Установочные материалы
для студентов группы СТмз -21 по дисциплине:
«Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов»
по профилю 08.04.01 «Промышленное и гражданское строительство: проектирование»
(2 семестр, согласно учебному плану за 2021 г.)

Таблица 1. Задание к контрольной работе №1 на тему: «Проверка расчетного сопротивления по слабому подстилающему слою грунта» (здание без подвала, $d_b = 0$)

Номер варианта	Ширина подошвы фундамента, b, м	Длина подошвы фундамента, l, м	Длина здания, L, м	Высота здания, H, м	Глубина заложения фундамента d_1,м	Удельный вес природного грунта, кН/м^3 выше подошвы фундамента γ_{II}'	Удельный вес природного грунта, кН/м^3 ниже подошвы фундамента γ_{II}	Угол внутрен него трения, φ_{II}, град	Удельное сцепление, c_{II}, кПа	Нагрузка N_{oII}, передаваемая на фундамент в уровне обреза, кН	Мощность слоя грунта, м	Вид грунта
1	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17
1	1	1,4	24	4.0	0.5	16.0	19.8	20	80.0	510	2.6	Глина твердая
							18.4	8	12.0		10.2	Суглинок мягкопластичный
2	1	1,8	30	7.0	0.8	16.2	19.3	38	1.0	630	3.3	Песок гравелистый
							17.8	11	9.0		11.5	Супесь пластичная
3	1	2,4	36	10.0	1.2	16.4	19.2	36	2.0	960	3.6	Песок крупный
							18.9	7	24.0		12.4	Глина мягкопластичная
4	1	3,2	42	13.0	1.4	16.8	19.2	34	2.2	1020	4.2	Песок средней крупности
							18.6	12	8.0		13.6	Супесь пластичная
5	1,5	2,1	48	16.0	1.6	17.0	20.2	26	48.0	1240	4.4	Суглинок твердый
							17.1	14	2.4		11.2	Песок пылеватый
6	1,5	2,7	54	19.0	1.8	17.2	19.1	34	1.6	1650	5.2	Песок гравелистый
							18.2	9	11.0		14.6	Суглинок мягкопластичный
7	1,5	3,6	60	22.0	2.0	17.3	19.9	21	81.5	2100	5.4	Глина твердая
							17.3	12	3.2		13.2	Песок пылеватый
8	1,5	4,8	66	25.0	2.2	17.5	19.4	32	1.8	2650	5.6	Песок крупный
							18.2	10	7.0		12.4	Супесь пластичная
9	2	2,8	72	28.0	2.4	17.1	18.9	30	22.4	2050	5.8	Супесь твердая
							18.2	6	20.6		11.2	Глина мягкопластичная
10	2	2,6	78	31.0	2.6	16.4	20.0	28	47.0	1820	6.5	Суглинок твердый
							17.0	11	4.2		14.0	Песок пылеватый
11	2	4,8	84	34.0	2.8	16.7	19.0	35	1.4	3700	6.4	Песок гравелистый
							18.4	10	11.6		13.0	Суглинок мягкопластичный
12	2	6,4	90	37.0	3.0	17.1	20.6	22	78.8	3940	6.8	Глина твердая
							18.0	8	7.6		12.6	Супесь пластичная
13	2,5	3,5	96	40.0	3.2	16.2	19.0	38	1.2	3520	7.2	Песок гравелистый
							16.8	12	2.2		13.0	Песок пылеватый
14	2,5	4,5	102	43.0	3.4	15.8	19.1	33	1.6	4920	7.8	Песок крупный
							18.6	7	18.4		15.0	Глина мягкопластичная
15	2,5	6	108	47.0	3.6	16.0	19.5	35	2.1	5860	8.4	Песок средней крупности
							18.1	9	8.6		14.0	Супесь пластичная

Пояснения и требования к выполнению контрольной работы № 1

1. При наличии в пределах сжимаемой толщи основания на глубине z от подошвы фундамента слоя грунта меньшей прочности, чем прочность грунта вышележащих слоев, размеры фундамента должны назначаться такими, чтобы обеспечивалось условие

