	0,23	28	0,0086	0,35	0,175
29	0,007	0,08	0,32	30	0,0065	0,3	0,23

ЗАДАЧА 2. Определить модуль деформации грунта E , если при увеличении давления на $\Delta\sigma$ коэффициент пористости грунта уменьшился с e_1 до e_2 .

Исходные данные

Вариант	e_1 , д.е.	e_2 , д.е.	$\Delta\sigma$, МПа	Вариант	e_1 , д.е.	e_2 , д.е.	$\Delta\sigma$, МПа
1	0,64	0,62	0,10	2	0,91	0,89	0,08
3	0,57	0,55	0,10	4	0,58	0,56	0,53
5	0,64	0,61	0,50	6	0,79	0,72	0,34
7	0,60	0,58	0,15	8	0,93	0,91	0,26
9	0,58	0,56	0,10	10	0,70	0,67	0,29
11	0,66	0,63	0,42	12	0,87	0,83	0,33
13	0,63	0,60	0,57	14	0,75	0,71	0,35
15	0,68	0,66	0,25	16	0,81	0,77	0,35
17	0,72	0,69	0,18	18	0,75	0,71	0,34
19	0,73	0,71	0,15	20	0,85	0,81	0,34
21	0,97	0,95	0,13	22	0,84	0,79	0,32
23	0,89	0,87	0,11	24	0,96	0,90	0,22
25	0,68	0,65	0,10	26	0,75	0,73	0,22
27	0,45	0,43	0,09	28	0,84	0,82	0,12
29	0,97	0,95	0,09	30	0,87	0,85	0,19

ЗАДАЧА 3. Определить, как изменилась после надстройки здания пористость грунта основания Δp , находившегося в условиях компрессионного сжатия, если давление под подошвой фундамента до надстройки σ , давление под подошвой фундамента изменилось на величину $\Delta\sigma$, коэффициент уплотнения a , начальный коэффициент пористости e_0 .

Исходные данные

Вариант	σ , МПа	$\Delta\sigma$, МПа	a , МПа ⁻¹	e_0 , д.с.	Вариант	σ , МПа	$\Delta\sigma$, МПа	a , МПа ⁻¹	e_0 , д.с.
1	0,313	$0,47 \cdot \sigma$	0,34	0,627	2	0,228	$0,41 \cdot \sigma$	0,44	0,722
3	0,253	$0,5 \cdot \sigma$	0,33	0,797	4	0,293	$0,48 \cdot \sigma$	0,22	0,874
5	0,213	$0,52 \cdot \sigma$	0,24	0,865	6	0,211	$0,5 \cdot \sigma$	0,25	0,720
7	0,163	$0,45 \cdot \sigma$	0,29	0,677	8	0,273	$0,58 \cdot \sigma$	0,27	0,755
9	0,193	$0,41 \cdot \sigma$	0,36	0,823	10	0,348	$0,62 \cdot \sigma$	0,27	0,857
11	0,208	$0,51 \cdot \sigma$	0,24	0,644	12	0,169	$0,52 \cdot \sigma$	0,28	0,866
13	0,233	$0,56 \cdot \sigma$	0,24	0,949	14	0,267	$0,51 \cdot \sigma$	0,28	0,633
15	0,283	$0,43 \cdot \sigma$	0,25	0,808	16	0,258	$0,62 \cdot \sigma$	0,30	0,843
17	0,333	$0,57 \cdot \sigma$	0,28	0,874	18	0,323	$0,56 \cdot \sigma$	0,31	0,891
19	0,163	$0,58 \cdot \sigma$	0,30	0,639	20	0,163	$0,62 \cdot \sigma$	0,32	0,744
21	0,303	$0,47 \cdot \sigma$	0,33	0,989	22	0,193	$0,51 \cdot \sigma$	0,34	0,614
23	0,223	$0,62 \cdot \sigma$	0,36	0,590	24	0,208	$0,58 \cdot \sigma$	0,42	0,749
25	0,188	$0,54 \cdot \sigma$	0,38	0,994	26	0,233	$0,62 \cdot \sigma$	0,29	0,648
27	0,243	$0,51 \cdot \sigma$	0,40	0,681	28	0,188	$0,58 \cdot \sigma$	0,36	0,748
29	0,333	$0,58 \cdot \sigma$	0,42	0,772	30	0,243	$0,51 \cdot \sigma$	0,29	0,962

ЗАДАЧА 4. Построить график сопротивления грунта сдвигу и записать условие прочности Кулона для идеально связного грунта, если известна сила идеального сцепления c_1 ; выполнить то же для идеально сыпучего грунта и для грунта с известными значениями угла внутреннего трения ϕ и силы сцепления c .

