

Министерство образования и науки Российской Федерации
Казанский Государственный архитектурно-строительный университет
Кафедра оснований, фундаментов, динамики сооружений и инженерной
геологии

Специальные вопросы механики грунтов.

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов по
направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

КАЗАНЬ, 2015 г.

УДК 624.15
ББК 38.58

Специальные вопросы механики грунтов: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» / Сост.: И.Т. Мирсяпов, М.И. Шакиров. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. Ун-та, 2015. – 45 с.

Рецензент:
Кандидат технических наук, директор ООО
«НППФ «Фундаментспецремонт»
И.Ф. Шакиров

УДК 624.15
ББК 38.58

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2015

© Мирсяпов И.Т., Шакиров М.И.,
2015

Содержание:

Задача 1	4
Задача 2	6
Задача 3	8
Задача 4	10
Задача 5	11
Задача 6	12
Задача 7	12
Задача 8	14
Задача 9	17
Задача 10	19
Задача 11	21
Задача 12	22
Задача 13	24
Задача 14	29
Приложения	33
Список использованной литературы	44

Задача 1

Условия задачи:

Требуется определить основные параметры уплотняемой весом пригрузочной насыпи основания жилого здания размером в плане $l \times b$ со средним давлением по подошве фундамента p_f . Здание возводится на слое слабого водонасыщенного пылевато-глинистого грунта толщиной h , подстилаемого водоупорным слоем. УПВ расположен на уровне подошвы песчаной подушки. Пригрузочная насыпь устраивается из слабофильтрующего материала с удельным весом $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$. Под пригрузочной насыпью устраивается песчаная подушка толщиной $h_n = 0,6 \text{ м}$ из крупнозернистого песка.

Грунты участка характеризуются коэффициентом относительной сжимаемости $- m_v = 0,00028 \text{ кПа}^{-1}$, коэффициентом фильтрации $- k_f = 2,5 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^7 = 7,5 \text{ см/год} = 0,075 \text{ м/год}$.

Пример расчета:

Исходные данные: $p_f = 220 \text{ кПа}$, $h = 8,5 \text{ м}$, $l \times b = 9 \times 24 \text{ м}$

Определим величину конечной осадки слоя грунта по формуле (7.38):

$$s = h m_v p_f = 8,5 \cdot 0,00028 \cdot 220 = 0,523 \text{ м} = 52,3 \text{ см.}$$

Для построения графика развития осадок слоя грунта во времени зададимся степенью консолидации $Q = 0,1 \dots 0,95$ с шагом 0,1 и вычислим значения времени t по формуле (7.41):

$$t = \frac{4h^2 N_0}{\pi^2 c_v}$$

Сперва вычислим значение коэффициента консолидации c_v по формуле (7.42):

$$c_v = \frac{k_f}{m_v \cdot \gamma_w} = \frac{0,0075}{0,00022 \cdot 10} = 2,67 \text{ м}^2/\text{год} = 26700 \text{ см}^2/\text{год.}$$

Тогда

$$t = \frac{4h^2 N_0}{\pi^2 c_v} = \frac{4 \cdot 8,5^2 \cdot N_0}{9,86 \cdot 2,67} = 10,97 \cdot N_0$$

Определим величину осадки фундамента s_t и времени t для различных значений степени консолидации Q по формуле (7.39). Значения N_0 принимаем по табл. 1.

$$s_t = s \cdot Q$$

Таблица 1

Q	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
N_0	0,02	0,08	0,17	0,31	0,49	0,71	1,00	1,4	2,09	2,8

$Q=0,1;$	$s_i=0,1 \cdot 52,3=5,23$ см;	$t=10,97 \cdot 0,02=1,5$ мес.
$Q=0,2;$	$s_i=0,2 \cdot 52,3=10,46$ см;	$t=10,97 \cdot 0,08=6,1$ мес.
$Q=0,3;$	$s_i=0,3 \cdot 52,3=15,69$ см;	$t=10,97 \cdot 0,17=12,9$ мес.
$Q=0,4;$	$s_i=0,4 \cdot 52,3=20,92$ см;	$t=10,97 \cdot 0,31=23,7$ мес.
$Q=0,5;$	$s_i=0,5 \cdot 52,3=26,15$ см;	$t=10,97 \cdot 0,49=37,3$ мес.
$Q=0,6;$	$s_i=0,6 \cdot 52,3=31,38$ см;	$t=10,97 \cdot 0,71=54,2$ мес.
$Q=0,7;$	$s_i=0,7 \cdot 52,3=36,61$ см;	$t=10,97 \cdot 1=76,6$ мес.
$Q=0,8;$	$s_i=0,8 \cdot 52,3=41,84$ см;	$t=10,97 \cdot 1,4=106,9$ мес.
$Q=0,9;$	$s_i=0,9 \cdot 52,3=47,07$ см;	$t=10,97 \cdot 2,09=159,6$ мес.
$Q=0,95;$	$s_i=0,95 \cdot 52,3=49,68$ см;	$t=10,97 \cdot 2,8=213,9$ мес.

График развития осадки слоя слабого грунта во времени приведен на рис. 1

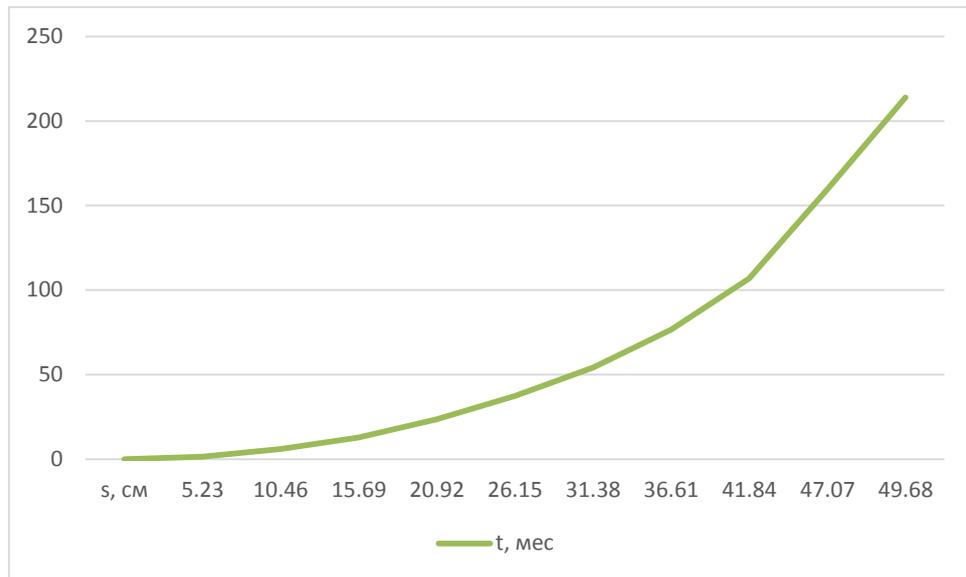


Рис. 1. Развитие осадки толщи слабого грунта во времени

Задача 2

Условия задачи:

Требуется определить осадку s_t и время консолидации t уплотняемого участка размером $l \times b$, сложенного слоем слабо водонасыщенного грунта толщиной $h = 8.0$ м при наличии вертикальных песчаных дрен диаметром d_w и длиной $l_w = 6,0$ м для степени консолидации (уплотнения) $Q_{r.v.} = 0.9$ в условиях вертикального и радиального дренирования (рис. 2). Песчаные дрены расположены по квадратной сетке. Поверх площади уплотнения устраивается подушка из крупнозернистого песка толщиной h_n .

Пример расчета:

Исходные данные: $P_{II} = 200$ кПа, $h_n = 0.4$ м, $l \times b = 12 \times 36$ м, $d_w = 0.3$ м, $d_e = 2.0$ м, $v = d_e/d_w = 6.6$; $c_{v(2h)} = 2 \text{ м}^2/\text{год}$, $c_{r(e)} = 4 \text{ м}^2/\text{год}$; $m_v = 0,000315 \text{ кПа}^{-1}$; пригрузка от фильтрующей насыпи приложена мгновенно.

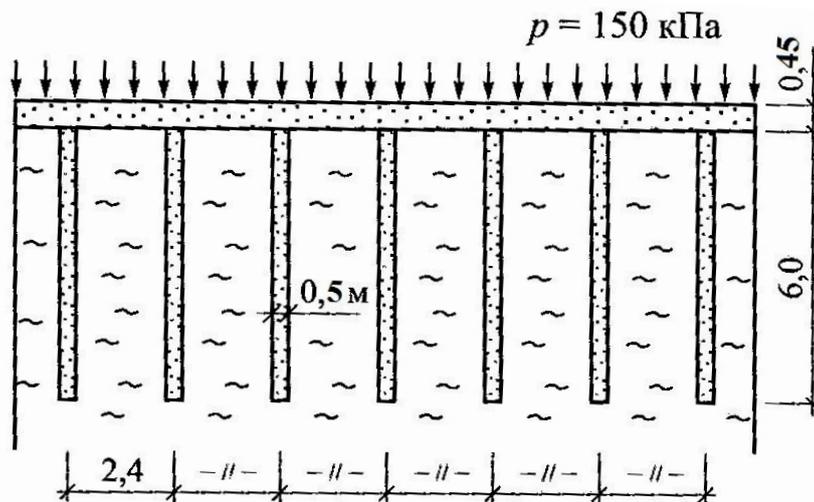


Рис.2. Схема к расчету осадки и времени консолидации толщи грунта

По диаграмме определим расстояние между вертикальными песчаными дренами. Принимая время, необходимое для уплотнения, $t = 6 \text{ мес} = 0.5$ года, вычислим значение

$$\frac{c_v \cdot t}{\ln[1/(1 - Q_r)]} = \frac{2 \cdot 0.5}{\ln[1/(1 - 0.9)]} = 1,1.$$

Из диаграммы, расстояние между осями вертикальных песчаных дрен составит $d = 2.4$ м.

Определим полную стабилизированную осадку уплотняемого слоя по формуле:

$$s = hm_v p_{II} = 8.0 \cdot 0.000315 \cdot 200 = 0.504 \text{ м} = 50.4 \text{ см}.$$

Осадка слоя грунта для заданной степени консолидации $Q_{r,v} = 0,9$ составит:

$$s_t = Q_{r,v}s = 0,9 \cdot 50,4 = 45,36 \text{ см.}$$

Расчет времени консолидации t при заданной величине $Q_{r,v} = 0,9$ произведем путем интерполяции. Для этого задаемся несколькими значениями времени: $t_1 = 0,2$ года и $t_2 = 0,3$ года.

Для заданных значений t_1 и t_2 по формулам вычислим величины фактора времени T_v и T_r :

для: $t_1 = 0,2$ при $T_{v1} = C_v t / h^2 = 2 \cdot 0,2 / 8^2 = 0,006$; $T_{r1} = C_r t / d_e^2 = 4 \cdot 0,2 / 2^2 = 0,20$;

для $t_2 = 0,3$ при $T_{v2} = C_v t / h^2 = 2 \cdot 0,3 / 8^2 = 0,009$; $T_{r2} = C_r t / d_e^2 = 4 \cdot 0,3 / 2^2 = 0,30$.

По рисунку, используя значение T_v , находим значения Q_v :

- для: $t_1 = 0,2$ при $T_v = 0,006$: $Q_{v1} = 0,08$;
- для $t_2 = 0,3$ при $T_v = 0,009$: $Q_{v2} = 0,12$.

Из таблицы, используя значения T_r , по интерполяции находим значения Q_r :

- для: $t_1 = 0,2$ при $T_r = 0,20$: $Q_{r1} = 0,82$;
- для $t_2 = 0,3$ при $T_r = 0,30$: $Q_{r2} = 0,91$.

По формуле вычисляем значения степени консолидации $Q_{r,v}$:

- для: $t_1 = 0,2$ при $Q_{r,v1} = 1 - (1 - Q_r)(1 - Q_v) = 1 - (1 - 0,82)(1 - 0,08) = 0,834$;
- для: $t_2 = 0,3$ при $Q_{r,v2} = 1 - (1 - Q_r)(1 - Q_v) = 1 - (1 - 0,91)(1 - 0,12) = 0,921$;

Интерполируя, находим:

$$t = t_1 + \frac{(t_2 - t_1)(Q_r - Q_{r,v1})}{Q_{r,v2} - Q_{r,v1}} = 0,2 + \frac{(0,3 - 0,2)(0,9 - 0,834)}{0,921 - 0,834} \\ = 0,28 \text{ года} \approx 3,4 \text{ мес.} = 102 \text{ дня.}$$

Задача 3

Условия задачи:

Запроектировать искусственное основание с устройством уплотненной песчаной подушки под 4-этажную рядовую блок-секцию на 16 квартир, возводимую на слабых и сильносжимаемых водонасыщенных суглинистых грунтах.