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \le R_z, \qquad (1)$$

где σ_{zp} и σ_{zg} - вертикальные напряжения в грунте на глубине z от подошвы фундамента соответственно дополнительное от нагрузки на фундамент и от собственного веса грунта, кПа (тс/м^2);

R_z - расчетное сопротивление грунта пониженной прочности на глубине z, кПа (тс/м^2), вычисленное по формуле (4) для условного фундамента шириной b_z, м, равной:

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a, \qquad (2)$$

где

$$A_z = \frac{N}{\sigma_{zp}}; a = \frac{l-b}{2},$$

здесь N - вертикальная нагрузка на основание от фундамента;

l и b - соответственно длина и ширина фундамента.

2. В случае если проверка по подстилающему слою грунта относится к ленточному фундаменту, когда нагрузка N дается на 1 м, то условный фундамент можно считать той же длины, что и длина проектируемого фундамента.

Вследствие этого ширину условного фундамента b допускается определять по формуле

$$b_z = \frac{N}{\sigma_{zp}}. \qquad (3)$$

Для квадратного фундамента

$$b_z = \sqrt{A_z}.$$

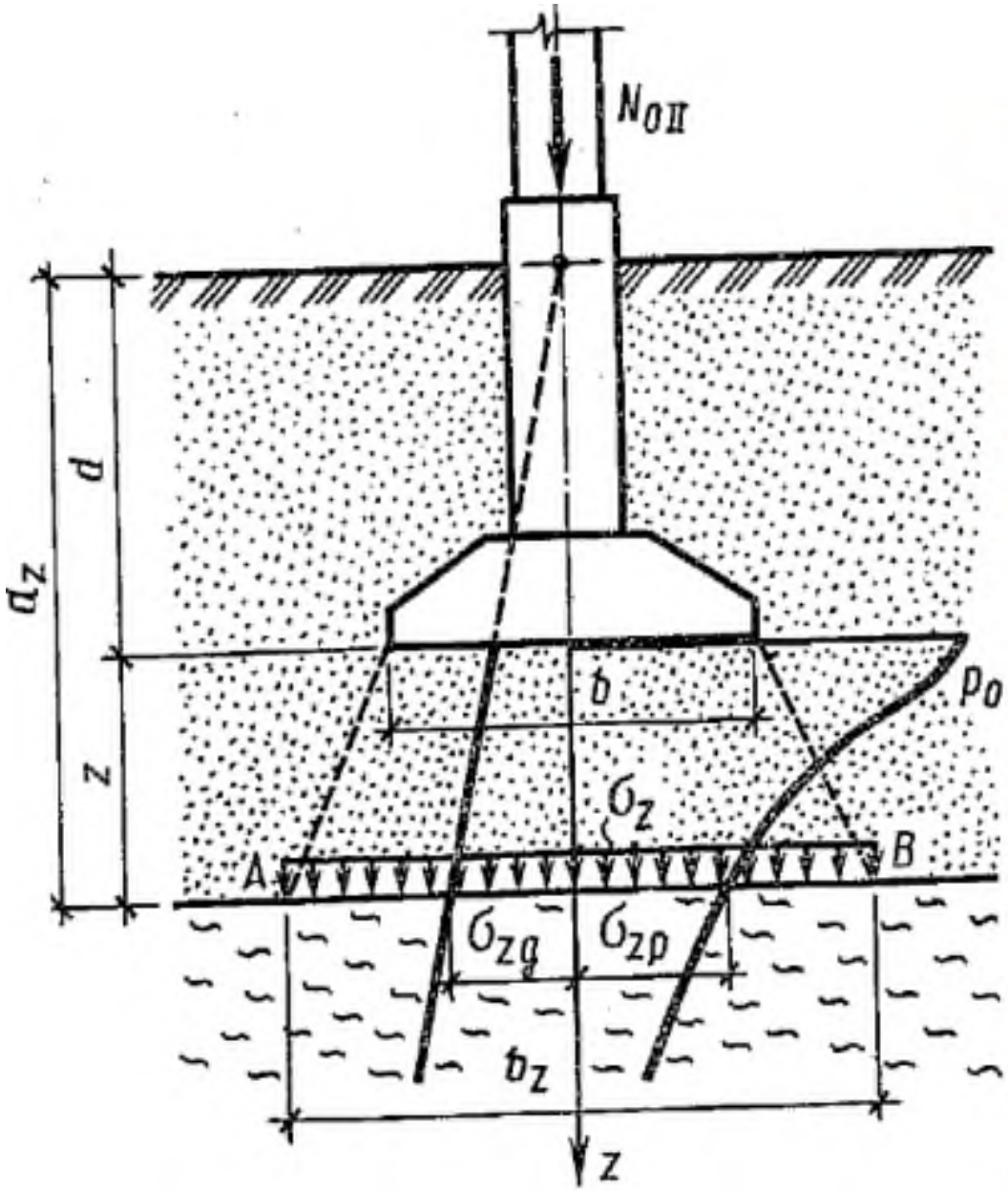

Рис. 2.6.
Расчетная схема к проверке давления на подстилающий слой слабого грунта

Пример к контрольной работе №1

Проверка расчетного сопротивления по слабому подстилающему слою грунта (здание без подвала, d_b = 0)

Грунтовые условия представлены следующими напластованиями: с поверхности до глубины 3,8 м залегают крупные пески с характеристиками: φ_{II} = 38°, c_{II} = 1 кПа; γ_{II} = 18 кН/м^3. Пески подстилаются суглинками мягкопластичными, имеющими характеристики: φ_{II} = 10°, c_{II} = 13,2 кПа; γ_{II} = 17 кН/м^3. Характеристики грунтов приняты по результатам испытаний. Длина здания L = 80 м, высота здания H = 20 м. Нагрузка на фундамент на уровне обреза (верха) фундамента N_{oII} = 34600 кН. Глубина заложения фундамента d_1 = 2 м. Фундамент прямоугольный, размером b = 6; l = 8.4 м. Осредненное значение удельного веса фундамента и грунта на уступах γ_{mt} = 20 кН/м^3.

