

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ДГТУ)

Утверждено на заседании кафедры
инженерной геологии, оснований и
фундаментов от 14 января 2019 г.

СПЕЦКУРС ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

**Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектов
студентами специальности ПГС, ПЗ, ГС очного и заочного обучения, в том
числе иностранными студентами**

Ростов-на-Дону

2019 г.

УДК

Спецкурс по проектированию оснований и фундаментов – Ростов н/Д: Донск. гос. техн. ун-т, 2019. - 24 с.

В настоящем методическом указании изложен порядок расчёта отдельно стоящих столбчатых фундаментов, фундаментов из забивных свай в грунтовых условиях I и II типа по просадочности в соответствии со СП 22.13330.2016, СП 24.13330.2011.

Составили: доц., канд. техн. наук А.Ф. Акопян
доц., канд. техн. наук В.Ф. Акопян

Рецензент:
проф., д-р техн. наук
А.Ю. Прокопов

Редактор Т.М. Климчук

Темплан 2019 г., поз.

Подписано в печать. Формат 60х84/16.

Ризограф. Бумага писчая. Уч.-изд. Л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ ____

Редакционно-издательский центр

Донского государственного технического университета

344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

©

Донской государственный технический
университет, 2019 г.

Введение.

1. Анализ инженерно-геологических условий

В результате проведенных инженерно-геологических изысканий установлен геолого-литологический разрез грунтовой толщи:

слой №1 (от 0 до 0,5 м) - почвенно-растительный;
 слой №2 (от 0,5 до 8,3 м) – суглинок легкий пылеватый;
 слой №3 (от 8,3 до 12 м) – суглинок светло-бурый;
 слой №4 (от 12 до 19,6 м) – суглинок бурый;
 слой №5 (от 19,6 до 29,6 м) – глина;

2. Расчет просадки от действия собственного веса. Тип грунтовых условий по просадочности

1) Просадочную толщу разбиваем на отдельные слои толщиной 1-2 м, с учетом возможных границ напластования слоев.

2) Определяем удельный вес грунта каждого слоя в водонасыщенном состоянии.

$$\gamma_{sat_i} = \frac{\gamma_i}{1 + W_i} + \frac{e_i \cdot \gamma_w}{1 + e_i}$$

3) На границе раздела слоев находим нормальное вертикальное напряжение от собственного веса водонасыщенного грунта и строим график

$$\sigma_{zg, sat_i} = \sum_{i=1}^n \gamma_{sat_i} \cdot h_i$$

4) В середине каждого слоя находим среднее значение σ_{zg, sat_i}

5) По данным лабораторных исследований определяем $p_{sli}; k_{sli}; \varepsilon_{sli}$

6) Определяем просадку грунта

$$S_{sli} = \varepsilon_{sli} \cdot h_i \cdot k_{sli}$$

Таблица 1. Расчет просадки от собственного веса грунта

h, м	z, м	γ_{sat_i} , кН/м ³	σ_{zg, sat_i} , кН/м ²	σ_{zg, sat_i} , кН/м ²	p_{sli} , КПа	k_{sli}	ε_{sli}	S_{sli}
2	2	19,1	38	19	100	1	0,002	0,004
2	4	19,1	76	57	90	1	0,006	0,012
2	6	19,1	114	95	64	1	0,015	0,03
2	8	19,1	153	136	100	1	0,019	0,038
0,3	8,3	19,1	158	156	108	1	0,017	0,005
2	10,3	19,3	197	178	222	1	0,012	0,024
1,7	12	19,3	230	214	333	1	0,007	0,012
2	14	19,4	268	249	150	1	0,013	0,026
2	16	19,4	307	288	150	1,05	0,02	0,042
2	18	19,4	346	327	150	1,15	0,023	0,053

$$\Sigma_{sli} = 0,246$$

Для первого слоя

$$\gamma_{sat1} = \frac{16,6}{1+0,1538} + \frac{0,88 \cdot 10}{1+0,88} = 19,07 \frac{\kappa H}{\text{м}^3}$$

$$\sigma_{zg, sat1} = 19,07 \cdot 2 = 38,14 \frac{\kappa H}{\text{м}^2}$$

Определяем напряжение в середине каждого слоя $\bar{\sigma}_{zg sat i}$ и используя данные приложения 1 вычисляем соответствующие значения $\varepsilon_{sl i}$

$K_{sl g}$ —коэффициент, принимаемый равным 1, если $H_{sl} < 15\text{м}$ и $K_{sl} = 1,25$, если $H_{sl} > 20\text{м}$ так

$$S_{slg 1} = 0.006 \cdot 1 \cdot 2 = 0,012\text{м}$$

Аналогично считаем просадку для остальных слоев.

Суммарная просадка грунта от действия собственного веса $S_{slg} = 0,246\text{м} > 0,05\text{м}$, т.е. грунтовые условия площадки относятся ко II типу по просадочности.

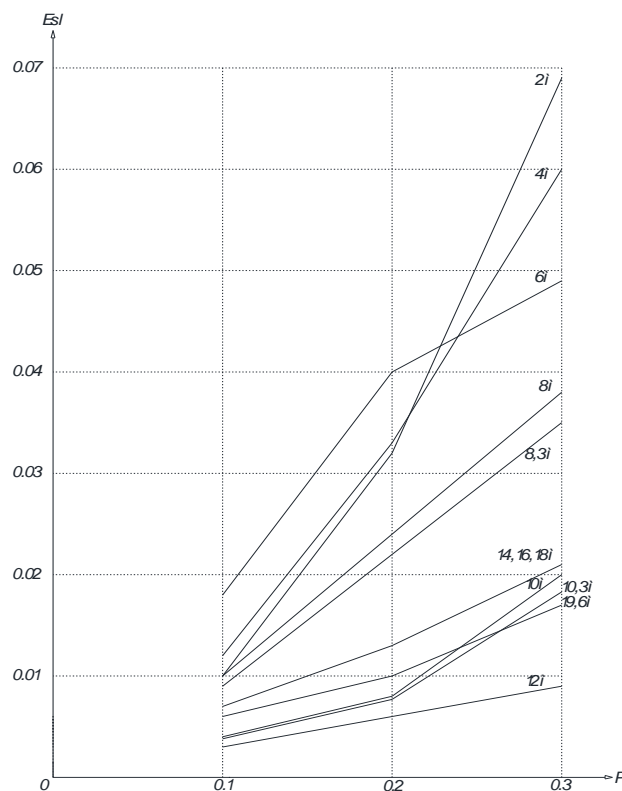


Рис. 1 Изменение относительной просадочности в зависимости от вертикального давления P на глубине H_{sl}