Исходные данные

Вариант	c_1 , кПа	ϕ , град	c , кПа	Вариант	c_1 , кПа	ϕ , град	c , кПа
1	10	35	0	2	12	26	6,2
3	18	38	0	4	20	23	4,2
5	21	30	0	6	28	21	14
7	26	13	35	8	22	20	11
9	11	36	3,5	10	37	21	9,6
11	34	29	2,6	12	13	23	12
13	19	30	5,4	14	38	26	14
15	27	28	4,8	16	35	24	13
17	14	18	9	18	16	16	21
19	30	23	25	20	29	15	16
21	24	24	31	22	23	18	46
23	32	21	23	24	33	15	39
25	15	22	26	26	31	10	36
27	36	18	20	28	39	11	33
29	25	17	19	30	17	16	38

ЗАДАЧА 5. В результате испытаний на трехосное сжатие двух идентичных образцов грунта получены значения главных напряжений σ_1 , σ_2 , σ'_1 , σ'_2 . Записать условия прочности для данного грунта, установив значения угла внутреннего трения φ и силы сцепления c .

Исходные данные

Ва- ри- ант	σ_2 , МПа	σ_1 , МПа	σ'_2 , МПа	σ'_1 , МПа	Ва- ри- ант	σ_2 , МПа	σ_1 , МПа	σ'_2 , МПа	σ'_1 , МПа
1	0,1	0,3	0,2	0,6	2	0,1	0,26	0,19	0,41
3	0,285	0,515	0,4	0,7	4	0,12	0,39	0,18	0,62
5	0,1	0,3	0,25	0,55	6	0,16	0,3	0,25	0,47
7	0,05	0,15	0,12	0,28	8	0,12	0,32	0,29	0,77
9	0,145	0,255	0,22	0,38	10	0,05	0,15	0,13	0,27
11	0,25	0,45	0,43	0,71	12	0,06	0,26	0,15	0,65
13	0,125	0,245	0,2	0,4	14	0,09	0,21	0,17	0,33
15	0,1	0,2	0,175	0,325	16	0,18	0,32	0,28	0,48
17	0,06	0,26	0,22	0,58	18	0,13	0,23	0,22	0,38
19	0,25	0,45	0,4	0,7	20	0,14	0,27	0,22	0,39
21	0,12	0,22	0,18	0,30	22	0,23	0,47	0,4	0,8
23	0,1	0,3	0,27	0,63	24	0,23	0,36	0,32	0,48
25	0,15	0,35	0,275	0,525	26	0,1	0,2	0,18	0,32
27	0,16	0,46	0,26	0,74	28	0,09	0,21	0,15	0,35
29	0,1	0,3	0,3	0,6	30	0,35	0,65	0,5	0,9

ЗАДАЧА 6. В приборе одноплоскостного среза проведены испытания трех идентичных грунтовых образцов при различных вертикальных к плоскости среза нагрузках и площади сечения грунтового образца A . Определить прочностные характеристики грунта, если:

грунтовой образец 1 – испытан при вертикальной силе $P_1 = 40$ кгс, срез произошел при горизонтальной силе Q_1 ;

грунтовой образец 2 – испытан при вертикальной силе $P_2 = 80$ кгс, срез произошел при горизонтальной силе Q_2 ;

грунтовой образец 3 – испытан при вертикальной силе $P_3 = 120$ кгс, срез произошел при горизонтальной силе Q_3 .

Исходные данные

Вариант	Q_1 , кН	Q_2 , кН	Q_3 , кН	A , см ²	Вариант	Q_1 , кН	Q_2 , кН	Q_3 , кН	A , см ²
1	0,22	0,42	0,62	40	2	0,10	0,15	0,20	40
3	0,30	0,42	0,55	60	4	0,25	0,30	0,35	40
5	0,25	0,35	0,45	70	6	0,10	0,15	0,20	70
7	0,20	0,30	0,40	60	8	0,27	0,40	0,53	60
9	0,30	0,42	0,55	70	10	0,23	0,35	0,48	60
11	0,20	0,30	0,40	40	12	0,20	0,40	0,60	70
13	0,30	0,42	0,55	40	14	0,27	0,40	0,53	40
15	0,20	0,40	0,60	60	16	0,10	0,15	0,20	60
17	0,27	0,40	0,53	70	18	0,22	0,42	0,62	60
19	0,23	0,35	0,48	40	20	0,25	0,35	0,45	40
21	0,25	0,35	0,45	60	22	0,20	0,30	0,40	70
23	0,10	0,18	0,26	70	24	0,25	0,30	0,35	60
25	0,20	0,40	0,60	40	26	0,10	0,18	0,26	40
27	0,10	0,18	0,26	60	28	0,22	0,42	0,62	70
29	0,23	0,35	0,48	70	30	0,25	0,30	0,35	70