Характеристики грунтов участка строительства следующие:

Для расчета оснований по несущей способности: $\gamma_1 = 20 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_1 = 19^\circ$; $c_1 = 6 \text{ кПа}$; $S_r = 0.8$; $C_v = 10^8 \text{ см}^2/\text{год}$;

Для расчета оснований по деформациям: $\gamma_{II} = 19 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_{II} = 23^\circ$; $c_{II} = 7 \text{ кПа}$; $E = 6 \text{ МПа}$; по результатам штамповых испытаний расчетное сопротивление слабого грунта $R_z = 100 \text{ кПа}$;

Фундамент здания ленточные монолитные. На фундамент действуют следующие нагрузки – при основном сочетании для расчетов по деформациям $N_{II} = 220 \text{ кН/м}$.

Глубина заложения фундамента – $d = 1,5 \text{ м}$. Допустимая средняя осадка для задания – $S_u = 10 \text{ см}$. Уровень подземных вод расположен на глубине $2,5 \text{ м}$ от поверхности.

Учитывая конструктивные и эксплуатационные особенности здания, назначаем уплотненную подушку из крупнозернистого песка в виде сплошной ленты под фундаментами

Пример расчета:

Исходные данные: характеристики песка $\gamma_{II} = 22 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_{II} = 45^\circ$; $c_{II} = 2 \text{ кПа}$; $R = 300 \text{ кПа}$; $E_{II} = 30 \text{ МПа}$.

Определим ширину подошвы ленточного фундамента:

$$b = N_{II} / (R - \gamma_{II} d) = 220 / (300 - 20 \cdot 1,5) = 0,8 \text{ м.}$$

Среднее давление по подошве фундамента составит:

$$p_{II} = N_{II} / b_{\phi} + \gamma_{II} d = 220 / 1,0 + 20 \cdot 1,5 = 305 \text{ кПа.}$$

Уточняем расчетное сопротивление R искусственного основания по формуле (5.7) СП.22.13330.2011. Имеем: $\gamma_{c1} = 1,4$; $\gamma_{c2} = 1,2$; принимаем значения коэффициентов для $\varphi = 45^\circ$; $M_y = 3,66$; $M_q = 15,64$; $M_c = 14,64$; $k_z = 1,0$;

$b = 0,8 \text{ м}$; $\gamma_{II} = 20 \text{ кН/м}^3$; $\gamma'_{II} = 22 \text{ кН/м}^3$; $c_{II} = 2 \text{ кПа}$; $d = 1,5 \text{ м}$.

$$R = 1,4 \cdot 1,2 / (3,66 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 22 + 15,64 \cdot 1,5 \cdot 20 + 14,64 \cdot 2) = 973 \text{ кПа.}$$

$$p_{II} = 305 < R = 973 \text{ кПа, условие удовлетворяется.}$$

Определим размеры грунтовой подушки. Высоту (толщину) песчаной подушки предварительно принимаем равной $h_{II} = 1,5 \text{ м}$.

Ширину подушки определим по формуле (7.51):

$$b_{II} = b + 2h_{II} \text{tg}\alpha = 0,8 + 2 \cdot 1,5 \cdot \text{tg}45^\circ = 3,8 \text{ м.}$$

Производим проверку принятых размеров фундаментов и песчаной подушки по слабому подстилающему слою основания по формуле (7.52):

$$(\sigma_{zp} - \sigma_{zy}) + \sigma_{zg} \leq R_z; \sigma_{zg} = \sigma_{zg0} + \gamma_{II} h_{II} = 20 \cdot 1,5 + 22 \cdot 1,5 = 63 \text{ кПа};$$
$$\sigma_{zg} = \gamma_{II} \cdot d = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ кПа}.$$

Для ленточного фундамента по табл.5.8 СП 22.13330.2011 при $\xi = 2z/b = 2 \cdot 1,5/0,8 = 3,0$ находим $\alpha = 0,325$. Тогда

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_{II} = 0,325 \cdot 305 = 99,1 \text{ кПа}; \quad \sigma_{zy} = \alpha \cdot \sigma_{zg0} = 0,325 \cdot 30 = 9,7 \text{ кПа}.$$

Определим ширину условного фундамента:

$$b_y = N_{II} / \sigma_{zg} = 220 / 99 = 2,2 \text{ м}.$$

Вычисляем значение R_z . Для $\varphi_{II} = 25^\circ$ по табл. 5.5 СП 22.13330.2011 имеем: $M_y = 0,78$; $M_q = 4,11$; $M_c = 6,67$; $k_z = 1,0$; $\gamma_{c1} = \gamma_{c2} = 1,0$;

$\gamma_{sblI} = 10 \text{ кН/м}^3$ (с учетом взвешивающего действия воды);

$\gamma'_{II} = 21,0 \text{ кН/м}^3$ - осредненное значение. Тогда

$$R_z = 1,0(0,78 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 10 + 4,11 \cdot 3,0 \cdot 21,0 + 6,67 \cdot 10) = 343 \text{ кПа}.$$

Проверяем выполнение условия:

$$(\sigma_{zp} - \sigma_{zy}) + \sigma_{zg} = (99,1 - 9,7) + 63 = 152 < R_z = 343 \text{ кПа}$$

Полученные данные указывают на возможность уменьшения толщины песчаной подушки. Принимаем $h_{II} = 1,0 \text{ м}$ и заново производим проверку по слабому подстилающему слою основания. Тогда

$$\sigma_{zg} = \sigma_{zg0} + \gamma_{II} h_{II} = 30 + 22 \cdot 1,0 = 52 \text{ кПа}$$

По табл. 5.8 СП 22.13330.2011 при $\xi = 2z/b = 2 \cdot 1,0/0,8 = 2,5$ находим $\alpha = 0,462$. Тогда

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_{II} = 0,462 \cdot 305 = 141 \text{ кПа}; \quad \sigma_{zy} = \alpha \cdot \sigma_{zg0} = 0,462 \cdot 30 = 13,8 \text{ кПа}.$$

Определим ширину условного фундамента:

$$b_y = N_{II} / \sigma_{zp} = 220 / 141 = 1,6 \text{ м}.$$

Вычисляем значение R_z . Для $\varphi_{II} = 23^\circ$ по табл. 5.5 СП 22.13330.2011 имеем: $M_y = 0,69$; $M_q = 3,65$; $M_c = 6,24$; $k_z = 1,0$; $\gamma_{c1} = \gamma_{c2} = 1,0$;

$\gamma_{sblI} = 10 \text{ кН/м}^3$ (с учетом взвешивающего действия воды);

$\gamma'_{II} = 21,0 \text{ кН/м}^3$ - осредненное значение. Тогда

$$R_z = 1,0(0,69 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 10 + 3,65 \cdot 2,5 \cdot 21,0 + 6,24 \cdot 10) = 255,12 \text{ кПа}.$$

Проверяем выполнение условия:

$$(\sigma_{zp} - \sigma_{zy}) + \sigma_{zg} = (141 - 13,8) + 52 = 179 < R_z = 255,12 \text{ кПа}$$

Окончательную толщину подушки принимаем $h_{II} = 1,0 \text{ м}$.

Производим проверку размеров фундамента на искусственном основании по второй группе предельных состояний (по деформациям).

Величина осадки фундамента была вычислена по требованиям

СП 22.13330.2011. При этом, учитывая, что ниже подошвы песчаной подушки расположен слой грунта с $E = 6 \text{ МПа}$, глубина сжимаемой толщи основания была определена из условия $\sigma_{zp} \leq 0,2\sigma_{zg}$ и составила $H_{сж} = 5,6 \text{ м}$.

Расчетное значение осадки фундамента $S = 4,34 \text{ см}$, что значительно меньше допустимой осадки для данного здания, т.е. $S = 4,34 < s = 10 \text{ см}$

Задача 4

Условие задачи:

По результатам испытаний верхового торфа в компрессионно-фильтрационных приборах, необходимо построить компрессионную кривую и найти значение одометрического модуля деформации в различных интервалах давления.

Пример расчета:

Исходные данные: результаты испытаний верхового торфа в компрессионно-фильтрационных приборе приведены в таблице 2.

Таблица 2

p , кПа	12.5	25	50	100
ε	0.17	0.38	0.49	0.6

Компрессионная кривая показана на рисунке.3

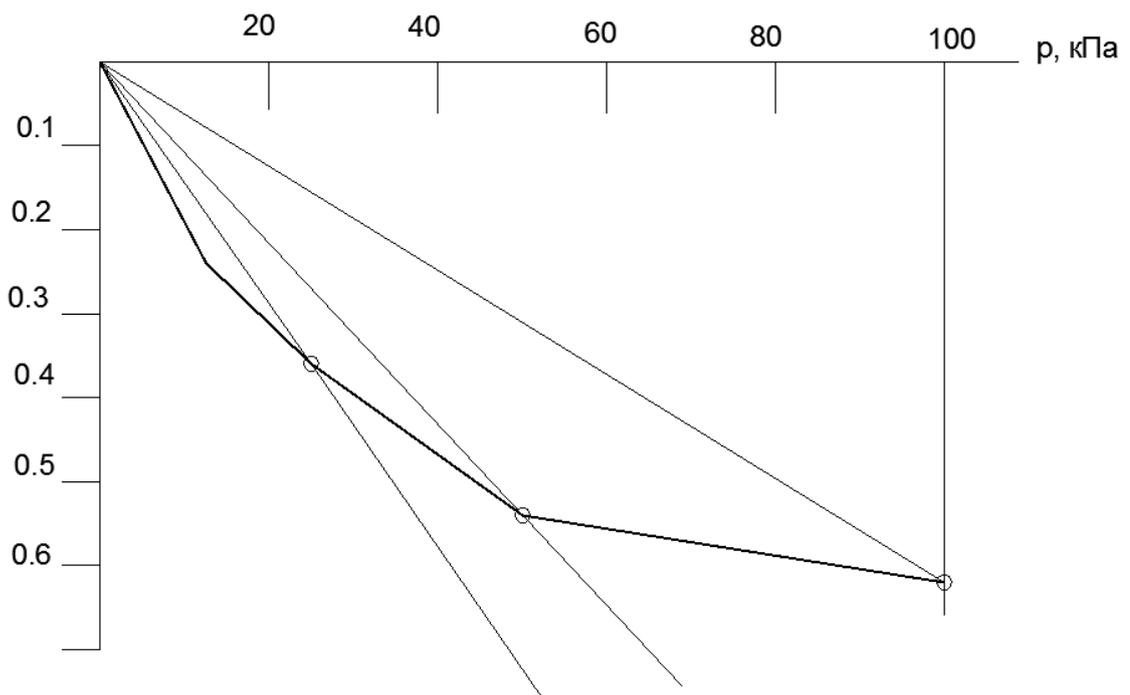


Рис. 3. Компрессионная кривая

Модуль деформации в различных интервалах давления находим по формуле $E_{oed} = \Delta p / \Delta \varepsilon$ (см. таблицу 3)

Таблица 3

Δp , кПа	0...25	0...50	0...100
E_{oed} , кПа	69	92.6	161.3

Задача 5

Условия задачи:

Прогноз развития во времени осадки торфа в основании насыпи за счет вертикальной фильтрации представлен в предыдущем примере. Для ускорения консолидации торфа решено применить вертикальные ленточные дрены, размещаемые по треугольной сетке с шагом D м. Ширина дрен равна b см. Эксперименты показали, что коэффициент консолидации торфа при горизонтальной фильтрации в два раза больше, чем при вертикальной $c_v = 6,2 \text{ м}^2/\text{год}$. Необходимо найти время достижения степени консолидации 0,9.

Пример расчета:

Исходные данные: $D = 1,7$ м, $b = 8$ см,

Эквивалентный диаметр зоны влияния дрены:

$$D_e = 1,05D = 1,05 \cdot 1,7 = 1,78 \text{ м.}$$

Условный диаметр ленточной дрены: $d = b/\pi = 0,08/3,14 = 0,025$ м.

Отношение диаметров: $n = D_e/d = 1,78/0,025 = 71,2$ м.

Отсюда: $F_v = \frac{71,2^2}{71,2^2 - 1} \ln 71,2 - 0,75 = 3,51;$

Воспользовавшись значениями времени из предыдущего примера, находим для каждого из них фактор времени:

$$T_r = \frac{c_r t}{D_e^2} = \frac{6,2t}{1,78^2} = 1,95t;$$

Вычисления сводим в таблицу:

Таблица № 4

t , ГОДЫ	0,04	0,26	0,50	1,02	1,49
u_v	0,10	0,25	0,35	0,50	0,60
T_r	0,078	0,507	0,975	1,989	2,91
$(-8T_r/F_v)$	-0,17	-1,15	-2,22	-4,53	-6,63
u_r	0,16	0,68	0,89	0,99	0,99
u	0,24	0,76	0,93	0,99	1,00

Вычислив показатель степени $(-8T_r/F_v)$, по формулам находим u и u_r .