Номер варианта	Ширина подошвы фундамента, b, м	Длина подошвы фундамента, l, м	Длина здания, L, м	Высота здания, H, м	Глубина заложения фундамента d_1,м	Удельный вес природного грунта, кН/м^3 выше подошвы фундамента γ_{II}'	Удельный вес природного грунта, кН/м^3 ниже подошвы фундамента γ_{II}	Угол внутреннего трения, φ_{II}, град	Удельное сцепление, c_{II}, кПа	Нагрузка N_{oII}, передаваемая на фундамент в уровне обреза, кН	Мощность слоя грунта, м	Вид грунта
1	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17
40	6,0	8,4	80	20.0	2.0	16.5	18.0	38	1.0	34600	3.8	Песок крупный
							17.0	10	13.2		12.4	Суглинок мягкопластичный

а) Расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента вычисляем по формуле (4)

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k}\left[M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II}' + \left(M_q - 1\right) d_b \gamma_{II}' + M_c c_{II}\right], \qquad (4)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} – коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 2; γ_{c1} = 1,4; и γ_{c2} = 1,2;

k – коэффициент, принимаемый равным единице, так как прочностные характеристики грунта (φ_{II} и c_{II}) определены непосредственными испытаниями, k = 1;

M_γ, M_q, M_c – коэффициенты, принимаемые по таблице 3; при φ_{II} = 38° M_γ = 2,11; M_q = 9,44; M_c = 10,8;

k_z – коэффициент, принимаемый равным единице при b < 10 м; k_z = 1;

b – ширина подошвы фундамента, b = 6 м;

γ_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента, γ_{II} = 18,0 кН/м^3;

γ'_{II} – то же, для грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, γ'_{II} = 16,5 кН/м^3;

c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, c_{II} = 1 кПа;

d_1 – глубина заложения фундаментов, м, бесподвальных сооружений от уровня планировки d_1 = 2.0 м;

d_b – глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м, так как не подвала d_b = 0.

$$R = [(1{,}4\cdot1{,}2)/1]\cdot[2{,}11\cdot1\cdot6\cdot18{,}0 + 9{,}44\cdot2\cdot16{,}5 + 10{,}8\cdot1{,}0] = 924{,}34 \text{ кПа}$$