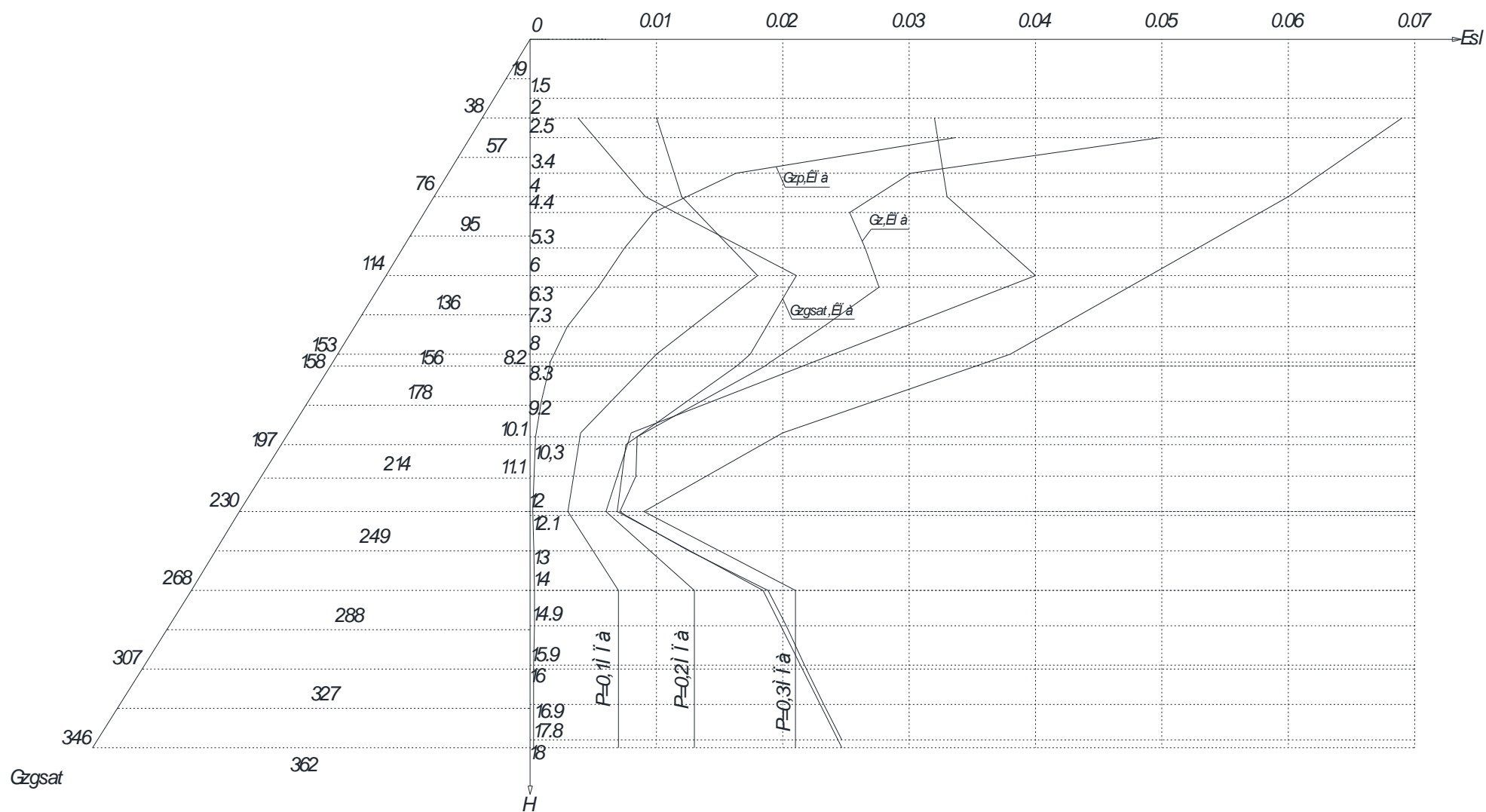


Рис.2. Вертикальные нормальные напряжения от собственного веса водонасыщенного грунта и относительная просадочность при $P = 0,1; 0,2; 0,3$ МПа

3. Фундамент мелкого заложения.

3.1. Определение осадки фундамента

Грунтовую толщу ниже подошвы фундамента разбиваем на однородные по сжимаемости слои высотой.