Практическое занятие № 3

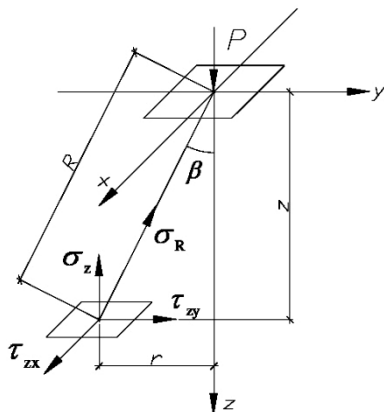
Тема «Определение напряжений в грунтовом массиве»

Для определения напряжений в грунтовом массиве применяется теория линейно-деформируемых тел.

В механике грунтов для определения напряжений от внешних нагрузок используются, в частности, решения [2]:

- 1) задачи Ж. Буссинеска (1885 год);
- 2) задачи А. Лява (1935 год);
- 3) задачи Фламана (1892 год).

Задача Ж. Буссинеска (1885 год)



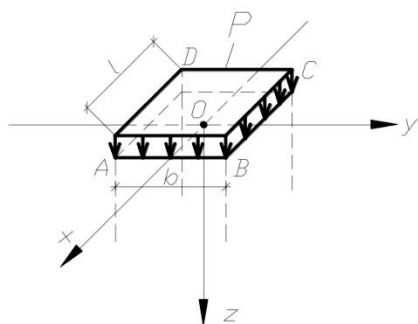
$$\sigma_z = K_z \cdot \frac{P}{z^2},$$

$$\tau_{zx} = K_{zx} \cdot \frac{P}{z^2},$$

$$\tau_{zy} = K_{zy} \cdot \frac{P}{z^2},$$

где K_z , K_{zx} , K_{zy} – коэффициенты влияния, определяемые по таблицам из [2] в зависимости от отношения r к z .

Задача А. Лява (1935 год)



$$\sigma_{z,A} = K_{z,A} \cdot P,$$

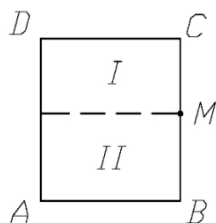
$$\sigma_{z,o} = K_{z,o} \cdot P,$$

где K_z – коэффициент влияния напряжений, определяемый по таблице (см. приложение к настоящим методическим указаниям) в зависимости от отношений l к b и z к b .

Метод угловых точек

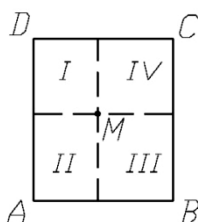
Напряжения в любой точке грунтового массива от распределенной нагрузки определяются методом угловых точек [3]. Ниже рассмотрены три случая расположения расчетной точки.

1 случай



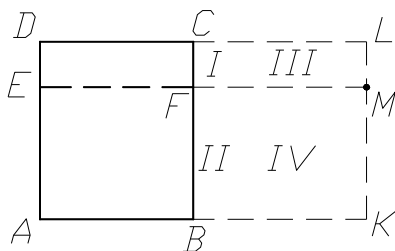
$$\sigma_{z,m} = (K_{z,I} + K_{z,II}) \cdot P$$

2 случай



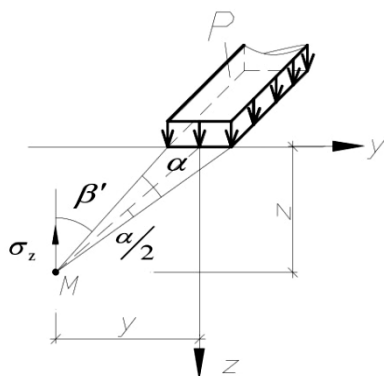
$$\sigma_{z,m} = (K_{z,I} + K_{z,II} + K_{z,III} + K_{z,IV}) \cdot P$$

3 случай



$$\sigma_{z,M} = (K_{z,I} + K_{z,II} - K_{z,III} - K_{z,IV}) \cdot P$$

Задача Фламана (1892 год)



$$\sigma_z = \frac{P}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2 \cdot \beta),$$

$$\beta = \frac{\alpha}{2} + \beta'$$

Напряжения
от собственного веса грунта

$$\sigma_{zg} = \gamma \cdot z,$$

где z – глубина расположения рассматриваемой точки;
 γ – удельный вес грунта.