Требуемое значение степени консолидации будет достигнуто за 0,5 года или 6 месяцев.

Задача 6

Условия задачи:

Найти скорость развития деформаций основания насыпи за счет вторичной консолидации торфа через 5 и 10 лет после отсыпки, с учетом коэффициента вторичной консолидации торфа c_a .

Пример расчета:

Исходные данные: $c_a = 0,07$

По формулам находим осадку за счет вторичной консолидации торфа в течение года за интервалы времени 5...6 и 10...11 лет:

$$S_a = 0,07 \cdot 5 \cdot \ln(6/5) = 0,063 \text{ м};$$

$$S_a = 0,07 \cdot 5 \cdot \ln(11/10) = 0,033 \text{ м};$$

Таким образом, осадка будет происходить со скоростью 6,3 и 3,3 см/год.

Задача 7

Условия задачи:

Проектируется свайный фундамент жилого дома. Испытания свай динамической нагрузкой дали несущую способность F_d . Размеры поперечного сечения свай $b_c \times h_c$. В основании присутствует слой торфа мощностью 2,00 м. Торф перекрывается слоем техногенных отложений, представленных песком средней крупности, средней плотности, мощностью 3,2 м. Расчет показал, что консолидация торфа не завершится к моменту окончания строительства, а осадка превысит $Su/2$.

Пример расчета:

Исходные данные: $b_c \times h_c = 35 \times 35$ см, $F_d = 890$ кН

Толща песка разделяется на два слоя толщиной менее 2 м. Используя значения f_n для песка средней крупности, приведенные в табл. 7.3 СП 24.13330.2011, находим силу негативного трения, действующую на ствол сваи.

Таблица 5

Грунт	h_i , м	z_i , м	f_i , кПа	$f_i h_i$, кН/м
Песок	1,6	0,8	35	56
Песок	1,6	2,4	44	70,4

Торф	2	4,1	5	8,2
Сумма				134.6

$$F_n = 4 \cdot 0,35 \cdot 134,6 = 134,6 \text{ кН.};$$

Максимальная нагрузка, которую можно передать на сваю (включая ее собственный вес) определяем по формуле:

$$N_{max} = \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k} - 2F_n;$$

$$N_{max} = \frac{1,15 \cdot 890}{1,15 \cdot 1,40} - 2 \cdot 134,6 = 366,51 \text{ кН};$$

При использовании упрощенной методики:

Таблица 6

Грунт	h_i , м	z_i , м	f_i , кПа	$f_i h_i$, кН/м
Песок	1,6	0,8	0,4·35	22.4
Песок	1,6	2,4	0,4·44	28.2
Торф	2	4,1	5	8,2
Сумма				58.8

$$F_n = 4 \cdot 0,35 \cdot 58,8 = 58,8 \text{ кН.};$$

$$N_{max} = \frac{1,15 \cdot 890}{1,15 \cdot 1,40} - 2 \cdot 58,8 = 518.11 \text{ кН};$$

Задача 8

Условия задачи:

Рассчитать подъем ленточного фундамента под внутреннюю несущую стену здания при экранировании поверхности набухающего грунта. Здание имеет размер в плане $L \times B$. Ширина подошвы ленточного фундамента b_f , давление по подошве 0,2 МПа, глубина заложения $d=1$ м. Основанием служат хвалынские набухающие глины, залегающие слоем толщиной h и подстилаемые пылеватыми песками. Покровные отложения представлены суглинками плотностью $1,85 \text{ г/см}^3$. Плотность хвалынских набухающих глин γ , плотность частиц $2,77 \text{ г/см}^3$, а коэффициент пористости 0,83. Уровень подземных вод находится на глубине z от подошвы ленточного фундамента.

Пример расчета:

Исходные данные: $L \times B=42 \times 24 \text{ м}$, $b_f=1,5 \text{ м}$, $d=1 \text{ м}$, $P=200 \text{ кПа}$, $h=6 \text{ м}$, $z=5 \text{ м}$, $\gamma=1,79 \text{ г/см}^3$

За счет экранирования поверхности увеличение влажности грунта возможно в пределах всего здания, и поэтому отношение $\frac{L_w}{B_w} = \frac{42}{24} = 1,75$ а значение коэффициента kg в пределах зоны увеличения влажности ($0 \ll z \ll 6 \text{ м}$), так как при $z=6 \text{ м}$ отношение $\frac{(z+d)}{B_w} = 0,54$.

Разбиваем основание ниже подошвы фундамента на слои толщиной 0,5 м и определяем суммарные давления, действующие в середине каждого слоя при набухании грунта за счет экранирования поверхности.

Для определения значений равновесной влажности слоя w_{eq} для заданных значений уровня грунтовых вод и суммарного давления необходимо располагать зависимостью $w_{sw} = f(p)$. Для хвалынских глин эта зависимость по экспериментальным данным аппроксимируется в виде:

$$\lg \frac{p_i}{\gamma_w} = 6.54 + 3.04 \lg(0.4 - w) \text{ при } 0,34 < w < 0.4$$

$$\lg \frac{p_i}{\gamma_w} = 1.8 + 16.81 \lg(0.4 - w) \text{ при } w < 0,34$$

Для удобства эти зависимости следует представить графически в координатах $(\lg \frac{p_i}{\gamma_w}, w)$.

Величину подъема ленточного фундамента определяем по формуле

$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{swi} h_i k_{swi};$$

Где ε_{swi} - относительное набухание i -го слоя, определяемое в зависимости от причин набухания; h_i - толщина рассматриваемого слоя грунта, ; k_{swi} - коэффициент принимаемый: $k_{sw}=0,8$ при суммарном давлении $\sigma_{z,tot}=0.05 \text{ МПа}$; $k_{sw}=0,6$ при суммарном давлении $\sigma_{z,tot}=0.3 \text{ МПа}$; $k_{sw}=0,84$ -

008 $\sigma_{z,tot}/\sigma_0$ (где $\sigma_0 = 0,1$ МПа) при промежуточных значениях $\sigma_{z,tot}$ значения ε_{swi} принимаются по формуле (2)

$$\varepsilon_{sw} = k(w_{eq} - w_0)/(1 + e_0);$$

где k - коэффициент, определяемый опытным путем, а при отсутствии экспериментальных данных принимаемый равный 2; w_{eq} - конечная влажность грунта, w_0 - начальная влажность грунта, e_0 - начальное значение коэффициента пористости грунта.

Тогда для приведенных в табл.1. значений w_0 , w_{eq} , k_{sw} , найденных для 12 слоев грунта мощность $H=6$ м, и при постоянных значениях коэффициента пористости $e_0 = 0.83$, $h_i = 0.5$ м получим:

$$h_{sw} = \sum_d^H \frac{2(w_{eq} - w_0)}{1 + e_0} \cdot h_i \cdot k_{swi} = \frac{2}{1 + 0.83} \cdot 50(0.103 \cdot 0.68 + 0.03 \cdot 0.71 + 0.024 \cdot 0.724 + 0.027 \cdot 0.747 + 0.006 \cdot 0.756 + 0.017 \cdot 0.7568 + 0.0125 \cdot 0.764 + 0.0105 \cdot 0.763 + 0.0105 \cdot 0.76 + 0.0105 \cdot 0.756 + 0.0105 \cdot 0.752 + 0.0105 \cdot 0.75 + 0.0105 \cdot 0.741 + 0.0105 \cdot 0.736 + 0.0105 \cdot 0.728 + 0.0105 \cdot 0.722 + 0.0105 \cdot 0.716 + 0.0105 \cdot 0.709 + 0.0105 \cdot 0.702 + 0.0105 \cdot 0.696 + 0.0105 \cdot 0.69 + 0.0105 \cdot 0.684 + 0.0105 \cdot 0.676 = 18,39 \text{ см.}$$

Z, m	E	α	$\sigma_{z,g}$ <i>MIa</i>	$\sigma_{z,p}$ <i>MIa</i>	$\sigma_{z,tot}$ <i>MIa</i>	$2\sigma_{z,tot}$ $/\gamma$	$z + 2\sigma_{z,tot}$ $/\gamma$	$\frac{pi}{\gamma_w}$	$lg \frac{pi}{\gamma_w}$	w_{eg}	w_0	Δw	k_{sw}
0.25	0.3125	0.98	0.004475	0.1862	0.190675	1376.715	2376.7148	2348.334	3.3707	0.309	0.206	0.103	0.688
0.75	0.9375	0.85	0.013425	0.1615	0.174925	1262.996	2262.9964	2179.341	3.338	0.311	0.278	0.033	0.71
1.25	1.5625	0.647	0.022375	0.12293	0.145305	1049.134	2049.1336	1893.77	3.2773	0.314	0.29	0.024	0.724
1.75	2.1875	0.446	0.031325	0.08474	0.116065	838.0144	1838.0144	1630.296	3.212	0.315	0.288	0.027	0.747
2.25	2.8125	0.343	0.040275	0.06517	0.105445	761.3357	1761.3357	1498.894	3.1757	0.316	0.31	0.006	0.756
2.75	3.4375	0.29	0.049225	0.0551	0.104325	753.2491	1753.2491	1434.997	3.1568	0.317	0.3	0.017	0.7568
3.25	4.0625	0.195	0.058175	0.03705	0.095225	687.5451	1687.5451	1331.257	3.1242	0.3175	0.305	0.0125	0.764
3.75	4.6875	0.153	0.067125	0.02907	0.096195	694.5487	1694.5487	1291.928	3.1112	0.3175	0.307	0.0105	0.7632
4.25	5.3125	0.123	0.076075	0.02337	0.099445	718.0144	1718.0144	1266.774	3.102	0.3175	0.307	0.0105	0.7608
4.75	5.9375	0.101	0.085025	0.01919	0.104215	752.4549	1752.4549	1254.763	3.0985	0.3175	0.307	0.0105	0.7568
5.25	6.5625	0.084	0.093975	0.01596	0.109935	793.7545	1793.7545	1249.054	3.0965	0.3175	0.307	0.0105	0.752
5.75	7.1875	0.071	0.102925	0.01349	0.116415	840.5415	1840.5415	1248.074	3.0962	0.3175	0.307	0.0105	0.75
6.25	7.8125	0.061	0.111875	0.01159	0.123465	891.444	1891.444	1250.81	3.0971	0.3175	0.307	0.0105	0.741
6.75	8.4375	0.0527	0.120825	0.010013	0.130838	944.6787	1944.6787	1255.764	3.0989	0.3175	0.307	0.0105	0.736
7.25	8.4375	0.051	0.129775	0.00969	0.139465	1006.968	2006.9675	1327.206	3.1229	0.3175	0.307	0.0105	0.728
7.75	8.4375	0.046	0.138725	0.00874	0.147465	1064.729	2064.7292	1333.286	3.1249	0.3175	0.307	0.0105	0.722
8.25	8.4375	0.04	0.147675	0.0076	0.155275	1121.119	2121.1191	1368.464	3.1362	0.3175	0.307	0.0105	0.716
8.75	8.4375	0.038	0.156625	0.00722	0.163845	1182.996	2182.9964	1364.373	3.1349	0.3175	0.307	0.0105	0.709
9.25	8.4375	0.034	0.165575	0.00646	0.172035	1242.13	2242.13	1384.031	3.1411	0.3175	0.307	0.0105	0.702
9.75	8.4375	0.03	0.174525	0.0057	0.180225	1301.264	2301.2635	1373.069	3.1376	0.3175	0.307	0.0105	0.696
10.25	8.4375	0.019	0.183475	0.00361	0.187085	1350.794	2350.7942	1391.002	3.1433	0.3175	0.307	0.0105	0.69
10.75	8.4375	0.017	0.192425	0.00323	0.195655	1412.671	2412.6715	1419.219	3.1520	0.3175	0.307	0.0105	0.684
11.25	8.4375	0.016	0.201375	0.00304	0.204415	1475.921	2475.9206	1439.489	3.1582	0.3175	0.307	0.0105	0.676

Задача 9

Условия задачи:

Рассчитать подъем фундамента размером $l_f \times b_f$ под колонну здания размером в плане $L \times B$. Давление по подошве квадратного фундамента P , глубина его заложения d . Основанием фундаментов служат набухающие глины, залегающие слоем толщиной h от поверхности и подстилаемые пылеватыми песками. Плотность глин γ , давление набухания по лабораторным испытаниям p_{sw} . В процессе эксплуатации возможно увлажнение грунта водой в пределах всего здания; отношение сторон замачиваемой площади $\frac{L_w}{B_w} = 1,8$.