Таблица 2. Коэффициенты условий работы γ_{c1} и γ_{c2}

Грунты	Коэффициент γ_{c1}	Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H, равном	
		4 и более	1,5 и менее
Крупнообломочные с песчаным заполнителем и пески, кроме мелких и пылеватых	1,4	1,2	1.4
Пески мелкие	1,3	1,1	1,3
Пески пылеватые: маловлажные и влажные насыщенные водой	1,25 1,1	1,0 1,0	1,2 1,2
Глинистые, а также крупнообломочные с глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя $I_L \le 0{,}25$	1,25	1,0	1,1
То же, при $0{,}25 < 1_L \le 0{,}5$	1,2	1,0	1,1
То же, при $1_L > 0{,}5$	1,1	1,0	1,0

Примечания

1 К сооружениям с жесткой конструктивной схемой относят сооружения, конструкции которых специально приспособлены к восприятию усилий от деформации оснований, в том числе за счет мероприятий, указанных в подразделе 5.9.

2 Для зданий с гибкой конструктивной схемой значение коэффициента γ_{c2} принимают равным единице.

3 При промежуточных значениях L/H коэффициент γ_{c2} определяют интерполяцией.

4 Для рыхлых песков γ_{c1} и γ_{c2} принимают равными единице.

Таблица 3. Коэффициенты M_γ, M_q, M_c

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

Таблица 4. Коэффициент α

$\xi = 2z / b$	Коэффициент α для фундаментов							
	Круглых	Прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l / b$, равным						ленточных
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	($\eta \geq 10$)
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

Примечания: 1. В табл. 1 обозначено: b – ширина или диаметр фундамента, l – длина 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 коэффициент α определяется по интерполяции.

Давление p , передаваемое подошвой фундамента на основание, определяем по формуле

$$p = N_{oII}/(b \cdot l) + \gamma_{mt} \cdot d_1 = 34600/(6 \cdot 8{,}4) + 20 \cdot 2 = 726{,}51 \text{ кПа}$$

$$p = 726{,}51 \text{ кПа} < R = 924{,}34 \text{ кПа}$$

Условие $p \leq R$ выполняется.

Осуществляем проверку по подстилающему слою, расположенному на глубине $z = 1{,}8$ м ниже подошвы фундамента.

Дополнительное давление p_o на основание на глубине $z = 2$ м $p_o = p - \sigma_{zgo} = 726{,}51 - 16{,}5 \cdot 2 = 693{,}51$кПа;

$\xi = 2z/b = 2 \cdot 2/6 = 0.67$; $\eta = l/b = 8{,}4/6 = 1{,}4$ по таблице 4 определяем (с использованием интерполяции) коэффициент $\alpha = 0{,}888$.

Дополнительное напряжение σ_{zp} на глубине $z = 2$ м равно: $\sigma_{zp} = p_o \cdot \alpha = 693{,}51 \cdot 0{,}888 = 615{,}84$ кПа.

Площадь A_z условного фундамента определяем по формуле

$$A_z = (N_{oII} + \gamma_{mt} \cdot d_1 \cdot b \cdot l)/\sigma_{zp} = (34600 + 20 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 8{,}4)/615.84 = 59{,}46 \text{ м.}$$

Ширину b_z условного фундамента определяем по формуле

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a,$$

$a = (l-b)/2 = (8{,}4 - 6)/2 = 1{,}2$ м; $b_z = (59{,}46 + 1{,}2^2)^{0{,}5} - 1{,}2 = 6{,}6$ м.

Для условного фундамента на глубине $z + d_1$ т. Е. на кровле подстилающего слоя с характеристиками, приведенными выше, расчетное сопротивление R_z определяем по формуле (4). Вместо b подставляем b_z, вместо d_1 подставляем d_z, вместо γ'_{II} подставляем γ''_{II} .

$$R_z = [(\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2})/k] \cdot [M_\gamma \cdot k_z \cdot b_z \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_z \cdot \gamma''_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma''_{II} + M_c \cdot c_{II}],$$

(при определении R_z все параметры используем для слабого подстилающего слоя – суглинка мягкопластичного!!!)