Исходные данные:

- Размеры фундамента $l \times b = 3 \times 2,4$
- Глубина заложения подошвы фундамента, м $d = 1,5$
- Среднее давление от нагрузок под подошвой фундамента $P = 271$

Расчет осадки производится по следующей схеме:

1) Грунтовую толщу разделяем на слои толщиной 0,96 м с учетом границ напластования грунта

2) Находим вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента σ_{zg0}

$$\sigma_{zg0} = \gamma \cdot d$$

3) Вертикальное напряжение от собственного веса грунта естественной влажности, расположенного на глубине z от подошвы фундамента, определяем по формуле:

$$\sigma_{zg1} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i$$

4) Определяем дополнительные вертикальные напряжения на глубине z от подошвы фундамента по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента

$$\sigma_{zp} = \alpha_z p_0$$

α_z - коэффициент, учитывающий рассеивание напряжений по глубине основания, принимаемый по приложению в зависимости от формы подошвы и соотношения сторон $\eta = l/b$ фундамента и относительной глубины $\xi = 2z/b$

p_0 - дополнительное вертикальное давление по подошве фундамента

5) Находим среднее давление в середине каждого слоя по всей глубине грунтовой толщи

$$\bar{G}_{zp} = \frac{\bar{G}_{zpi} + G_{zp(i+1)}}{2}$$

6) Расчет ведем до соблюдения условия:

$$0,2 G_{zg} > G_{zp}$$

7) Определяем осадку фундамента

$$S_i = \frac{G_{zpi} \cdot h_i}{E_i}$$

8) Определяем суммарную осадку фундамента

$$S = 0.8 \cdot \sum \frac{G_{zpi} \cdot h_i}{E_i} < 8 \text{ см}$$

Таблица 2. Расчет осадки фундамента

h, м	z, м	σ_{zgi} , кПа	ξ	α	σ_{zpi} , кПа	$\bar{\sigma}_{zpi}$, кПа	$0,2\sigma_{zgi}$, кПа	E_i , кПа	S_i , м
	0	25	0	1	246		5	$15,1 \cdot 10^3$	
0,96	0,96	41	0,8	0,83	204	225	8	$15,1 \cdot 10^3$	0,013
0,96	1,92	57	1,6	0,500	123	164	11	$15,1 \cdot 10^3$	0,008
0,96	2,88	73	2,4	0,300	74	99	15	$15,1 \cdot 10^3$	0,005
0,96	3,84	89	3,2	0,191	47	61	18	$15,1 \cdot 10^3$	0,003
0,96	4,80	105	4	0,131	32	40	21	$15,1 \cdot 10^3$	0,002
0,96	5,76	121	4,8	0,095	23	28	24	$15,1 \cdot 10^3$	0,001
0,96	6,72	137	5,6	0,071	17	20	27	$15,1 \cdot 10^3$	0,001

$$\Sigma S_i = 0,033$$

$$\sigma_{zg0} = \gamma \cdot d = 16,6 \cdot 1,5 = 25 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg1} = \sigma_{zg0} + \gamma \cdot h_1 = 26 + 16,6 \cdot 0,96 = 41 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp0} = P_0 = \alpha(P - G_{zg0}) = 1 \cdot (271 - 25) = 246 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp1} = \alpha \cdot P_0 = 0.83 \cdot 246 = 204 \text{ кПа}$$

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\bar{\sigma}_{zp1} h_1}{E_1} = 0,8 \cdot 0,033 = 0,0264 \text{ м} = 2,64 \text{ см} < 8 \text{ см}$$

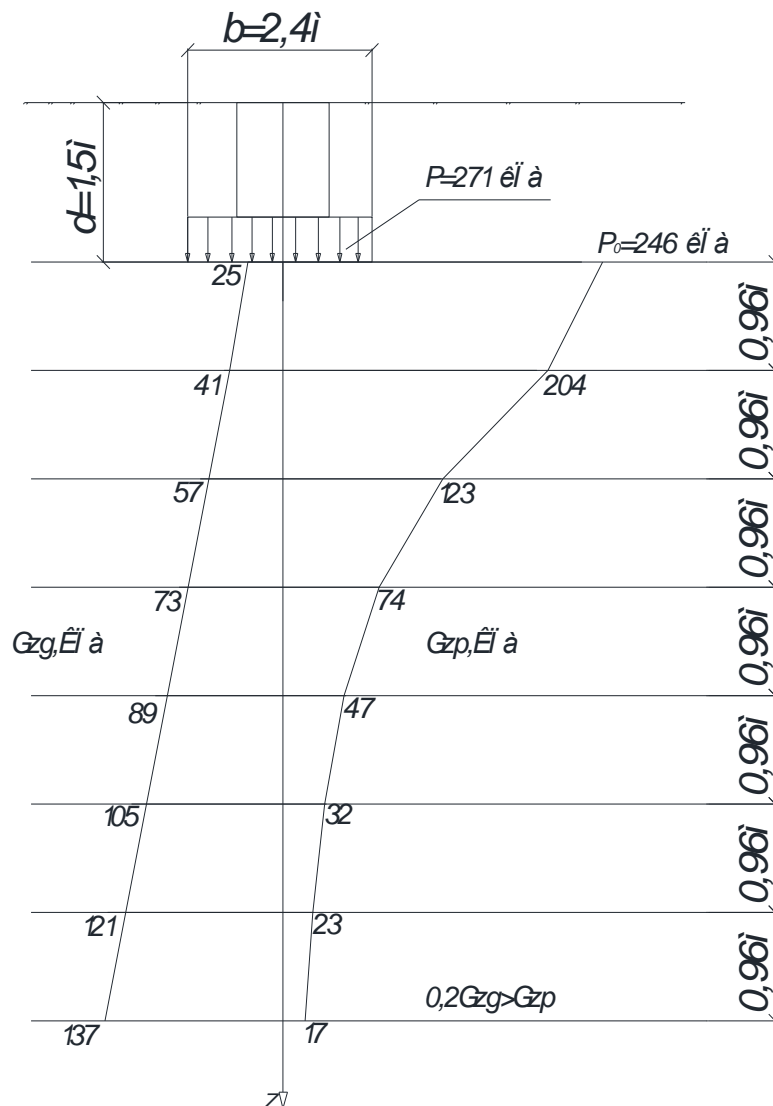


Рис.3 Схема к расчету осадки фундамента

3.2. Определение просадки фундамента

Расчет просадки фундамента выполняем с использованием модели однородного линейно-деформируемого полупространства. Деформации просадки возникают от полных напряжений σ_z , равных сумме напряжений от собственного веса водонасыщенного грунта $\sigma_{zg\text{ sat}}$ и дополнительных σ_{zp} .