Задача по теме

«Определение напряжений в грунтовом массиве»

К существующему зданию каркасного типа (фундаменты столбчатые) пристраивается здание с несущими кирпичными стенами (фундаменты ленточные). Пристройка по проекту будет использоваться как склад металлических заготовок, размещаемых на полу. Кроме того, на полу существующего здания предполагается установить технологическую емкость в виде восьмиугольного бака, заполненную жидкостью. Определить напряжения в грунтовом массиве под существующим фундаментом по глубине (расчетная точка в соответствии с заданием):

- от собственного веса грунта;
- давлений на основание существующего фундамента;
- давлений на основание пристраиваемого фундамента;
- давлений на основание склада заготовок;
- давлений на основание технологической емкости.

Выполнить расчет деформаций грунтового основания от суммарных давлений под существующим фундаментом.

План расположения фундаментов – см. с. 27; мощность слоя грунта 25 м; глубина заложения фундаментов существующего и пристраиваемого зданий от отметки планировки, совпадающей с природным рельефом, равна 2 м.

Исходные данные

(сведения о грунтовых условиях и фундаментах)

Вариант	Вид грунта	γ , кН/м ³	E , МПа	Расчетная точка	Фундаменты существующего здания			Фундаменты пристраиваемого здания		
					b_1 , м	l_1 , м	$P_{ср1}$, кПа	b_2 , м	l_2 , м	$P_{ср2}$, кПа
1	Песок крупный	20,1	7	3	2,1	2,7	480	1,8	12,0	465
2	Песок крупный	19,6	15	1	2,1	2,4	410	1,5	9,0	400
3	Песок средней крупности	18,2	6,9	5	1,8	2,1	450	0,9	6,9	440
4	Песок средней крупности	19,5	6	2	2,4	2,7	380	1,2	9,0	350

Продолжение таблицы

Вариант	Вид грунта	γ , кН/м ³	E , МПа	Расчетная точка	Фундаменты существующего здания			Фундаменты пристраиваемого здания		
					b_1 , м	l_1 , м	$P_{ср1}$, кПа	b_2 , м	l_2 , м	$P_{ср2}$, кПа
5	Песок средней крупности	18,7	6,1	3	1,5	1,8	430	2,1	12,0	385
6	Песок средней крупности	19,2	6,8	4	1,8	2,4	375	2,4	18,0	350
7	Песок мелкий	19,0	17	1	2,7	3,3	300	2,1	15,0	300
8	Песок мелкий	18,9	6,2	5	1,2	1,8	400	1,5	9,0	390
9	Песок мелкий	18,6	6,7	2	2,4	2,7	310	1,8	7,2	290
10	Песок мелкий	18,5	24	1	3,6	4,8	330	1,5	12,0	310
11	Песок мелкий	18,3	6,3	3	3,0	3,6	340	1,2	7,5	340
12	Песок пылеватый	18,1	13	1	2,1	2,7	420	2,1	18,0	400
13	Песок пылеватый	19,2	6,6	4	1,5	2,4	400	2,4	18,0	410
14	Супесь	18,9	20	1	3,0	3,3	240	1,2	9,0	220
15	Супесь	18,8	6,4	2	1,8	2,4	400	1,4	12,0	395
16	Супесь	18,7	6,5	4	2,4	3,3	300	1,6	12,0	290
17	Супесь	18,6	21	1	3,0	4,2	270	1,5	10,0	190
18	Супесь	18,5	5,9	5	3,3	3,9	290	1,2	9,0	185
19	Суглинок	18,4	6,7	2	3,0	3,6	275	1,1	11,0	175
20	Суглинок	18,3	6,4	4	4,2	4,8	250	0,9	8,0	194
21	Суглинок	18,2	18	1	2,7	3,3	280	1,5	12,0	255
22	Суглинок	18,1	6,0	3	3,9	4,5	265	1,2	15,0	270
23	Суглинок	18,0	6,5	5	2,4	3,0	285	2,0	14,0	258
24	Суглинок	17,9	10	1	2,4	3,3	295	2,1	13,0	269
25	Глина	19,1	6,6	5	1,5	2,1	355	1,5	15,0	410
26	Глина	19,2	6,2	3	3,3	4,2	305	2,1	10,0	360
27	Глина	18,6	6,9	4	2,1	2,7	375	1,9	17,0	315