где γ_{c1} и γ_{c2} – коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 2, для слабого грунта – суглинка мягкопластичного при $1_L > 0,5$ $\gamma_{c1} = 1,0$; и $\gamma_{c2} = 1,0$;

k – коэффициент, принимаемый равным единице, так как прочностные характеристики грунта (φ_{II} и c_{II}) определены непосредственными испытаниями, $k = 1$;

M_γ, M_q, M_c – коэффициенты, принимаемые по таблице 3; (для суглинка мягкопластичного при $1_L > 0,5$) при $\varphi_{II} = 10°$ $M_\gamma = 0,18$; $M_q = 1,73$; $M_c = 4,17$;

k_z – коэффициент, принимаемый равным единице при $b < 10$ м; $k_z = 1$;

b_z – ширина подошвы условного фундамента, $b_z = 6,6$ м;

γ_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов (суглинка мягкопластичного), залегающих ниже подошвы условного фундамента, $\gamma_{II} = 17,0$ кН/м^3;

γ''_{II} – то же, для грунтов, залегающих выше подошвы условного фундамента,

$\gamma''_{II} = (\gamma'_{II} \cdot d_1 + \gamma_{II} \cdot z)/(d_1 + z) = (16,5 \cdot 2 + 18,0 \cdot 1,8)/(2 + 1.8) = 17,2$ кН/м^3; здесь $\gamma_{II} = 18,0$ кН/м^3 для несущего слоя (песка крупного);

c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта (суглинка мягкопластичного при $1_L > 0,5$), залегающего под подошвой условного фундамента, $c_{II} = 13,2$ кПа;

d_z – глубина заложения условного фундамента от уровня планировки, $d_z = d_1 + z = 2 + 1.8 = 3,8$ м;

d_b – глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м, так как нет подвала $d_b = 0$.

$$R_z = [(1,0 \cdot 1,0)/1] \cdot [0,18 \cdot 1 \cdot 6,6 \cdot 17,0 + 1,73 \cdot 2 \cdot 17,2 + 4,17 \cdot 13,2] = 188,31 \text{ кПа}$$

Затем проверяем выполнение условия

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \le R_z, \qquad (1)$$

где $\sigma_{zg} = \gamma'_{II} \cdot d_1 + \gamma_{II} \cdot z = 16,5 \cdot 2 + 18 \cdot 1,8 = 65,4$ кПа; здесь $\gamma_{II} = 18,0$ кН/м^3 для несущего слоя (песка крупного);

σ_{zp} = 615,84 кПа

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} = 615{,}84 + 65{,}4 = 681{,}24 \text{ кПа} > R_z = 188{,}31 \text{ кПа}$$

Выводы:

Условие проверки расчетного сопротивления R_z слабого подстилающего слоя грунта (суглинка мягкопластичного) не выполняется. Необходимы варианты следующих мероприятий:

1) **увеличение площади подошвы фундамента;**
2) **укрепление или замена слабого грунта;**
3) **замена фундамента мелкого заложения свайным фундаментом и др.**

Контрольная работа № 2

Таблица 5

Задание к контрольной работе № 2 на тему:
«Расчет осадки основания ленточного фундамента методом послойного суммирования»