Расчет выполняем по схеме:

- 1) Грунт ниже подошвы фундамента в пределах просадочной толщи разделяем на однородные по характеристикам слои толщиной $h_i = 0.96\text{m}$
- 2) Находим напряжение от собственного веса водонасыщенного грунта на границе каждого слоя

$$\sigma_{zg\text{ sat}} = \gamma' \cdot d + \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{sat } i} \cdot h_i$$

n - число слоев, на которые разбита просадочная толща ниже подошвы фундамента

- 3) На границе каждого слоя определяем дополнительное вертикальное напряжение

$$\sigma_{zp} = \alpha_z \cdot P_0$$

- 4) Суммируем напряжения $\sigma_{zg sat}$ и σ_{zp} и получаем суммарное вертикальное напряжение σ_z каждого слоя до нижней границы сжимаемой толщи

- 5) Находим среднее напряжение в середине каждого слоя по всей глубине просадочной толщи $\bar{\sigma}_z$

- 6) По величине $\bar{\sigma}_z$ определяем соответствующее значение ε_{sl}

- 7) Находим начальное просадочное давление P_{sli} грунта данного слоя

- 8) При расчете просадки влияние внешней нагрузки учитываем до глубины z, на которой полное напряжение будет минимальным $\bar{\sigma}_{z,min}$

- 9) Коэффициент k_{sl} для слоев грунта, для которых учитывается влияние внешней нагрузки, определяется по формуле:

$$K_{slp} = 0,5 + 1,5 \frac{P - P_{sli}}{P_0}, \text{ где}$$

P - среднее давление по подошве фундамента

P_0 - давление, принимаемое равным 100 кПа.

Для остальных слоев грунта:

- $k_{sl}=1$, при $H_{sl} \leq 15\text{м}$
- $k_{sl}=1,25$ при $H_{sl} > 20\text{м}$

При значениях $15 < H_{sl} < 20$ - k_{sl} находим при помощи интерполяции.

- 10) Вычисляем просадку грунта от внешней нагрузки S_{slp} и от собственного веса просадочных слоев грунта S_{slg}

$$S_{slp} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl i} \cdot h_i \cdot K_{slp i}$$

- 11) Находим полную (суммарную) просадку основания фундамента

$$S_{sl} = S_{slp} + S_{slg} = 0,452\text{м}$$

3.3. Суммарная деформация основания фундамента

Находим полную (суммарную) деформацию основания фундамента, состоящую из деформации осадки S и деформации просадки S_{sl}

$$S_n = S + S_{sl} = 0,026 + 0,452 = 0,478\text{м} > S_u = 8\text{см}$$

Таблица 3. Расчет просадки основания фундамента

h_i , м	z_i , м	γ_{sat} , кН/м ³	$\sigma_{zg sat}$, кПа	ξ	α	σ_{zp} , кПа	σ_z , кПа	$\bar{\sigma}_z$, кПа	$p_{sl i}$, кПа	$K_{sl i}$	$K_{sl g}$	ε_{slg} (от Gzg sat)	ε_{slp} (от Gzp)	ε_{sl} (от Gz)	S_{slp} , м	S_{slg} , м	S_{sl} , м
1.5	1.5	19.07	29	0	1	246	275										
0.96	2.5	19.07	47	0.8	0.83	204	251	263	95	3.14	1						
0.96	3.4	19.07	65	1.6	0.501	123	188	220	88	3.245	1	0.015	0.025	0.04	0.0779	0.0144	0.09228
0.96	4.4	19.07	84	2.4	0.3	74	157	173	76	3.425	1	0.015	0.013	0.028	0.0427	0.0144	0.057144
0.96	5.3	19.07	102	3.2	0.191	47	149	153	63	3.62	1	0.017	0.009	0.026	0.0313	0.0163	0.047597
0.96	6.3	19.07	120	4.0	0.131	32	152	151	60	3.665	1	0.0206	0.0064	0.027	0.0225	0.0198	0.042294
0.96	7.3	19.07	138	4.8	0.095	23	162	157	78	3.395	1	0.021	0.004	0.025	0.0130	0.0202	0.033197
0.96	8.2	19.07	157	5.6	0.071	17	174	168	106	2.975	1	0.018	0.002	0.02	0.0057	0.0173	0.022992
0.08	8.3	19.07	158	5.67	0.07	17	176	175	110	2.915	1	0.017	0.002	0.019	0.0005	0.0014	0.001826
0.88	9.2	19.20	175	6.4	0.056	14	189	182	156	2.225	1	0.015	0.001	0.016	0.0020	0.0132	0.015158
0.96	10.1	19.3	194	7.2	0.044	11	205	197	253	0.77	1	0.0093	0.0007	0.01	0.0005	0.0089	0.009445
0.96	11.1	19.3	212	8.0	0.036	9	221	213	290	0.215	1	0.0076	0.0004	0.008	0.0001	0.007296	0.007379
0.9	12	19.3	230	8.75	0.03	7	237	229	333	-0.43	1	0.0067	0.0003	0.007	-0.0001	0.0060	0.005914
0.06	12.1	19.3	231	8.8	0.03	7	238	238	313	-0.13	1	0.0068	0.0002	0.007	0	0.0004	0.000406
0.96	13.0	19.4	249	9.6	0.025	6	256	247	200	1.565	1	0.01	0	0.01	0	0.0096	0.0096
0.96	14.0	19.4	268	10.4	0.021	5	273	264	143	2.42	1	0.0157	0.0003	0.016	0.0007	0.0151	0.015769
0.96	14.9	19.37	287	11.2	0.019	5	291	282	143	2.42	1	0.01965	0.00035	0.02	0.0008	0.0189	0.019677
0.96	15.9	19.4	305	12	0.016	4	309	300	143	2.42	1.045	0.0207	0.0003	0.021	0.0007	0.0208	0.021463
0.96	16.9	19.4	324	12.8	0.016	4	328	318	143	2.42	1.095	0.0217	0.0003	0.022	0.0007	0.0228	0.023508
0.96	17.8	19.4	342	13.6	0.016	4	346	337	143	2.42	1.14	0.0237	0.0003	0.024	0.0007	0.0259	0.026634
0.96	18.8	19.5	361	14.4	0.016	4	365	356	154	2.255	1.19						
0.82	19.6	19.7	377	15.08	0.016	4	381	373	166	2.075	1.23						
												0.280	0.066	0.346	0.1997	0.253	0.452