Окончание таблицы

Вариант	Вид грунта	γ , кН/м ³	E , МПа	Расчетная точка	Фундаменты существующего здания			Фундаменты пристраиваемого здания		
					b_1 , м	l_1 , м	$P_{ср1}$, кПа	b_2 , м	l_2 , м	$P_{ср2}$, кПа
28	Глина	18,2	7,0	2	1,5	2,1	390	1,0	10,0	315
29	Глина	18,5	6,0	4	2,1	3,0	305	0,9	9,0	326
30	Глина	17,9	6,5	3	3,0	3,9	290	2,0	12,0	392

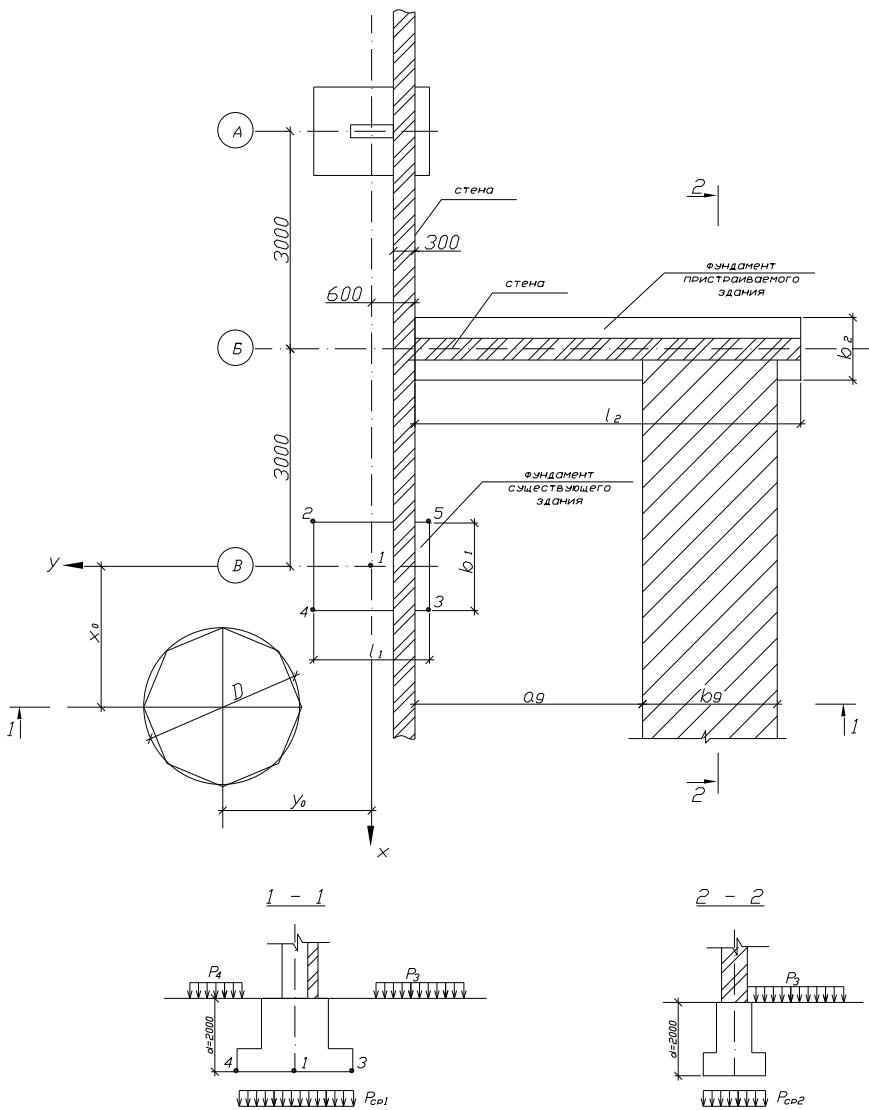
Исходные данные
(сведения о нагрузках на полы)