Пример расчета:

Исходные данные: $l_f \times b_f = 2,0 \times 2,5$ м, $L \times B = 24 \times 18$ м, $d = 1,3$ м, $P = 210$ кПа, $p_{sw} = 0,39$ МПа, $h = 13$ м, $\gamma = 2,06$ т/м³.

Подъем основания фундаментов при набухании грунта в случае его замачивания определяется по формуле

$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{swi} h_i k_{swi}$$

где ε_{swi} - относительное набухание i -го слоя, определяемое в зависимости от причин набухания; h_i - толщина рассматриваемого слоя грунта; k_{swi} - коэффициент принимаемый: $k_{sw} = 0,8$ при суммарном давлении $\sigma_{z,tot} = 0,05$ МПа; $k_{sw} = 0,6$ при суммарном давлении $\sigma_{z,tot} = 0,3$ МПа; $k_{sw} = 0,84 - 0,008 \sigma_{z,tot} / \sigma_0$ (где $\sigma_0 = 0,1$ МПа) при промежуточных значениях $\sigma_{z,tot}$.

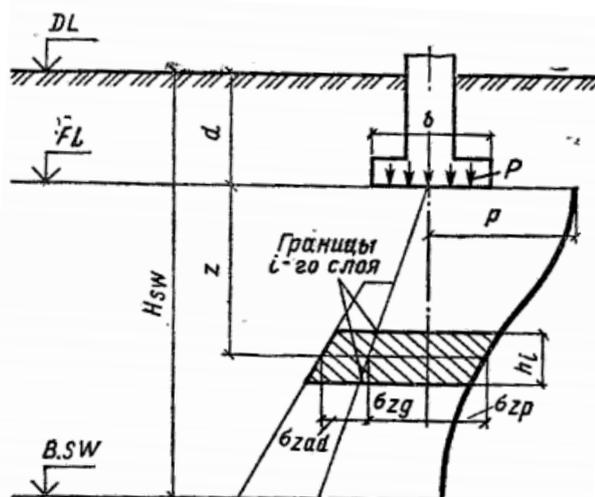


Рис.4. К расчету подъема фундамента при набухании грунта

Суммарные давления $\sigma_{z,tot}$ в середине i -го рассматриваемого слоя (рис.4.) грунта в основании сооружения определяются по формуле:

$$\sigma_{z.tot} = \sigma_{zp} + \sigma_{zg} + \sigma_{zad};$$

где σ_{zp} - давление от нагрузки фундамента в середине рассматриваемого слоя; σ_{zg} - давление от собственного веса толщи грунта от подошвы фундамента до середины рассматриваемого слоя, σ_{zad} - дополнительное давление, действующее в середине рассматриваемого слоя и возникающее вследствие влияния веса неувлажненной части массива, расположенной вне пределов площади замачивания:

$$\sigma_{zad} = k_g \gamma (d + z);$$

где k_g - коэффициент, принимаемый по таблице, γ - удельный вес набухающего грунта; z - расстояние от подошвы фундамента до середины рассматриваемого слоя; d - глубина заложения подошвы фундамента от отметки планировки.

Разбиваем основание ниже подошвы фундамента на 13 слоев толщиной 1 м и определяем суммарное давление, действующее в середине каждого слоя при набухании грунта. Для первого слоя, примыкающего к подошве фундамента, найдем значение коэффициента k_g середина этого слоя расположена на глубине $z+d=0,5+1,3=1,8$ м; тогда при $(z+d)/B_w=1,8/18=0,1$ значение $k_g=0$. Для этого слоя давление от фундамента $\sigma_{zp} = 0.24 \cdot 0.75 = 0.18$ МПа, $\sigma_{zg} = \gamma z = 0.025 \cdot 0.5 = 0.01$ МПа.

На глубине 10,5 м от подошвы фундамента суммарное давление больше давления набухания грунта, поэтому толщину зоны набухания принимаем 11 м от подошвы фундамента.

Для определения зависимости $\varepsilon_{sw} = f(p)$ были испытаны в компрессионных приборах шесть образцов. Эти образцы замачивались под нагрузкой 0,007; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 МПа.

Значения относительного набухания для характерных давлений следующие:

Таблица 8

P, МПа	0.07	0.08	0.096	0.11	0.15	0.18	0.226	0.27
ε_{sw} , %	3.2	3	2.4	2	1.8	1.7	1.3	1

Таблица 9

Исходные данные для определения $\sigma_{z.tot}$

z	$z+d/B_w$	k_g	σ_{zp}	γz	σ_{zad}	$\sigma_{z.tot}$	k_{sw}
0.5	0.093	0	0,187	0.01	0	0,195	0.69
1.5	0.135	0	0,045	0.037	0	0,082	0.781
2.5	0.177	0	0,0175	0.062	0	0,0795	0.783
3.5	0.218	0	0,0875	0.087	0	0,1745	0.71
4.5	0.26	0	0,0625	0.09	0	0,1525	0.714
5.5	0.3	0	0,00375	0.11	0	0,11375	0.743
6.5	0.34	0	0,00125	0.16	0	0,131	0.731
7.5	0.385	0	-	0.18	0	0,15	0.74
8.5	0.42	0	-	0.17	0	0,1775	0.692

9.5	0.46	0	-	0.21	0	0,214	0.661
10.5	0.501	0	-	0.26	0	0,256	0.6341
11.5	0.55	0.058	-	0.28	0.019	0.29	0.6232
12.5							
13,0							

Определяем подъем фундамента:

$$h_{sw} = 100(1.8 * 0.69 + 3.2 * 0.781 + 3.3 * 0.783 + 3 * 0.71 + 2.4 * 0.714 + 2 * 0.743 + 1.81 * 0.731 + 1.7 * 0.74 + 1.3 * 0.692 + 1 * 0.661 + 0.5 * 0.6341 + 0.3 * 0.6232)0.01 = 15.67\text{см}$$

Задача 10

Условия задачи:

Найти нормативную глубину сезонного оттаивания суглинка под песчаной насыпью высотой 1,5 м. Среднегодовая температура суглинка $T = -9^\circ\text{C}$. Физические и теплофизические свойства песка и суглинка приведены в таблице.

Таблица 10

Грунт	ρ , г/см ³	ρ_{th} , г/см ³	W	λ_{th} , Вт/(м·°C)	λ_f , Вт/(м·°C)	c_{vth} , Дж/(м ³ ·°C)	c_{vf} , Дж/(м ³ ·°C)
Песок	1,71	1,6	0,07	1,2	1,37	$1,67 \cdot 10^6$	$1,43 \cdot 10^6$
Суглинок	2,07	1,7	0,22	1,52	1,78	$3,18 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^6$

Средние значения среднемесячной температуры воздуха составляют:

Таблица 11

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T, ^\circ\text{C}$	-17.8	-19.2	-16.6	-9.5	-3.4	2.8	8.9	8.8	4.9	-2.2	-9.5	-13.9

Продолжительность зимнего периода $t_{fi} = 238$ сут. летнего $t_{lm} = 127$ сут.

Пример расчета:

Исходные данные: $T = -9^\circ\text{C}$, $h_n = 1,5$ м, $T_{bf} = -0,21^\circ\text{C}$.

Расчет индексов промерзания и оттаивания приведен в таблице:

Таблица 12

Месяц	Число дней	$T, ^\circ\text{C}$	$U^\circ\text{C, сут.}$	$\backslash F, \backslash, ^\circ\text{C сут.}$
1	2	3	4	5
I	31	-17.8		551,8
II	28	-19.2		537.6
III	.31	-16.6		514.6

IV	30	-9.5		285,0
V	31	-3.4		105.4
VI	30	2.8	84.0	
VII	31	8,9	275,9	
VIII	31	8.8	272.8	
IX	30	4.9	147,0	
X	31	-2.2		682.0
XI	30	-9.5		285.0
XII	31	-13,9		430.9
Итого			779,7	3392.3

Продолжительность периода с положительной температурой $t_{hm} = 163$ сут = 3912 ч = 14.08×10^6 с. отсюда $t_{thc} = 1.15 \cdot 3912 + 0.1 \cdot 3600 = 6228$ ч = 22.42×10^6 с.

Средняя температура теплого периода года $T_{thm} = U/t_{thm} = 779,7/163 = 4,8$ °С. отсюда $t_{thm} = 1.4 \cdot 4.8 + 2.4 = 9,1$ °С.

Проведем расчет глубины оттаивания основания, сложенного суглинком (грунт 2).

Температура начала замерзания суглинка $T_{bf} = -0,21$ °С.

Вычислим температуру $T = (-9 + 0,21)(6228 / 3600 - 0,22) = -13,3$ °С; тогда $0,5T = -6,63$ °С.

Содержание незамерзшей воды при $T = -6.63$ °С; $W_w = 0.456 \cdot 0.19 = 0.087$;

Теплота фазовых переходов $Q_v = 386 \cdot 1700 \cdot (0.22 - 0.08) = 91.7 \cdot 10^6$ Дж/м³
 $Q_1 = 91.7 \cdot 10^6 + (6228/7500 - 0.1) \cdot [3.18 \cdot 10^6 (9,1 + 0,2) - 2.7 \cdot 10^6 (-9 + 0.21)] = 40 \cdot 10^6$ Дж/м³.

$Q = 1.8(0.25 - 6228/3600) \cdot (-9 + 0.21) \sqrt{1,78 \cdot 2.7 \cdot 10^6} \cdot 13,91 \cdot 10^6 = 19,6 \cdot 10^6$ Дж/м³

Находим глубину оттаивания:

$$d_{th2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,52 \cdot (9,8 + 0,21) \cdot 15,91 \cdot 10^6}{90 \cdot 10^6} + \left(\frac{19,6 \cdot 10^6}{2 \cdot 90 \cdot 10^6}\right)^2} - \frac{19,6 \cdot 10^6}{2 \cdot 40 \cdot 10^6}$$

$$= 2,07 \text{ м}$$

Проведя аналогичные вычисления для основания, сложенного песком (грунт 1) $T_{bf} = 0$, $W_w = 0$ нашли глубину сезонного оттаивания $d_{th1} = 2.43$ м

Нормативная глубина оттаивания двуслойного основания:

$$d_{th} = 1,75 + 1,5(1 - 1,75/2.43) = 2,08 \text{ м.}$$

Нормативная глубина оттаивания суглинка под песчаной насыпью:

$$2,08 - 1,2 = 0.58 \text{ м}$$

Задача 11

Условия задачи:

Рассчитать осадку фундамента за счет усадки грунта под воздействием климатических факторов. Фундамент имеет размер $l_f \times b_f$ и глубину заложения 2м. Давление по подошве фундамента P . Основанием служат глины, залегающие слоем толщиной 8м от поверхности. Плотность грунта равна 2т/м^3 . Нижняя граница зоны усадки расположена на глубине 5м.

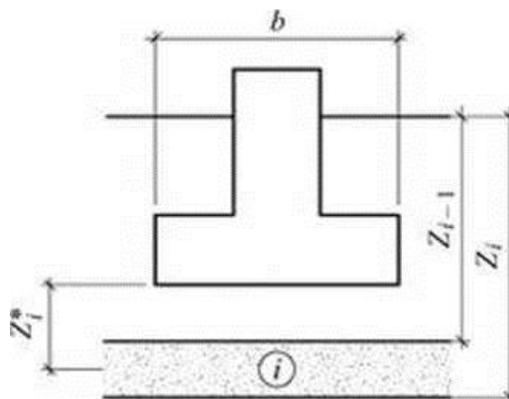


Рис. 5. Схема к расчету деформаций при оттаивании основания

Пример расчета:

Исходные данные: $P=0,19$ МПа, $l_f \times b_f=2,1 \times 3$ м.

Разбиваем массив грунта ниже подошвы фундамента на три слоя толщиной 1м. В середине первого слоя давление от фундамента:

$$\sigma_{zp,i}=P \cdot \alpha=0,19 \cdot 0,07=0,013 \text{ МПа}$$

Давление от собственного веса грунта составляет 0,01 МПа. Общее давление в середине первого слоя равно 0,023 МПа, во втором слое – 0,066 МПа, а в третьем – 0,064. Относительная усадка при этих давлениях соответственно 0,042; 0,019; 0,017. Тогда:

$$S=100 \cdot 1,3(0,042+0,019+0,017)=10,14 \text{ см}$$

Задача 12

Условия задачи:

Найти осадку основания фундамента при оттаивании под его подошвой суглинка на глубину H_{th} . Размеры подошвы фундамента $l \times b_f$, глубина заложения d , среднее давление под подошвой P . С поверхности до глубины h_1 залегает песок с удельным весом γ_1 , ниже — суглинок со следующими свойствами: толщина слоя грунта h_2 , удельный вес γ_2 коэффициент оттаивания $A_{th} = 0,057$, коэффициент сжимаемости при оттаивании $m_{th} = 0,17$ МПа⁻¹.