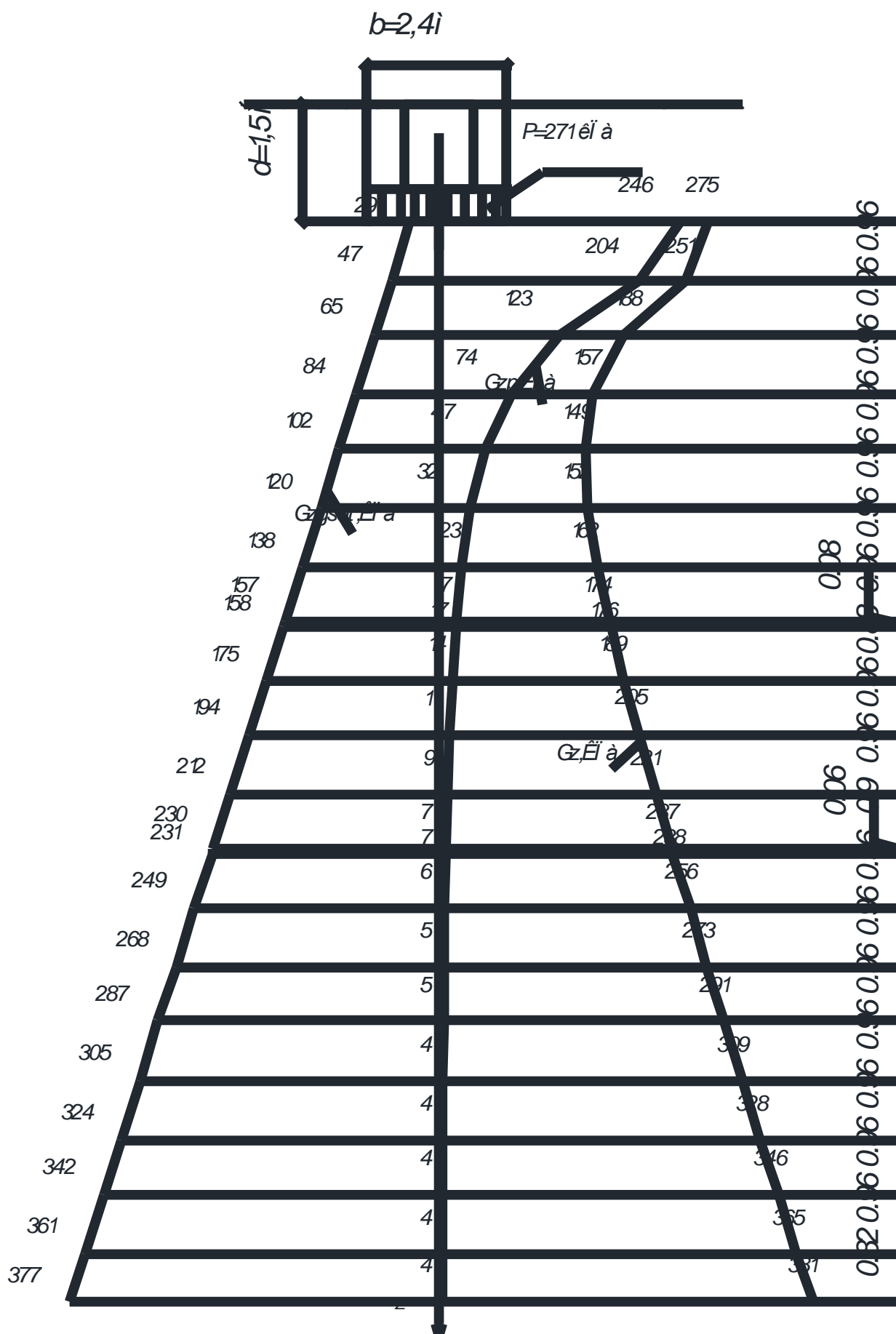


Рис.4 Схема к расчету просадки основания фундамента

4. Фундамент из забивных свай

4.1. Определение длины свай

В рассматриваемых местных условиях для проектируемого здания можно использовать практически все виды свай. В качестве варианта запроектируем фундаменты из забивных железобетонных цельных свай квадратного сечения с напрягаемой арматурой и поперечным армированием. Размеры поперечного сечения свай принимаем 40 x 40 см.

Высоту ростверка назначаем 1,5 м. Тогда при отметке планировки 0,000 отметка подошвы будет -1,500, а толщина дна стакана 0,6м, что больше минимальной, равной 0,25. Так как на ростверк действуют горизонтальные силы, и моменты предусматриваем жесткое сопряжение ростверка со сваями путем заделки свай в ростверк на 500мм. Из них 400мм составляют на выпуски арматуры, а 100мм непосредственно заделка. Тогда условная отметка головы свай будет -1,000.

Отметку острия свай назначаем в зависимости от грунтовых условий строительной площадки. В качестве несущего пласта выбираем глину. Свай заглубляем в этот слой на 5,4м.

Расчетная длина свай равна $L_{св} = 0,5 + 1 + H_{сл} - 1,5 = 0,5 + 1 + 19,6 - 1,5 = 19,6$ м.

Принимаем сваю длиной 24м и размером поперечного сечения 35x35 см.