Номер варианта	Давление передаваемое подошвой фундамента *p*, МПа	Ширина подошвы фундамента, *B*, м	Длина подошвы фундамента *L*, м	Глубина заложения фундамента, *h*, м	Удельный вес природ-ного грунта *γ*, кН/м^3	Модуль общей деформации Е, МПа	Мощность слоя грунта основания, *H*, м	Вид грунта
1	0.10	1.0	12.0	0.5	16	10.0	20.0	Суглинок мягкопластичный
2	0.12	1.2	14.0	0.8	16.2	12.0	22.0	Глина мягкопластичная
3	0.14	1.4	16.0	1.2	16.4	14.0	24.0	Супесь пластичная
4	0.16	1.6	18.0	1.4	16.8	16.0	26.0	Песок пылеватый влажный
5	0.18	1.8	20.0	1.6	17.0	18.0	28.0	Песок мелкий влажн.
6	0.20	2.0	22.0	1.8	17.2	20.0	30.0	Суглинок тугопластичный
7	0.22	2.4	26.0	2.0	17.4	22.0	32.0	Глина тугопластичная
8	0.24	2.8	30.0	2.2	17.6	24.0	34.0	Глина полутвердая
9	0.26	3.2	34.0	2.4	17.8	26.0	35.0	Суглинок полутвердый
10	0.28	3.4	36.0	2.6	18.0	28.0	36.0	Суглинок твердый
11	0.11	1.1	13.0	0.6	16.1	11.0	21.0	Суглинок мягкопластичный
12	0.13	1.3	15.0	0.7	16.3	13.0	23.0	Глина мягкопластичная
13	0.15	1.5	17.0	0.9	16.5	15.0	25.0	Супесь пластичная
14	0.17	1.7	19.0	1.0	16.6	17.0	27.0	Песок пылеватый влажный
15	0.19	1.9	21.0	1.1	16.7	18.0	29.0	Песок мелкий влажный

Пояснения и требования к расчету для контрольной работы № 2

1. Вычертить расчетную схему.
2. Определить $\sigma_{zg,0} = d \cdot \gamma$ (кПа).
3. Определить $p_o = p - \sigma_{zg,0}$ = (кПа).
4. Осадку основания определить для ленточного фундамента с шириной подошвы b.
4. Расчет выполнять в табличной форме (Таблица 6).
5. Построить на расчетной схеме эпюры σ_{zg} и σ_{zp}.

Таблица 6. Результаты расчета осадки ленточного фундамента

№ слоя	h_i, м	γ_i, кН/м^3	$h_i \times \gamma_i$, кН/м^2	$\sigma_{zgi} = \Sigma(h_i \times \gamma_i)$, кН/м^2	z_i, м	$\xi_i = 2\, z_i/b$	α_i	$0.2\sigma_{zgi}$, кН/м^2	$\sigma_{zpi} = \alpha_i \times p_0$, кН/м^2	p_i, кН/м^2	E_i, кПа	$s_i = 0.8(p_i h_i)/E_i$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1												
										Итого		

1. Расчет осадки основания ленточного фундамента методом послойного суммирования

Осадку основания s определяем методом послойного суммирования с использованием расчетной схемы (рис. 1) в виде линейно деформируемого полупространства по формуле

$$s = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i}, \qquad (1)$$

где β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zp,i}$ - среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i-ом слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах слоя по вертикали, проходящей через центр фундамента; h_i и E_i - соответственно толщина и модуль деформации i-го слоя грунта; n - число слоев, на которое разбита сжимаемая толща основания.

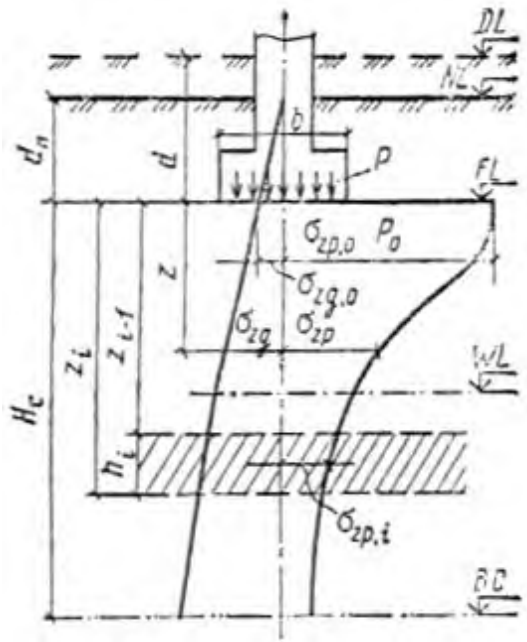

Рис. 1. Расчетная схема для определения осадки основания методом послойного суммирования, схема распределения вертикальных напряжений в линейно деформируемом полупространстве

DL - отметка планировки; *HL* - отметка поверхности природного рельефа; *FL* - отметка подошвы фундамента; *WL* - уровень подземных вод; *B.C* - нижняя граница сжимаемой толщи; *d* и d_n - глубина заложения фундамента соответственно от уровня планировки и поверхности природного рельефа; *b* - ширина фундамента; *p* - среднее давление под подошвой фундамента; p_0 - дополнительное давление на основание; σ_{zg} и $\sigma_{zg,0}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; σ_{zp} и $\sigma_{zp,0}$ - дополнительное вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине *z* от подошвы фундамента и на уровне подошвы; H_c - глубина сжимаемой толщи

Расчет выполняем в табличной форме.