Пример расчета:

Исходные данные: $H_{th} = 1,3$ м, $l \times b_f = 1,5 \times 1,8$ м, $d = 1,9$ м, $P = 260$ кПа, $A_{th} = 0,057$, $m_{th} = 0,17$ МПа⁻¹, $\gamma_1 = 19$ кН/м³, $\gamma_2 = 18,1$ кН/м³, $h_1 = 1,3$ м, $h_2 = 3,3$ м.

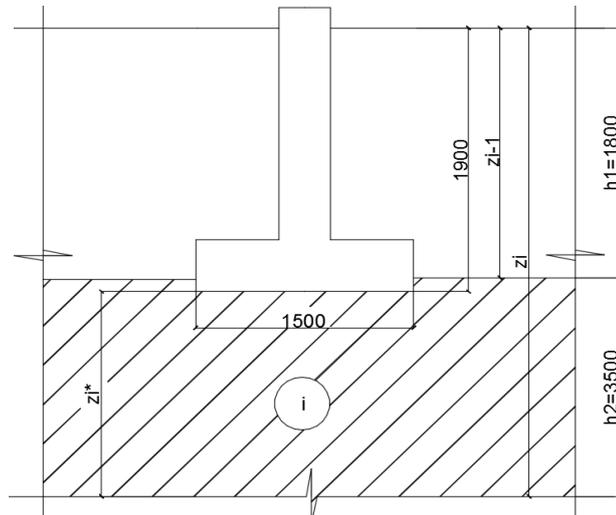


Рис.6.Схема к расчету деформаций при оттаивании основания.

Осадку основания при оттаивании мерзлого грунта находят с использованием расчетной схемы линейно – деформируемого слоя конечной толщины по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n A_{th,i} \cdot h_i + \sum_{i=1}^n m_{th,i} \cdot \sigma_{zg,i} \cdot h_i + (p - \sigma_{zg0}) \cdot b \cdot k_h \cdot \sum_{i=1}^n m_{th,i} \cdot k_{\mu,i} \cdot (k_i \cdot k_{i-1});$$

где $A_{th,i}$ – коэффициент оттаивания i -го слоя грунта; $m_{th,i}$ – коэффициент сжимаемости i -го слоя при оттаивании; h_i – толщина i -го слоя оттаивающего грунта; $\sigma_{zg,i}$ – напряжение от собственного веса грунта в середине i -го слоя грунта; p – среднее давление под подошвой фундамента; $\sigma_{zg,0}$ – напряжения от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента; b – ширина подошвы фундамента; k_h – коэффициент, определяется по таблице, в зависимости от отношения $\frac{H_{th}}{b}$, где H_{th} – глубина

зоны оттаивания(от подошвы фундамента); $k_{\mu,i}$ -коэффициент, зависящий от вида грунта и отношения z_i^*/b , где z_i^* - расстояние от подошвы фундамента до i -го слоя грунт; k_i, k_{i-1} - коэффициенты, определяемые по таблице, в зависимости от соотношения сторон подошвы фундамента о относительной глубины подошвы слоя; z_i и z_{i-1} - расстояние от подошвы фундамента до i -го слоя и $i-1$ слоя грунта соответственно.

Массив оттаявшего грунта под подошвой фундамента делим на три слоя толщиной по 0,5 м каждый.

Находим первое слагаемое в формуле (1)

$$s_1 = 3 \cdot 0,057 \cdot 0,5 = 0,085 \text{ м.}$$

Напряжения от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента:

$$\sigma_{zg,0} = 19,0 \cdot 1,9 = 36,1 \text{ кПа.}$$

Напряжения от собственного веса грунта в середине слоев оттаявшего грунта:

$$\sigma_{zg,1} = 36,1 + 19,0 \cdot 0,25 = 40,85 \text{ кПа,}$$

$$\sigma_{zg,2} = 40,85 + 19,0 \cdot 0,75 = 55,1 \text{ кПа,}$$

$$\sigma_{zg,3} = 55,1 + 19,0 \cdot 1,25 = 78,85 \text{ кПа,}$$

Находим второе слагаемое:

$$s_2 = 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5(40,85 + 55,1 + 78,85) = 0,015 \text{ м.}$$

При $\frac{H_{th}}{b}=0,77$, находим $k_h=1,15$

Вычисление коэффициентов $k_i, k_{i-1}, k_{\mu,i}$ сводим в таблицу:

Таблица 13

Слой	$h_i, \text{м}$	$z_i^*, \text{м}$	$z_i^* / b, \text{м}$	$k_{\mu,i}$	$z_i^i, \text{м}$	$z_i / b,$	k_i	$k_i - k_{i-1},$
1	0,43	0,215	0,143	1,55	0,55	0,37	0,2	0,2
2	0,43	0,645	0,43	1,79	1,65	1,1	0,5	0,3
3	0,43	1,075	0,72	1,96	2,75	1,83	0,65	0,15

Находим третье слагаемое:

$$s_3 = (260 - 36,1) \cdot 1,9 \cdot 1,15 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot (1,36 \cdot 0,135 + 1,42 \cdot 0,31 + 1,45 \cdot 0,446) = 0,126 \text{ м.}$$

Осадка основания $S = 0,085 + 0,015 + 0,126 = 0,226 \text{ м.}$

Задача 13

Условия задачи:

Исходные данные: марка машины РД75/6; масса машины 19 т; масса приводного электродвигателя 2,3 т; мощность приводного электродвигателя 90 кВт; частота вращения электродвигателя 720 мин⁻¹; частота вращения главного вала $n_r = 320$ мин⁻¹. Расчетные динамические нагрузки, координаты точек их приложения, координаты центра тяжести машины, размеры верхней части фундамента, диаметр, конструкция и привязка анкерных болтов и другие исходные данные для проектирования заданы в строительном задании завода – изготовителя машины на устройство фундамента. Схема нагрузок, действующая на фундамент, приведена на рис. 7. Допускаемые амплитуды горизонтальных и вертикальных колебаний фундамента для I гармоника должны быть не более 0,19 мм.

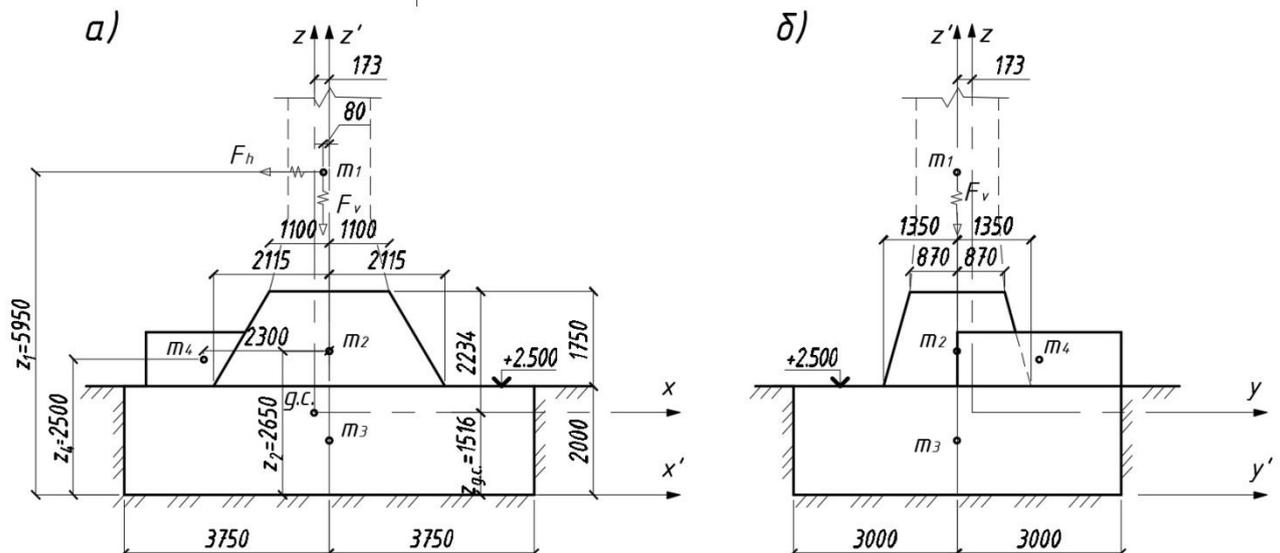


Рис. 7. Фундамент лесопильной рамы РД 75/6: а) вид спереди; б) вид сбоку.

Конструкцию фундамента пилорамы принимаем массивной из монолитного железобетона. Фундамент состоит из нижней прямоугольной плиты размер 6×7.5 м и высотой 2 м, принятый из условий расположения приводного электродвигателя, требования симметрии и оптимальной массы фундамента, и верхней скошенной части, принятым по технологическим условиям. Отметка засыпки грунта находится на уровне верха прямоугольной плиты. Материал фундамента – бетон марки М200, арматура – горячекатаная, круглая и периодического профиля, соответственного классов А-I и А-II.

Схема масс элементарных объемов фундамента и машины с привязкой их к осям фундамента, проходящим через центр тяжести подошвы фундамента, приведена на рис. 7.

Масса пилорамы m_1 ; масса скошенной части фундамента m_2 ; масса прямоугольной части фундамента m_3 ; масса электродвигателя с бетонной подготовкой m_4 .

Пример расчета:

Исходные данные: $m_1 = 19$ т, $m_2 = 30$ т, $m_3 = 249$ т, $m_4 = 36$ т

Полная масса фундамента

$$m_f = 30 + 249 + 36 = 315 \text{ т.}$$

Масса пилорамы и электродвигателя привода

$$m_m = 19 + 2,3 = 21,3 \text{ т.}$$

Масса всей установки

$$m = m_f + m_m = 315 + 21,3 = 336,3 \text{ т.}$$

Находим координаты центра тяжести установки по оси Z. Статические моменты масс элементов установки относительно оси, проходящей через подошву фундамента, будут:

$$S_1 = 19 \cdot 5,95 = 113,05 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$S_2 = 30 \cdot 2,65 = 79,5 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$S_3 = 249 \cdot 1 = 249 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$S_4 = 21,3 \cdot 2,5 = 53,25 \text{ т} \cdot \text{м}$$

$$\sum_{i=1}^n S_i = 113,05 + 79,5 + 249 + 53,25 = 494,8 \text{ т} \cdot \text{м}$$

Расстояние от центра тяжести установки до подошвы фундамента

$$Z_{g,c} = h_1 = \frac{\sum S_i}{m} = \frac{494,8}{336,3} = 1,47 \text{ м}$$

Находим координаты по оси X. Расстояние до центра тяжести установки по оси X'

$$X_{g,c} = \frac{m_1 \cdot 0,08 + (m_2 + m_3)0 + m_4 \cdot 2,3}{m} = \frac{19 \cdot 0,08 + 36 \cdot 2,3}{336,3} = 0,25 \text{ м}$$

Координату центра тяжести установки по оси Y не определяем, так как эксцентриситет по оси Y весьма мал, а расчет фундамента на колебания должен производиться только в направлении оси X (по направлению действия динамических сил).

В основании фундамент залегают пески средней крупности, средней плотности, маловлажные с расчетным сопротивлением $R = 350$ кПа и модулем деформации $E = 3 \cdot 10^4$ кПа. Проверяем условие при $\gamma_{c0} = 1$ и $\gamma_{c1} = 1$. Среднее давление $p = \frac{Q}{A}$, где $Q = mg$, тогда

$$p = \frac{336,3 \cdot 9,81}{6 \cdot 7,5} = 73,5 < 1 \cdot 1 \cdot 350 = 350 \text{ кПа}$$

Расчет прочности массивного железобетонного фундамента не требуется. Армирование фундамента выполняется конструктивно.

Расчет колебаний фундамента пилорамы производится в следующем порядке.