4.2. Расчет несущей способности свай

Грунтовые условия площадки относятся ко II типу по просадочности, поэтому при оценке несущей способности свай следует учитывать действие отрицательной силы трения на ее боковую поверхность.

Отрицательную силу трения учитываем до глубины 16 м. Таким образом, ниже глубины 16 м сопротивление грунта по боковой поверхности будет оказывать положительное влияние на несущую способность свай.

Вычислим показатель текучести грунта при его водонасыщении

$$I_l = \frac{\frac{0,9 \cdot e_i \cdot \gamma_w}{\gamma_{si}} - W_{pi}}{W_{Li} - W_{pi}}$$

Для слоя бурого суглинка на глубине 16...18 м от поверхности $I_l = 0,3$;
 $f = 53 \text{ кПа}$

Для слоя бурого суглинка на глубине 18...20 м от поверхности $I_l = 0,03$;
 $f = 78 \text{ кПа}$

Для слоя бурого суглинка на глубине 20...22 м от поверхности $I_l=0,03$;
 $f=80\text{кПа}$

Для слоя глины на глубине 22...24 м от поверхности $I_l=-0,175$; $f=83\text{кПа}$

Для слоя глины на глубине 24...26 м от поверхности $I_l=-0,175$; $f=86\text{кПа}$

Расчетная несущая способность висячей сваи в грунтовых условиях II типа определяется по формуле: $F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i \cdot h_i)$

γ_c – коэффициент условия работы сваи. Для забивных свай принимается равным 1.

γ_{CR} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи ($\gamma_{CR}=1$)

R – расчетное сопротивление грунта прогнозируемой влажности – 13400кПа

A – площадь опирания на грунт нижнего конца сваи, для забивных свай по площади поперечного сечения – $0,12\text{м}^2$

u – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи – $4 \times 0,35 = 1,4\text{м}$

γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта по боковой поверхности сваи – 1

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи

h_i – толщина i -го слоя грунта

$$\begin{aligned} F_d &= 1(1 \cdot 13400 \cdot 0,12 \\ &\quad + 1,4 (1 \cdot 53 \cdot 2 + 1 \cdot 78 \cdot 2 + 1 \cdot 80 \cdot 2 + 1 \cdot 83 \cdot 2 + 1 \cdot 86 \cdot 2)) \\ &= 2672\text{кН} \end{aligned}$$

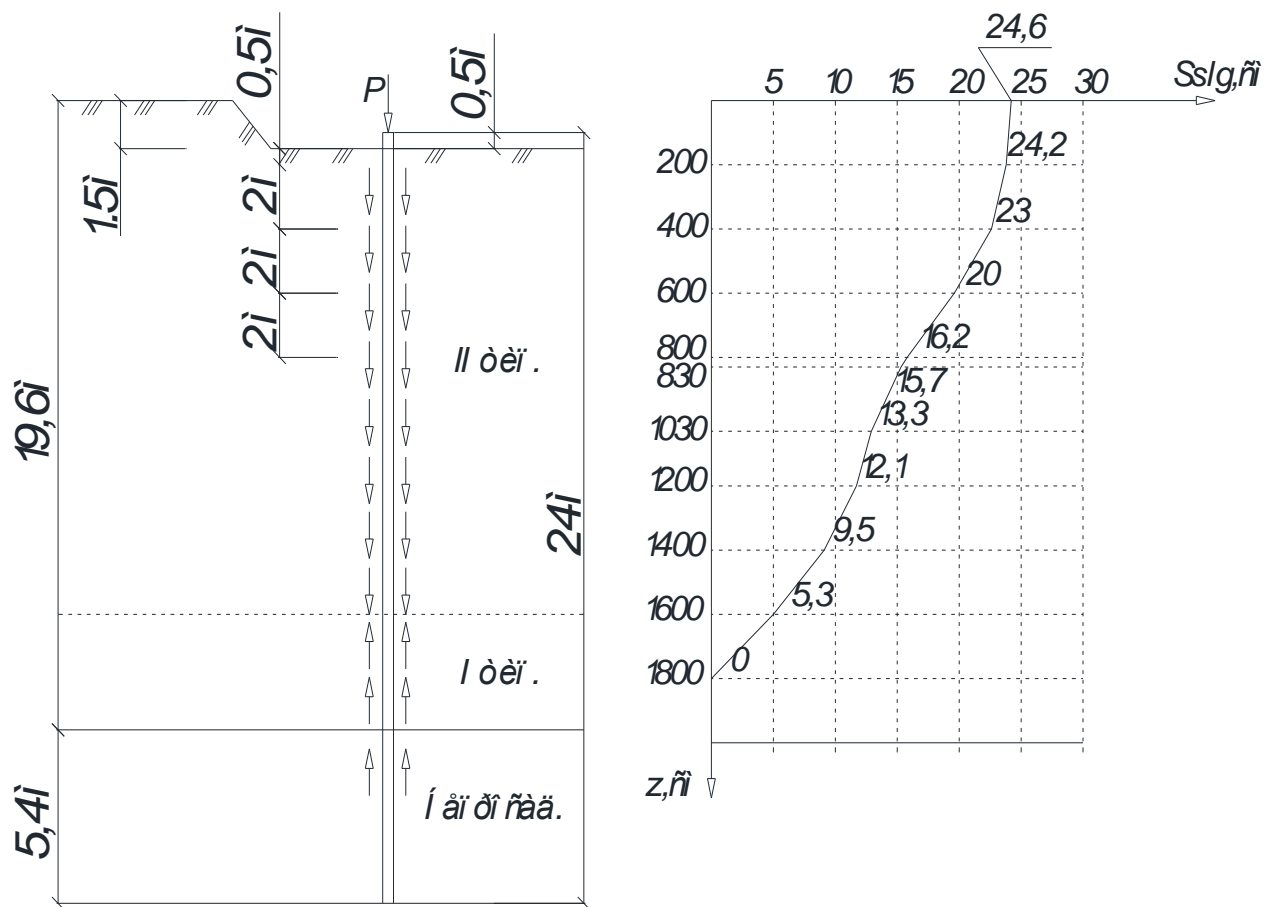


Рис.5 Схемы к выбору глубины погружения и расчету несущей способности забивной сваи