Вариант	От склада заготовок			От технологической емкости			
	a_g , м	b_g , м	P_3 , кПа	x_0 , м	y_0 , м	D , м	P_4 , кПа
1	1,0	4,0	50	3,0	3,0	4,0	30
2	0,5	3,0	40	3,0	4,0	5,0	30
3	2,0	4,0	70	2,0	2,0	3,0	30
4	2,0	3,0	45	1,5	2,5	4,0	25
5	0,3	2,0	30	2,0	3,0	4,0	20
6	1,5	5,0	55	3,0	3,0	5,0	30
7	2,0	4,0	60	3,0	3,5	5,0	25
8	0,5	2,0	35	2,0	2,0	3,0	20
9	1,0	3,0	40	1,0	2,5	4,0	25
10	2,5	5,0	65	1,5	3,0	4,0	30
11	2,0	4,0	60	3,0	4,0	4,0	30
12	2,0	4,0	50	2,0	2,0	3,0	20
13	1,5	4,0	45	3,0	2,5	3,0	25
14	1,5	3,0	30	3,0	3,0	5,0	20
15	1,0	2,0	70	2,0	2,0	3,0	30
16	2,0	3,0	60	2,0	3,0	4,0	25
17	2,0	4,0	45	3,0	3,0	5,0	20
18	2,5	4,0	35	3,0	3,5	5,0	20
19	2,5	4,0	30	3,0	4,0	5,0	20
20	2,5	3,0	50	3,0	4,0	5,0	25
21	1,5	3,0	45	2,5	3,0	4,0	30
22	2,0	5,0	50	3,0	4,0	5,0	15

Окончание таблицы

Ва- ри- ант	От склада заготовок			От технологической емкости			
	a_g , м	b_g , м	P_3 , кПа	x_0 , м	y_0 , м	D , м	P_4 , кПа
23	1,0	3,0	65	1,0	2,5	4,0	20
24	0,5	2,0	50	1,5	3,0	4,0	25
25	1,8	2,3	42	1,4	2,8	3,6	28
26	2,4	3,6	38	3,3	3,0	3,0	38
27	0,8	5,0	29	2,4	3,7	4,0	55
28	1,3	3,5	48	1,0	3,0	3,2	22
29	0,5	3,5	49	2,0	2,5	2,8	33
30	1,6	4,2	60	2,2	3,5	5,0	46

План расположения фундаментов



Список литературы

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация : взамен ГОСТ 25100-95 : введ. 12.07.2012. – Москва : МНТКС, 2012. – 62 с. – Гр. Ж39.
2. Механика грунтов : учебник для вузов по строит. спец. Ч. 1 : Основы геотехники / Б. И. Далматов, В. Н. Бронин, В. Д. Карлов, Р. А. Мангушев ; под общ. ред. Б. И. Далматова ; С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Москва ; Санкт-Петербург : Ассоц. строит. вузов, 2000. – 201 с.
3. СП 22.1333.2016. Основания зданий и сооружений : актуализированная ред. СНиП 2.02.01-83* : введ. 17.06.2017. – Москва : Минстрой России, 2016. – 220 с.
4. Цытович, Н. А. Механика грунтов. Краткий курс / Н. А. Цытович. – Москва : ЛИБРОКОН, 2009. – 272 с.

Приложение А [3, табл. 5.8]

$\xi = \frac{2z}{b}$	Коэффициент α для фундаментов							
	круг- лых	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным						ленточ- ных ($\eta \geq 10$)
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5,0	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Примечание: 1. В таблице обозначено: b – ширина или диаметр подошвы фундамента, l – длина подошвы фундамента.

2. Для фундаментов, имеющих подошву в форме правильного многоугольника с площадью A , значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r = \sqrt{A/\pi}$.

3. Для промежуточных значений ξ и η коэффициенты α определяются интерполяцией.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б [4, табл. 3.6]

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

$\frac{z}{b}$	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	0,00	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	0,10	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ В [4, табл. 3.1]

Значение коэффициента K для вычисления сжимающих напряжений от действия сосредоточенной силы в зависимости от отношения 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	0,3465	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

Составитель

Татьяна Аскольдовна Якушкина

ГЕОТЕХНИКА

Методические указания
по выполнению практических работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.03.01 «Строительство»
всех форм обучения

Редактор А.В. Тренина

Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
630008, Новосибирск, ул. Ленинградская, 113