Определяем упругие характеристики песчаного грунта основания по формулам

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_0}{A}} \right) = 1 \cdot 3 \cdot 10^4 \left(1 + \sqrt{\frac{10}{6 \cdot 75}} \right) = 44140 \text{ кН/м}^3$$

$$C_\varphi = 2C_z = 2 \cdot 44140 = 88280 \text{ кН/м}^3$$

$$C_x = 0,7C_z = 0,7 \cdot 44140 = 30900 \text{ кН/м}^3$$

Коэффициенты жесткости для естественного основания находим по формулам

$$k_z = C_z A = 44140 \cdot 6 \cdot 7,5 = 1986400 \text{ кН/м}$$

$$k_x = C_x A = 30900 \cdot 6 \cdot 7,5 = 1390000 \text{ кН/м}$$

$$k_\varphi = C_\varphi I_\varphi = 88280 \cdot 210,94 = 18623000 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$\text{где } I_\varphi = \frac{6 \cdot 7,5^3}{12} = 210,94 \text{ м}^4.$$

Значения коэффициентов относительного демпфирования определяем по формулам

$$\xi_z = \frac{2}{\sqrt{p}} = \frac{2}{\sqrt{73,5}} = 0,23$$

$$\xi_\varphi = 0,5\xi_z = 0,5 \cdot 0,23 = 0,11$$

Расчетные динамические нагрузки (для первой гармоники возмущающих сил и моментов) определяем следующим образом:

$$M = F_v e + F_h e_1.$$

Тогда при $F_v = 208 \text{ кН}$, $F_h = 39 \text{ кН}$, $e = 0,18 - 0,08 = 0,1 \text{ м}$, $e_1 = 5,95 - 1,45 = 4,5 \text{ м}$

$$M = 208 \cdot 0,1 + 39 \cdot 4,5 = 20,8 + 175,5 = 196,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Амплитуды горизонтально-вращательных и вертикальных колебаний фундамента определяются по формулам:

$$A_h = \frac{F_h}{k_x} \frac{\sqrt{\psi_1^2 + 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 \psi_2^2}}{\sqrt{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 \psi \Omega_2^2}}$$

$$A_z = \frac{F_v}{k_z \sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_z}\right)^2\right]^2 + 4\xi_z^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_z}\right)^2}}$$

$$A'_z = \frac{F_v e l \beta}{2k_x h_1^2} \frac{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2\right]^2 + 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2}}{\sqrt{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 \psi \Omega_2^2}}$$

$$A_v = A_z + A'_z$$

Для вычисления по этим по формулам амплитуд следует определить входящие в них дополнительные параметры:

$$\omega = 0,105n_r = 0,105 \cdot 320 = 33,6 \text{ с}^{-1}$$

$$\beta = \frac{h_1^2 m}{\theta} = \frac{1,45^2 \cdot 336,3}{1614,4} = 0,43$$

здесь значение $\theta = 1614,4 \text{ т} \cdot \text{м}^2$ получено путем разбивки фундамента и машины на элементарные тела, вычисления для них собственных моментов инерции и добавления переносных моментов инерции, равных произведению масс элементарных тел на квадраты расстояний от их собственных центров тяжести до общего центра тяжести установки:

$$\bar{x} = \frac{M}{F_h h_1} = \frac{196,3}{39 \cdot 1,45} = 3,47$$

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{k_x}{m}} = \sqrt{\frac{1390000}{336,3}} = 64,29 \text{ с}^{-1}$$

$$\bar{k}_\varphi = k_\varphi - Qh_1 = 18623000 - 2644 \cdot 1,45 = 18619166 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\theta_0 = \theta + mh_1^2 = 1614,4 + 336,3 \cdot 1,45^2 = 2321,5 \text{ т} \cdot \text{м}^2$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{\bar{k}_\varphi}{\theta_0}} = \sqrt{\frac{18619166}{2321,5}} = 89,5 \text{ с}^{-1}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{k_z}{m}} = \sqrt{\frac{1986400}{336,3}} = 76,85 \text{ с}^{-1}$$

$$\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} = \frac{89,5}{64,29} = 1,43 \quad \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 = 2,06$$

$$\frac{\omega}{\lambda_x} = \frac{33,6}{64,29} = 0,52 \quad \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 = 0,27 \quad \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^4 = 0,073$$

$$\frac{\omega}{\lambda_z} = \frac{33,6}{76,85} = 0,43 \quad \left(\frac{\omega}{\lambda_z}\right)^2 = 0,19$$

$$s_1 = (1 + \beta) \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 + \beta(1 + x) - \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 = (1 + 0,43)2,06 + 0,43(1 + 3,47) - 0,27 = 4,59$$

$$s_2 = (1 + \beta) \frac{\lambda_\varphi \xi_\varphi}{\lambda_x \xi_x} + \beta(1 + x) = (1 + 0,43)1,43 \cdot \frac{0,13}{0,155} + 0,43(1 + 3,47) = 3,63$$

$$s_3 = 1 + x \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2\right] = 1 + 3,47(1 - 0,27) = 3,53$$

$$s_4 = 1 + x = 1 + 3,47 = 4,47$$

$$\psi_1 = s_1 + \beta \frac{h_2}{h_1} s_3 = 4,59 + 0,43 \cdot \frac{2,234}{1,45} \cdot 3,53 = 6,92$$

$$\psi_1^2 = 27,8$$

$$\psi_2 = s_2 + \beta \frac{h_2}{h_1} s_4 = 3,63 + 0,43 \cdot \frac{2,234}{1,45} \cdot 3,53 = 5,96$$

$$\psi_2^2 = 29,48$$

$$\Omega_1 = \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^4 + (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 + 4\xi_x \xi_\varphi \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right] \right\} = 0,048 +$$

$$+ (1 + 0,35) [1,66 - 0,22(1 + 1,66 + 4 \cdot 0,155 \cdot 0,13 \cdot 1,29)] = 1,48$$

$$\Omega_1^2 = 2,19$$

$$\Omega_2 = (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 + \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 \left[1 + \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \right] \right\} = (1 + 0,35) \times$$

$$\times \left\{ 1,66 + 1,29 \frac{0,13}{0,155} - 0,22 \left[1 + 1,29 \frac{0,13}{0,155} \right] \right\} = 3,08$$

$$\Omega_2^2 = 9,5$$

Подставляя найденные параметры в соответствующие формулы находим:

$$A_h = \frac{39}{1390000} \sqrt{\frac{27,8 + 4 \cdot 0,024 \cdot 0,22 \cdot 29,48}{2,19 + 4 \cdot 0,024 \cdot 0,22 \cdot 9,5}} = 1,18 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,18 \text{ мм} <$$

$$< A_{adm} = 0,19 \text{ мм};$$

$$A_z = \frac{208}{1986400} \sqrt{(1 - 0,153)^2 + 4 \cdot 0,067 \cdot 0,155} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,12 \text{ мм}$$

$$A'_z = \frac{208 \cdot 0,1 \cdot 7,5 \cdot 0,35}{2 \cdot 1390000 \cdot 1,45^2} \sqrt{\frac{(1 - 0,22)^2 + 4 \cdot 0,024 \cdot 0,22}{2,19 + 4 \cdot 0,024 \cdot 0,22 \cdot 9,5}} = 4,67 \cdot 10^{-6} \text{ м} =$$

$$= 0,00467 \text{ мм}$$

$$A_v = A_z + A'_z = 0,12 + 0,00467 = 0,124 \text{ мм} < A_{adm} = 0,19 \text{ мм}.$$

Следовательно, параметры фундамента выбраны правильно.

Задача 14

Условия задачи:

Рассчитать колебания рамного фундамента электрической машины.

Пример расчета:

Исходные данные:

Масса машины $m_m = 20,8$ т ($m_1 = 9,1$ т и $2m_2 = 10,6$ т)

Нормативная горизонтальная динамическая сила $F_n = 30$ кН

Частота вращения главного вала $n_r = 600$ мин⁻¹

Допускаемая амплитуда колебаний фундамента $A_{adm} = 0.15$ мм

В основании фундамента залегают тугопластичные глины, имеющие модуль деформации $E = 12 \cdot 10^4$ кПа

Расчетное сопротивление на основание $R = 250$ Мпа.

Схема фундамента приведена на рисунке 8, где $Q_1 = m_1 g$, $Q_2 = m_2 g$

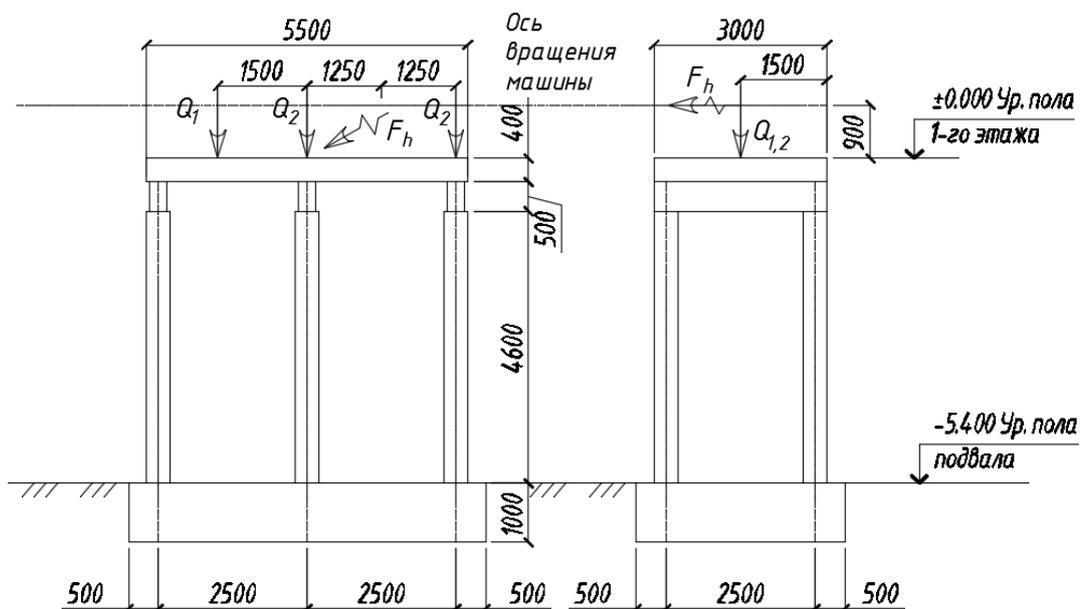


Рис. 8. Фундамент электрической машины.

Составляющими частями фундамента являются нижняя плита из монолитного железобетона, сборные железобетонные колонны и ригели (три поперечные рамы) и верхняя плита из сборного железобетона (базовая конструкция). Бетон нижней плиты марки М200, сборных элементов М300. Сечение колонн 400х400 мм, ригелей 300х500 мм.

Упругие характеристики основания фундамента определяем следующим образом:

$$\text{При } A = 3,6 \cdot 6,0 = 21,6 \text{ м}^2$$

$$C_z = 1,5 \cdot 12 \cdot 10^4 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{10}{21,6}} \right) = 302474,5 \text{ кН/м}^3$$

$$C_\varphi = 2 \cdot 302474,5 = 604948,9 \text{ кН/м}^3$$

$$C_x = 0,7 \cdot 302474,5 = 211732,1 \text{ кН/м}^3$$

$$C_\psi = 302474,5 \text{ кН/м}^3$$

$$\kappa_x = 211732,1 \cdot 21,6 = 4573414,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

при $I_\varphi = 6,0 \cdot 3,6^3 / 12 = 23,3 \text{ м}^4$

$$\kappa_\varphi = 604948,9 \cdot 23,3 = 14095309,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

при $I_\psi = 23,3 + 3,6 \cdot 6,0^3 / 12 = 88,1 \text{ м}^4$

$$\kappa_\psi = 302474,5 \cdot 88,1 = 26648003,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Коэффициенты относительного демпфирования основания определяются, если угловая частота вращения машины отличается менее чем на 25% от собственных угловых частот колебаний установки.

Коэффициенты жесткости конструкции фундамента с учетом упругости основания в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины, и при повороте в горизонтальной плоскости находим по формулам:

$$S_x = \frac{1}{1/\kappa_x + 1/\kappa_\varphi + 1/S'_x}$$

$$S_\psi = \frac{1}{1/\kappa_\psi + 1/S'_\psi}$$

где $h=6,5$ м. – высота фундамента.