4.3. Расчет отрицательных сил трения по боковой поверхности сваи. Допустимая нагрузка на сваю

Определяем нагрузку, допускаемую на сваю по формуле:

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} - \gamma_c P_n$$

γ_k - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,4 так как несущая способность сваи определяется расчетом

γ_c - коэффициент условий работы. Принимается равным 0,8, так как $S_{sl,g} > 2S_u$

P_n – отрицательная сила трения, вычисляемая по формуле: $P_n = u \sum_0^{h_{sl}} \tau_i h_i$

h_i – расчетная глубина, до которой производится суммирование отрицательных сил бокового трения проседающих слоев грунта (табл.4)

τ_i - расчетное сопротивление на боковой поверхности сваи, определяемое для i-го слоя до глубины 16 м от уровня планировки по формуле

$$\tau_i = \xi \sigma_{zg\ i} \operatorname{tg} \varphi_{II} + c_{II}$$

ξ – коэффициент бокового давления грунта, принимается равным 0,7

Таблица 4.

z, м	$\sigma_{zg\ sat}$, кПа	C_{II} , кПа	$\varphi_{II}, ^\circ$	$\operatorname{tg} \varphi_{II}$	τ	h_i , м
0	0	46,92	16	0,287	46,92	
1,5	29	46,92	16	0,287	53	1,5
3,4	65	46,92	16	0,287	60	1,9
5,3	102	46,92	16	0,287	67	1,9
6	115	46,92	16	0,287	70	0,7

$$P_n = 1,4((53 \cdot 1,5) + (60 \cdot 1,9) + (67 \cdot 1,9) + (70 \cdot 0,7) + (70 \cdot 4 \cdot 2) + (70 \cdot 0,3) + (70 \cdot 1,7)) = 1497,7 \text{ кН}$$

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} - \gamma_c P_n = \frac{2672}{1,4} - 0,8 \cdot 1497,7 = 710,4 \text{ кН}$$

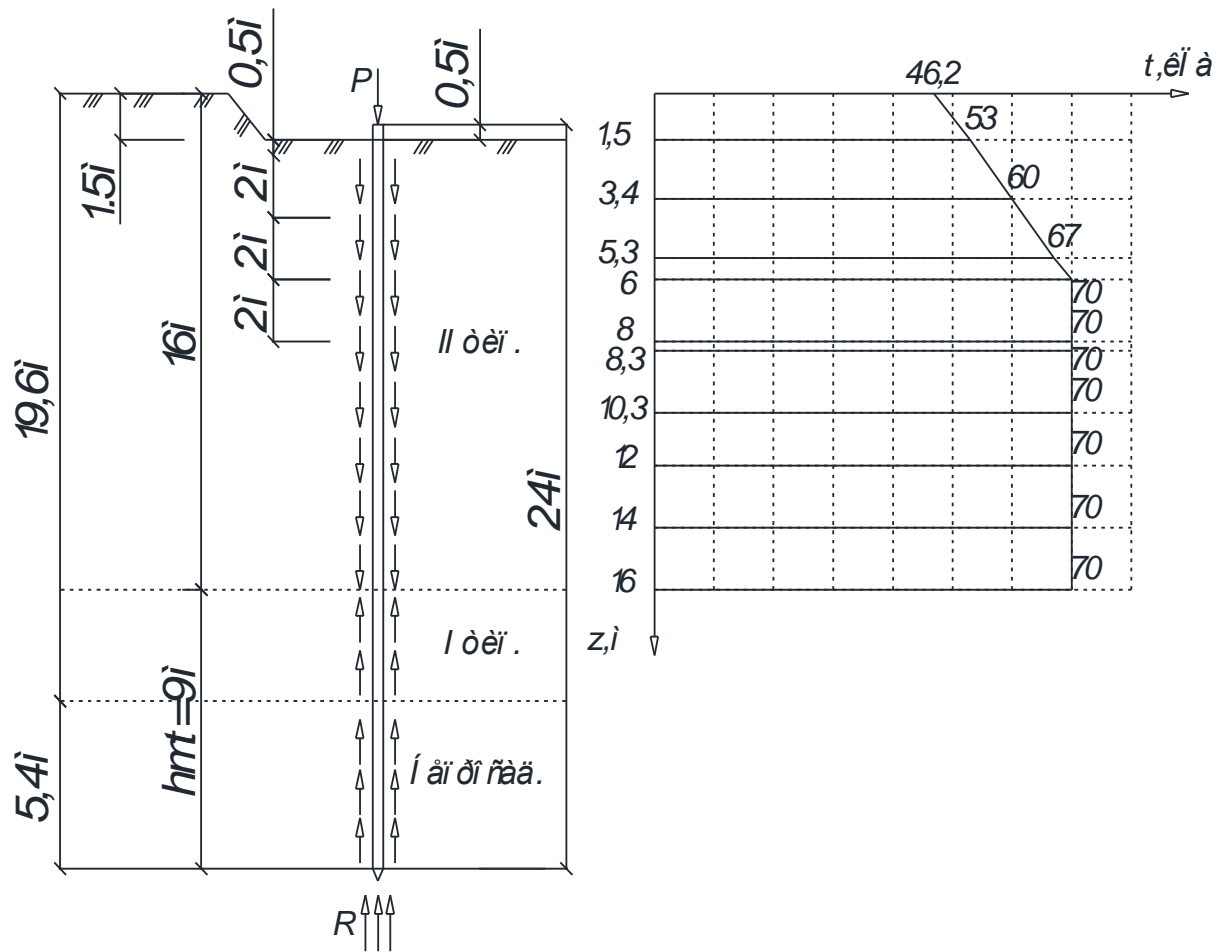


Рис.6 Схема к определению расчетного сопротивления на боковой поверхности сваи при учете отрицательных сил трения