Пример к контрольной работе № 2

Расчет осадки основания ленточного фундамента методом послойного суммирования

Определить осадку основания ленточного фундамента методом послойного суммирования. Исходные данные: H_1 = 1,8 м; γ_1 = 20,5 кН/м^3; E_1 = 20,0 МПа; H_2 = 5,8 м; γ_2 = 20,6 кН/м^3; E_2 = 21,0 МПа; N_{II} = 319,4 кН/м; b = 1,2 м; l = 40,2 м; d = 2,4 м.

Решение

1. Определим $p = N_{II}/(b \cdot 1\ м)$=319,4/(1,2·1)=266.17 кПа.
2. Определим $\sigma_{zg,0} = h_1 \cdot \gamma_1 + h_2 \cdot \gamma_2$ = 1,8 · 20,5 + 0,6 · 20,6 = 49,26 кПа.
3. Определим $p_o = p - \sigma_{zg,0}$ = 266.17 – 49.26 =216.91 кПа.

Таблица 7. Результаты расчета осадки ленточного фундамента

№ слоя	h_i, м	γ_i, кН/м^3	$h_i \times \gamma_i$, кН/м^2	$\sigma_{zgi} = \Sigma(h_i \times \gamma_i)$, кН/м^2	z_i, м	ξ_i=2 z_i/b	α_i	$0.2\sigma_{zgi}$, кН/м^2	$\sigma_{zpi} = \alpha_i \times p_0$, кН/м^2	p_i, кН/м^2	E_i, кПа	$s_i = 0.8(p_i h_i)/E_i$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				49.26	0	0	1	9.85	216.91			
17	0.5	20.5	10.25	59.45	0.5	0.833	0.871	11.89	188.98	202.98	20000	0.0041
17	0.5	20.5	10.25	69.7	1	1.667	0.627	13.94	136.04	162.51	20000	0.0033
17	0.5	20.5	10.25	79.95	1.5	2.5	0.463	15.99	100.46	118.25	20000	0.0024
17	0.3	20.5	6.15	86.1	1.8	3	0.397	17.22	86.14	93.3	20000	0.0011
10	0.5	20.6	10.3	96.4	2.3	3.833	0.319	19.28	69.21	77.68	21000	0.0015
10	0.5	20.6	10.3	106.7	2.8	4.667	0.265	21.34	57.5	63.36	21000	0.0012
10	0.5	20.6	10.3	117	3.3	5.5	0.227	23.4	49.25	53.37	21000	0.001
10	0.5	20.6	10.3	127.3	3.8	6.333	0.198	25.46	42.96	46.11	21000	0.0009
10	0.5	20.6	10.3	137.6	4.3	7.167	0.176	27.52	38.19	40.58	21000	0.0008
10	0.5	20.6	10.3	147.9	4.8	8	0.158	29.58	34.28	36.23	21000	0.0007
10	0.5	20.6	10.3	158.2	5.3	8.833	0.143	31.64	31.03	32.65	21000	0.0006
10	0.5	20.6	10.3	168.5	5.8	9.667	0.131	33.7	28.42	29.72	21000	0.0006
										Итого		0.0182

По результатам расчета методом послойного суммирования ожидаемая осадка S основания ленточного фундамента составила 1.82 см. S = 1.82 см < S_u = 10 см

Условия расчета основания ленточного фундамента по второй группе предельных состояний (по деформациям) выполняется.

Таблица 8 (4). Коэффициент α

$\xi = 2z / b$	Коэффициент α для фундаментов							
	Круглых	Прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l / b$, равным						ленточных
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	($\eta \geq 10$)
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

Примечания: 1. В табл. 1 обозначено: b - ширина или диаметр фундамента, l - длина 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 коэффициент α определяется по интерполяции.