Для определения $S'_x = \sum_{i=1}^n S_i$ (сумма коэффициентов жесткости всех поперечных рам в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины) и $S'_\psi = \sum_{i=1}^n S_i e_i^2$ (то же, при повороте верхней плиты в горизонтальной плоскости относительно ее центра тяжести) необходимо вычислить дополнительные параметры:

$$e_1 = e_s = 2,5 \text{ м}; e_2 = 0;$$

$$S_i = \frac{12E_{bt}I_{hi}(1 + 6k_i)}{h_i^3(2 + 3k_i)}$$

$$E_{bt} = 2,9 \cdot 10^7 \text{ кПа};$$

$$K_i = \frac{hI_{li}}{l_iI_{hi}}$$

$$I_{h1} = I_{h2} = I_{h3} = 0,4 \cdot 0,4^3 / 12 = 0,00213 \text{ м}^4$$

$$I_{l1} = I_{l2} = I_{l3} = 0,3 \cdot 0,5^3 / 12 = 0,00313 \text{ м}^4$$

$$h_1 = h_2 = h_3 = 4,85 \text{ м}$$

$$l_1 = l_2 = l_3 = 2,6 \text{ м}$$

$$h_1 = h_2 = h_3 = 4,85 \text{ м}$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = 4,85 \cdot 0,00313 / (2,6 \cdot 0,00213) = 2,74$$

$$S_1 = S_2 = S_3 = \frac{12 \cdot 2,9 \cdot 10^7 \cdot 0,00213(1 + 6 \cdot 2,74)}{4,85^3(2 + 3 \cdot 2,74)} = 11100 \text{ кН/м}$$

Подставляя найденные значения, получаем:

$$S'_x = 3 \cdot 1110 = 3330 \text{ кН/м}$$

$$S'_\psi = 2 \cdot 1110 \cdot 2,5^2 = 138750 \text{ кН/м}$$

Теперь находим коэффициенты жесткости:

$$S_x = \frac{1}{\frac{1}{457341,4} + \frac{6,5 \cdot 6,5}{1409530,9} + \frac{1}{26648}} = 14349,8 \text{ кН/м}$$

$$S_\psi = \frac{1}{\frac{1}{2664800,3} + \frac{1}{13875}} = 13803,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Угловая частота собственных горизонтальных колебаний фундамента

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{S_x}{\bar{m}}}$$

где \bar{m} – масса системы, включающая массу машины, верхней плиты m_1 ригеля m_2 и 30% массы всех колонн фундамента m ($m_1 = 2,4 \cdot 0,4 \cdot 3,0 \cdot 5,5 = 15,84$ т; $m_2 = 3 \cdot 2,4 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 3,0 = 3,24$ т; $m_3 = 6,0 \cdot 2,4 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 4,6 = 10,6$ т);

$$\bar{m} = 21,1 + 15,84 + 3,24 + 0,3 + 10,6 = 51,1 \text{ т.}$$

Подставляя в формулу значение \bar{m} , получаем:

$$\lambda_x = \sqrt{14349,8 / 51,1} = 16,7 \text{ с}^{-1}.$$

Угловая частота собственных вращательных колебаний фундамента, относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты,

$$\lambda_\psi = \sqrt{S_\psi / \theta_\psi} = \sqrt{13803,1 / 154,6} = 9,5 \text{ с}^{-1},$$

Где $\theta_\psi = 0,1 \bar{m} l^2 = 0,1 \cdot 51,1 \cdot 5,5^2 = 154,6 \text{ т} \cdot \text{м}^2$ (здесь $l = 5,5$ – длина верхней плиты).

Для определения амплитуды горизонтально-крутильных колебаний верхней плиты фундамента:

$$A_h = A_x + A_\psi \cdot l_{max},$$

Где $l_{max} = 2,5$ м (расстояние от центра тяжести верхней плиты до оси наиболее удаленного подшипника машины), следует вычислить:

$$A_x = \frac{A_{x,st}}{\sqrt{(1 - \omega^2/\lambda_x^2)^2 + 4(\varepsilon'_x)^2 \omega^2/\lambda_x^2}}$$

$$A_\psi = \frac{A_{\psi,st}}{\sqrt{(1 - \omega^2/\lambda_x^2)^2 + 4(\varepsilon'_x)^2 \omega^2/\lambda_x^2}}$$

Находим дополнительные параметры для расчета по этим формулам:

$$\omega = 0,105 n_r = 0,105 \cdot 600 = 63 \text{ с}^{-1}$$

$$A_{x,st} = F_h / S_x = 30 / 14349,8 = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\text{Где } F_h = n \cdot F_n = 1 \cdot 30 = 30 \text{ кН};$$

$$A_{\psi,st} = M_h / S_\psi = 37,5 / 138031 = 0,27 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

$$\text{Где } M_h = 30 \cdot 1,25 = 37,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Поскольку угловая частота вращения машины $\omega = 63 \text{ с}^{-1}$ отличается более чем на 25% от угловых частот собственных колебаний $\lambda_x = 16,7 \text{ с}^{-1}$, $\lambda_\psi = 9,5 \text{ с}^{-1}$, принимаем $\varepsilon'_x = 0$ и $\varepsilon'_\psi = 0$.

Подставляя найденные значения в соответствующие формулы, получаем:

$$A_x = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{1 - 63^2/16,7^2} = 0,158 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$A_\psi = \frac{0,27 \cdot 10^{-3}}{1 - 63^2/9,5^2} = 0,006 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

Вычисляем значение амплитуды:

$$A_h = 0,158 \cdot 10^{-3} + 0,006 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 = 0,142 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,142 \text{ мм} < A_{adm} = 0,15 \text{ мм}.$$

Приложения

Исходные данные к задаче №1

№ варианта	$p_1, \text{кПа}$	$h, \text{м}$	$lxb, \text{м}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	150	7	9x18
2	170	9	18x36
3	130	6	24x42
4	115	4	9x24
5	145	5,5	12x24
6	180	10	18x24
7	160	7,5	14x36
8	195	8	6x18
9	120	6,5	12x36
10	150	6	12x18
11	210	9	16x36
12	165	7	24x36
13	170	8	12x24
14	165	4	24x42
15	180	8	9x24
16	220	6	9x18
17	190	7	18x36
18	155	8,5	24x42
19	160	5	9x24
20	140	9	12x24
21	176	8	18x24
22	153	7,5	14x36
23	197	5	6x18
24	243	8	12x36
25	138	9,5	12x18
26	176	7	16x36
27	183	5	24x36
28	149	9	12x24
29	158	6	24x42
30	200	5	9x24

Исходные данные к задаче №2

№ варианта	$P_{II}, \text{кПа}$	$h_n, \text{м}$	$lxb, \text{м}$	$d_w, \text{м}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	200	0,4	9x18	0,3
2	180	0,5	18x36	0,4
3	240	0,8	24x42	0,35
4	275	0,45	9x24	0,5

5	160	0,6	12x24	0,45
6	220	0,55	18x24	0,3
7	130	0,7	14x36	0,45
8	235	0,65	6x18	0,5
9	250	0,55	12x36	0,35
10	190	0,45	12x18	0,5
11	210	0,7	16x36	0,4
12	175	0,45	24x36	0,35
13	140	0,5	12x24	0,3
14	200	0,4	24x42	0,5
15	280	0,6	9x24	0,3
16	190	0,4	9x18	0,3
17	170	0,5	18x36	0,4
18	230	0,8	24x42	0,35
19	265	0,45	9x24	0,5
20	150	0,6	12x24	0,45
21	210	0,55	18x24	0,3
22	130	0,7	14x36	0,45
23	225	0,65	6x18	0,5
24	240	0,55	12x36	0,35
25	180	0,45	12x18	0,5
26	200	0,7	16x36	0,4
27	165	0,45	24x36	0,35
28	130	0,5	12x24	0,3
29	190	0,4	24x42	0,5
30	270	0,6	9x24	0,3

Исходные данные к задаче №3

№ варианта	γ_{II} , кПа	φ_{II} , м	c_{II} , м	E_{II} , МПа	R , кПа
1	2	3	4	5	6
1	20	40	4	35	350
2	18	38	3	32	330
3	22	43	5	40	380
4	21	41	3	33	360
5	19	42	2	32	390
6	22	44	3	37	410
7	20	37	4	33	400
8	21	42	3	36	310
9	19	40	5	38	380
10	22	38	2	40	330
11	23	35	3	34	350
12	20	41	4	32	340
13	18	34	3	33	320
14	21	44	5	39	370

15	19	42	2	37	390
16	22	40	4	35	350
17	20	38	3	32	330
18	23	43	5	40	380
19	18	41	3	33	360
20	20	42	2	32	390
21	18	44	3	37	410
22	22	37	4	33	400
23	21	42	3	36	310
24	19	40	5	38	380
25	22	38	2	40	330
26	20	35	3	34	350
27	21	41	4	32	340
28	19	34	3	33	320
29	22	44	5	39	370
30	17	42	2	37	390

Исходные данные к задаче №4

№ варианта	ε			
	<i>при P =12,5</i>	<i>при P =25</i>	<i>при P =50</i>	<i>при P=100</i>
<i>l</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	0,21	0,35	0,49	0,61
2	0,19	0,31	0,45	0,63
3	0,23	0,34	0,51	0,65
4	0,20	0,36	0,55	0,61
5	0,19	0,34	0,53	0,64
6	0,15	0,41	0,56	0,6
7	0,18	0,32	0,5	0,61
8	0,24	0,33	0,52	0,59
9	0,22	0,31	0,53	0,63
10	0,15	0,29	0,54	0,65
11	0,19	0,36	0,51	0,62
12	0,24	0,32	0,57	0,63
13	0,21	0,3	0,49	0,68
14	0,22	0,38	0,43	0,64
15	0,17	0,29	0,5	0,59
16	0,21	0,35	0,49	0,61
17	0,19	0,31	0,45	0,63
18	0,23	0,34	0,51	0,65
19	0,20	0,36	0,55	0,61
20	0,19	0,34	0,53	0,64
21	0,15	0,41	0,56	0,6
22	0,18	0,32	0,5	0,61
23	0,24	0,33	0,52	0,59
24	0,22	0,31	0,53	0,63

25	0,15	0,29	0,54	0,65
26	0,19	0,36	0,51	0,62
27	0,24	0,32	0,57	0,63
28	0,21	0,3	0,49	0,68
29	0,22	0,38	0,43	0,64
30	0,17	0,28	0,5	0,59

Исходные данные к задаче №5

№ варианта	$D, м$	$b, см$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	1,5	9
2	1,6	8
3	1,8	5
4	1,9	7
5	1,7	6
6	1,4	12
7	1,6	9
8	1,7	5
9	1,5	8
10	1,8	11
11	1,9	7
12	1,6	10
13	1,5	6
14	2,1	9
15	2,3	11
16	1,5	9
17	1,6	8
18	1,8	5
19	1,9	7
20	1,7	6
21	1,4	12
22	1,6	9
23	1,7	5
24	1,5	8
25	1,8	11
26	1,9	7
27	1,6	10
28	1,5	6
29	2,1	9
30	2,3	11

Исходные данные к задаче №6

№ варианта	$c_a, \text{кПа}$	$h, \text{м}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	0,06	4
2	0,04	2
3	0,05	3
4	0,08	1
5	0,05	6
6	0,06	4
7	0,04	5
8	0,09	2
9	0,05	3
10	0,08	1
11	0,07	7
12	0,06	2
13	0,04	3
14	0,09	5
15	0,8	4
16	0,06	4
17	0,04	2
18	0,05	3
19	0,08	1
20	0,05	6
21	0,06	4
22	0,04	5
23	0,09	2
24	0,05	3
25	0,08	1
26	0,07	7
27	0,06	2
28	0,04	3
29	0,09	5
30	0,8	4

Исходные данные к задаче №7

№ варианта	$b_c \times h_c, \text{см}$	$F_d, \text{кН}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	30x30	700
2	25x25	650
3	40x40	800
4	30x30	900
5	20x20	750
6	45x45	600

7	50x50	680
8	35x35	840
9	40x40	910
10	25x25	930
11	30x30	770
12	45x45	670
13	40x40	740
14	50x50	830
15	25x25	790
16	30x30	700
17	25x25	650
18	40x40	800
19	30x30	900
20	20x20	750
21	45x45	600
22	50x50	680
23	35x35	840
24	40x40	910
25	25x25	930
26	30x30	770
27	45x45	670
28	40x40	740
29	50x50	830
30	25x25	790

Исходные данные к задаче №8

№ варианта	$L \times B, м$	$b_f, м$	$d, м$	$P, кПа$	$z, м$	$h, м$	$\gamma, м/м^3$	L_w/B_w
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	42x24	1,5	1,0	200	5	6	1,95	1,6
2	30x30	1,6	1,4	150	4	7	1,85	1,0
3	42x12	1,8	1,6	170	6	5	1,8	3,0
4	24x24	2,0	1,8	210	7	8	1,97	1,0
5	30x24	1,2	1,9	180	8	11	2,01	1,25
6	24x12	1,7	2,1	220	9	12	2,2	2,0
7	36x36	2,1	2,0	195	10	13	2,1	1,0
8	36x24	2,2	1,7	215	4,5	10	2,04	1,5
9	36x12	2,4	1,75	205	5,7	9,5	2,03	3,0
10	36x18	2,05	1,3	175	8,2	8,6	1,87	2,0
11	18x18	2,15	1,45	185	7,5	12,5	1,97	1,0
12	24x18	1,85	1,5	190	6,4	11,5	1,79	1,32
13	30x18	1,9	1,55	210	5,8	7,5	1,84	1,7
14	30x12	1,3	1,6	218	8,5	6,8	2,12	2,5
15	42x30	1,45	1,85	225	9,5	10,7	2,05	1,4
16	36x24	2,2	1,7	215	4,5	5	1,8	1,0

17	36x12	2,4	1,75	205	5,7	8	1,97	1,25
18	36x18	2,05	1,3	175	8,2	10	2,01	2,0
19	18x18	2,15	1,45	185	7,5	12	2,2	1,0
20	24x18	1,85	1,5	190	6,4	11	2,1	1,5
21	30x18	1,9	1,55	210	5,8	10	2,04	3,0
22	30x12	1,3	1,6	218	8,5	9,5	2,03	2,0
23	42x30	1,45	1,85	225	9,5	8,3	1,87	1,6
24	42x24	1,5	1,0	200	5	6	1,95	1,0
25	30x30	1,6	1,4	150	4	7	1,85	3,0
26	42x12	1,8	1,6	170	5,5	5	1,8	1,0
27	24x24	2,0	1,8	210	7	8	1,97	1,25
28	30x24	1,2	1,9	180	6	11	2,01	2,0
29	24x12	1,7	2,1	220	9	12	2,2	1,45
30	36x36	2,1	2,0	195	10	7,7	1,89	1,27

Исходные данные к задаче №9

№ варианта	$l_{\text{ф}} \times b_{\text{ф}}, \text{ м}$	$L \times B, \text{ м}$	$d, \text{ м}$	$P, \text{ кПа}$	$p_{\text{св}}, \text{ кПа}$	L_w/B_w	$h, \text{ м}$	$\gamma, \text{ м/м}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,5x1,0	30x12	1,5	260	290	1,7	10	1,95
2	1,5x1,5	30x18	1,0	290	300	1,6	11	2,0
3	1,5x2,0	30x24	1,3	310	400	1,3	9	2,02
4	2,0x2,0	24x18	1,4	230	310	1,0	12	2,2
5	2,5x3,0	24x24	1,6	240	360	1,2	8	2,15
6	2,0x2,5	18x18	1,8	190	250	1,5	13	2,07
7	2,5x3,5	36x18	1,7	280	370	2,8	12	2,04
8	2,5x2,5	36x12	1,1	260	360	2,0	10	2,09
9	3,0x3,0	24x36	1,8	290	395	1,0	9	2,13
10	3,0x2,0	36x36	1,9	310	405	2,1	14	2,2
11	3,5x1,5	30x30	2,0	230	340	1,7	15	2,22
12	2,0x1,0	24x24	1,75	240	350	3,0	13	2,17
13	2,5x1,5	24x12	1,95	320	410	1,8	8,5	2,15
14	1,0x1,0	42x24	2,1	220	330	1,9	9,5	2,13
15	3,0x1,5	42x12	1,65	315	420	1,5	10,5	2,06
16	1,5x1,5	24x18	1,4	210	390	1,7	11	2,11
17	1,5x2,0	24x18	1,7	280	360	1,6	12	2,15
18	2,0x2,0	24x24	1,3	330	410	1,3	9	2,07
19	2,5x3,0	18x18	1,0	250	400	1,0	10	2,04
20	2,0x2,5	36x18	1,3	300	310	1,2	11	2,09
21	2,5x2,5	36x12	1,4	220	360	1,5	9	2,13
22	3,0x3,0	24x36	1,6	270	250	1,6	12	2,2
23	3,0x2,0	36x36	1,8	190	370	1,3	8	1,95
24	1,5x1,5	30x30	1,7	280	360	1,0	13	2,0
25	1,5x2,0	24x24	1,1	260	395	1,2	12	2,02
26	2,0x2,0	24x12	1,8	290	405	1,5	14	2,2

27	2,5x3,0	42x24	1,9	290	340	2,8	15	2,15
28	2,0x1,0	42x12	2,0	310	290	2,0	13	2,07
29	2,5x1,5	30x12	1,75	230	300	1,2	8,5	2,0
30	1,0x1,0	30x18	1,55	240	400	1,5	15	2,08

Исходные данные к задаче №10

№ варианта	$h_n, м$	T, C^o	$t_{thm}, сум$	$T_{thm}, сум$	T_{bf}, C^o
1	2	3	4	5	6
1	1,0	-7,0	110	6,0	-0,1
2	1,15	-6,0	140	6,5	-0,15
3	1,26	-7,5	100	5,7	-0,18
4	1,4	-8,5	150	6,8	-0,22
5	1,6	-10,0	160	7,1	-0,28
6	0,9	-11,0	90	6,3	-0,17
7	1,7	-10,5	85	7,5	-0,25
8	1,8	-10,8	155	8,1	-0,13
9	1,9	-9,8	135	7,7	-0,27
10	2,1	-8,7	115	6,7	-0,3
11	2,0	-9,9	120	5,9	-0,33
12	2,3	-6,5	147	6,9	-0,31
13	2,4	-11,7	158	7,4	-0,29
14	1,3	-11,3	163	8,3	-0,35
15	1,5	-12,0	170	8,5	-0,24
16	1,9	-9,0	125	7,1	-0,21
17	1,4	-7,8	145	5,9	-0,19
18	1,0	-8,4	140	8,2	-0,27
19	1,15	-6,0	100	5,7	-0,15
20	1,26	-7,5	150	6,8	-0,18
21	1,4	-8,5	160	7,1	-0,22
22	1,6	-10,0	90	6,3	-0,28
23	0,9	-11,0	120	7,5	-0,17
24	1,15	-10,5	147	6,9	-0,25
25	1,26	-6,0	158	7,4	-0,3
26	1,4	-7,5	163	8,3	-0,33
27	1,6	-8,5	170	8,5	-0,31
28	0,9	-10,0	110	7,1	-0,29
29	1,7	-11,1	140	7,4	-0,35
30	1,8	-12,0	100	8,3	-0,21

Исходные данные к задаче №11

№ варианта	$l_{\text{сб}}, м$	$P, мПа$
1	2	3

1	1x2	0,15
2	2x2	0,25
3	3x3	0,17
4	1x3	0,31
5	2x3	0,28
6	1,5x3	0,35
7	2,5x3	0,22
8	1,5x2	0,19
9	1,5x1,5	0,23
10	2,5x2	0,18
11	1,5x2,5	0,22
12	1,8x2,4	0,13
13	1x3	0,25
14	2x3	0,21
15	1,5x3	0,14
16	2,5x3	0,17
17	1,5x2	0,31
18	1,5x3	0,28
19	2,5x3	0,35
20	1,5x2	0,22
21	1,5x1,5	0,19
22	2,5x2	0,23
23	1,5x2,5	0,18
24	1x2	0,15
25	2x2	0,25
26	3x3	0,17
27	1x3	0,31
28	2x3	0,28
29	1,5x3	0,24
30	1,5x2,5	0,23

Исходные данные к задаче №12

№ варианта	$H_{th}, м$	$l_{\text{ж}}b_{\text{ж}}, м$	$d, м$	$P, кПа$	A_{th}	$m_{th}, Мна^{-1}$	$\gamma_1, кН/м^3$	$\gamma_2, кН/м^3$	$h_1, м$	$h_2, м$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1	2,0	1,2x1,2	2,1	200	0,045	0,13	1,8	2,0	1,9	3,0
2	2,5	1,5x2,7	1,9	250	0,051	0,15	1,9	2,1	1,8	3,5
3	1,8	2,1x2,7	2,0	270	0,052	0,14	1,75	2,15	1,7	4,0
4	1,6	1,5x1,8	2,3	210	0,053	0,2	1,74	2,05	2,0	3,6
5	1,9	1,8x2,1	2,4	300	0,055	0,21	1,6	2,11	2,1	2,7
6	1,0	1,8x1,8	1,9	190	0,057	0,27	1,78	2,19	2,2	3,0
7	1,2	2,1x2,1	1,7	310	0,06	0,24	1,81	2,17	1,4	4,0
8	0,8	2,1x2,4	2,6	240	0,061	0,19	1,84	2,14	2,4	3,8
9	1,3	2,4x2,7	2,8	320	0,063	0,17	1,89	2,18	2,3	3,2
10	0,9	1,8x2,4	2,0	290	0,048	0,23	1,79	2,13	1,5	3,4

11	1,1	1,5x2,4	2,1	330	0,058	0,25	1,85	2,08	1,8	3,6
12	1,4	1,2x1,8	1,6	220	0,064	0,19	1,9	2,09	1,3	2,8
13	1,5	1,8x2,1	2,9	280	0,049	0,3	1,95	2,16	2,5	2,9
14	1,0	1,8x2,7	2,3	260	0,066	0,29	1,79	2,13	1,9	3,9
15	1,8	1,5x2,1	2,4	340	0,059	0,31	1,85	2,07	1,3	3,5
16	1,6	2,1x2,7	1,9	290	0,057	0,27	1,9	2,1	1,7	3,3
17	1,9	1,5x1,8	2,3	250	0,048	0,17	1,79	2,05	1,9	3,1
18	1,0	1,8x2,1	1,8	270	0,06	0,21	1,87	2,13	2,2	2,9
19	1,2	1,8x1,8	2,0	210	0,052	0,25	1,81	2,15	1,8	3,2
20	2,0	2,1x2,1	2,3	300	0,053	0,15	1,92	2,05	1,7	3,0
21	2,5	2,1x2,4	2,4	190	0,055	0,14	1,65	2,11	2,0	4,0
22	1,8	1,2x1,2	1,9	310	0,057	0,2	1,6	2,19	2,1	3,8
23	1,6	1,5x2,7	2,1	240	0,055	0,21	1,78	2,17	2,2	3,2
24	1,9	2,1x2,7	1,9	200	0,057	0,27	1,81	2,14	1,4	3,4
25	1,0	1,5x1,8	2,0	250	0,06	0,24	1,84	2,16	2,4	3,6
26	1,3	1,8x2,1	2,8	270	0,061	0,19	1,89	2,13	1,9	3,0
27	0,9	1,8x1,8	2,0	210	0,063	0,17	1,85	2,07	1,8	3,5
28	1,1	1,8x2,4	2,1	310	0,048	0,23	1,9	2,1	1,7	4,0
29	1,4	1,5x2,4	1,6	240	0,045	0,14	1,95	2,15	2,0	3,6
30	1,5	1,2x1,8	2,9	320	0,051	0,2	1,79	2,15	2,1	2,7

Исходные данные к задаче №13

№ варианта	$m_1, \text{Г}$	$m_2, \text{Г}$	$m_3, \text{Г}$	$m_4, \text{Г}$
<i>l</i>	2	3	4	5
1	19	25	240	30
2	17	23	231	28
3	20	28	210	35
4	14	29	245	33
5	25	27	229	41
6	16	24	235	37
7	19	31	252	32
8	23	27	239	34
9	21	32	247	36
10	24	28	230	43
11	18	34	241	38
12	26	38	259	42
13	27	30	249	40
14	19	33	221	45
15	18	35	239	33
16	24	37	250	41
17	26	36	245	37
18	23	30	229	32
19	17	31	235	34
20	20	25	252	36

21	14	23	239	30
22	25	21	240	28
23	24	34	231	35
24	18	38	210	33
25	26	30	213	41
26	27	33	235	37
27	26	24	228	29
28	27	29	245	43
29	19	26	240	35
30	23	32	228	39

Исходные данные к задаче №14

№ варианта	m_1 , т	m_2 , т	E , кПа	F_n , кН
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	7,5	11,1	13	20
2	9,3	13,5	17	25
3	6,4	15,1	20	19
4	7,2	12,4	16	16
5	10,3	14,3	14	23
6	9,1	10,6	13	30
7	10,7	13,8	11	21
8	7,9	12,1	19	15
9	8,7	13,9	17	35
10	9,8	13,2	12	39
11	10,8	16	18	27
12	6,7	11,4	16	36
13	8,5	12,6	14	11
14	9,6	15,3	19	28
15	10,1	14,9	20	32
16	8,1	12,7	12	37
17	11,2	16,5	17	33
18	9,5	14,9	13	41
19	9,3	11,1	15	26
20	6,4	13,5	16	22
21	7,2	15,1	13	19
22	10,3	12,4	12	35
23	9,1	14,3	18	31
24	10,7	12,6	16	24
25	7,9	15,3	14	28
26	8,7	14,9	19	20
27	10,8	13,2	20	17
28	6,7	16	21	32
29	8,5	11,4	13	28
30	9,6	15	17	30

Список использованной литературы:

- 1) Справочник геотехника, под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А Мангушева, Москва, АСВ, 2014. — 728 с.
- 2) СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
- 3) ГОСТ 12248-2010 - Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
- 4) СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты .Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
- 5) Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. Е.А. Сорочана и канд. техн. наук Ю.Г. Трофименкова.
- 6) ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификаци

Специальные вопросы механики грунтов.

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

Составители: Мирсаяпов Илизар Талгатович;
Шакиров Марат Илдусович

Редактор Л.З. Ханафиева

Издательство

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать 29.04.15

Формат 60x84/16

Заказ № 171

Печать ризографическая

Усл.-печ. л. 3,0

Тираж 25 экз.

Бумага офсетная №1

Уч.-изд. л. 3,0

Отпечатано в полиграфическом секторе

Издательства КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1.