4.4. Расчет деформаций основания и фундамента как куста свай

Определяем количество свай в кусте по формуле: $n = \frac{1.2 \sum N}{N}$

$\sum N_I = 1896$ максимальная для всех сочетаний сумма расчетных вертикальных нагрузок в обресе ростверка,

$$n = \frac{1896 + 189,6}{710} \cdot 1,2 = 3,5 \approx 4 \text{ (рис.6)}$$

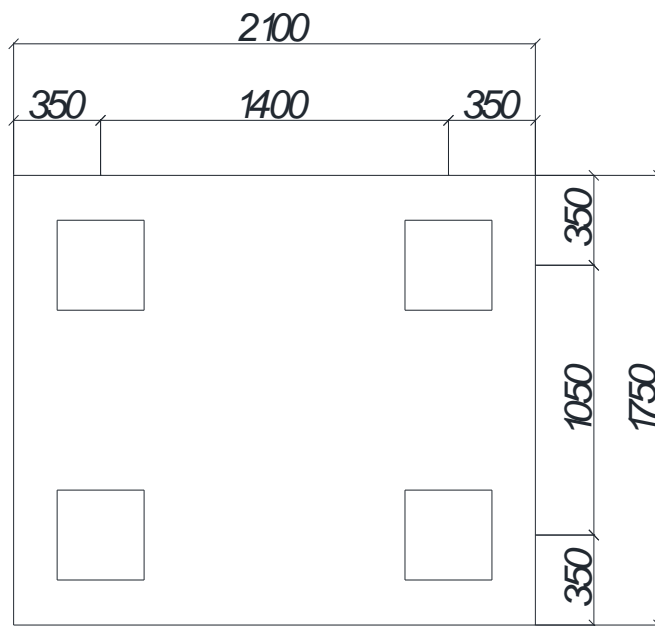


Рис. 7 Схема расположения забивных свай в кусте

Определяем размеры условного фундамента (рис. 8)

$$\varphi_{II\ mt} = \sum_{h=0}^{h_{sl}} \frac{h_i \varphi_i}{h_i} = \frac{16 \cdot 8 + 17 \cdot 4 + 18 \cdot 4}{16} = 17^\circ$$

$$l_{mt} = h_{mt} \operatorname{tg} \frac{\varphi_{II\ mt}}{4} = 9 \cdot \operatorname{tg} 4,25^\circ = 0,67 \text{ м}$$

$$l_y = 2l_{mt} + 2 \cdot 0,175 + 1,4 = 3,09 \text{ м},$$

$$b_y = 2l_{mt} + 2 \cdot 0,175 + 1,05 = 2,74 \text{ м}$$

$$d_y = 25 \text{ м}$$

Вес условного фундамента

$$G_{IIy} = b_y \cdot l_y \cdot d_y \cdot \gamma_{mt} = 2,74 \cdot 3,09 \cdot 25 \cdot 20 = 4233,3 \text{ кН}$$

$$y_{II} = \frac{\rho \cdot h_{\text{слоя}}}{h_{\text{общее}}} \cdot 10 = \frac{8 \cdot 1,66 + 4 \cdot 1,76 + 6 \cdot 1,79 + 7 \cdot 1,89}{25} \cdot 10 = 17,72$$

Среднее давление по подошве фундамента $P_{II} = \frac{N_{II}}{b_y l_y}$

N_{II} – суммарная вертикальная нагрузка в подошве условного фундамента

$$N_{II} = \max(N_{II1}; N_{II2}) + G_{IIy} + G_{II} = 821 + 4233,3 + 893 = 5947,3 \text{ кН}$$

$$P_{II} = \frac{N_{II}}{b_y l_y} = \frac{5947,3}{2,74 \cdot 3,09} = 702 \text{ кПа}$$

Переходим к расчету осадки основания свайного фундамента

Разбиваем грунт ниже подошвы ростверка на слои $h=0,2b_y$
 $=0,2 \cdot 2,74=0,548 \text{ м};$

Определяем деформации основания фундамента как куста свай (табл.5)

$$S_i = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp i} h_i}{E_i}$$

Таблица 5.

$h, \text{ м}$	$z, \text{ м}$	$\sigma_{zg i}, \text{ кПа}$	$0,2G_{zg i}, \text{ кПа}$	ξ	α	$\sigma_{zp i}, \text{ кПа}$	$\bar{\sigma}_{zp i}, \text{ кПа}$	$E_{oi}, \text{ кПа}$	$S_i, \text{ м}$
	0	443	89	0	1	259		15100	
0.548	0.548	452	90	0.4	0.964	250	254	15100	0.009
0.548	1.096	462	92	0.8	0.816	211	231	15100	0.008
0.548	1.644	472	94	1.2	0.631	163	187	15100	0.007
0.548	2.192	481	96	1.6	0.476	123	143	15100	0.005
0.548	2.74	491	98	2	0.361	93	108	15100	0.004
0.548	3.288	501	100	2.4	0.279	72	83	15100	0.003
0.548	3.836	510	102	2.8	0.22	57	65	15100	0.002

$$\sigma_{zg0} = d_y \gamma = 25 \cdot 17,7 = 443 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg1} = \sigma_{zg0} + \gamma h_1 = 443 + 17,7 \cdot 0,548 = 452 \text{ кПа}$$

$$P_0 = P_{II} - \sigma_{zg0} = 702 - 443 = 259 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp0} = P_0 \alpha = 259 \cdot 1 = 259 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp1} = P_0 \alpha = 259 \cdot 0,964 = 250 \text{ кПа}$$

Суммарная осадка фундамента $\Sigma S = 0,03 \text{ м} < S_u = 0,08 \text{ м}$

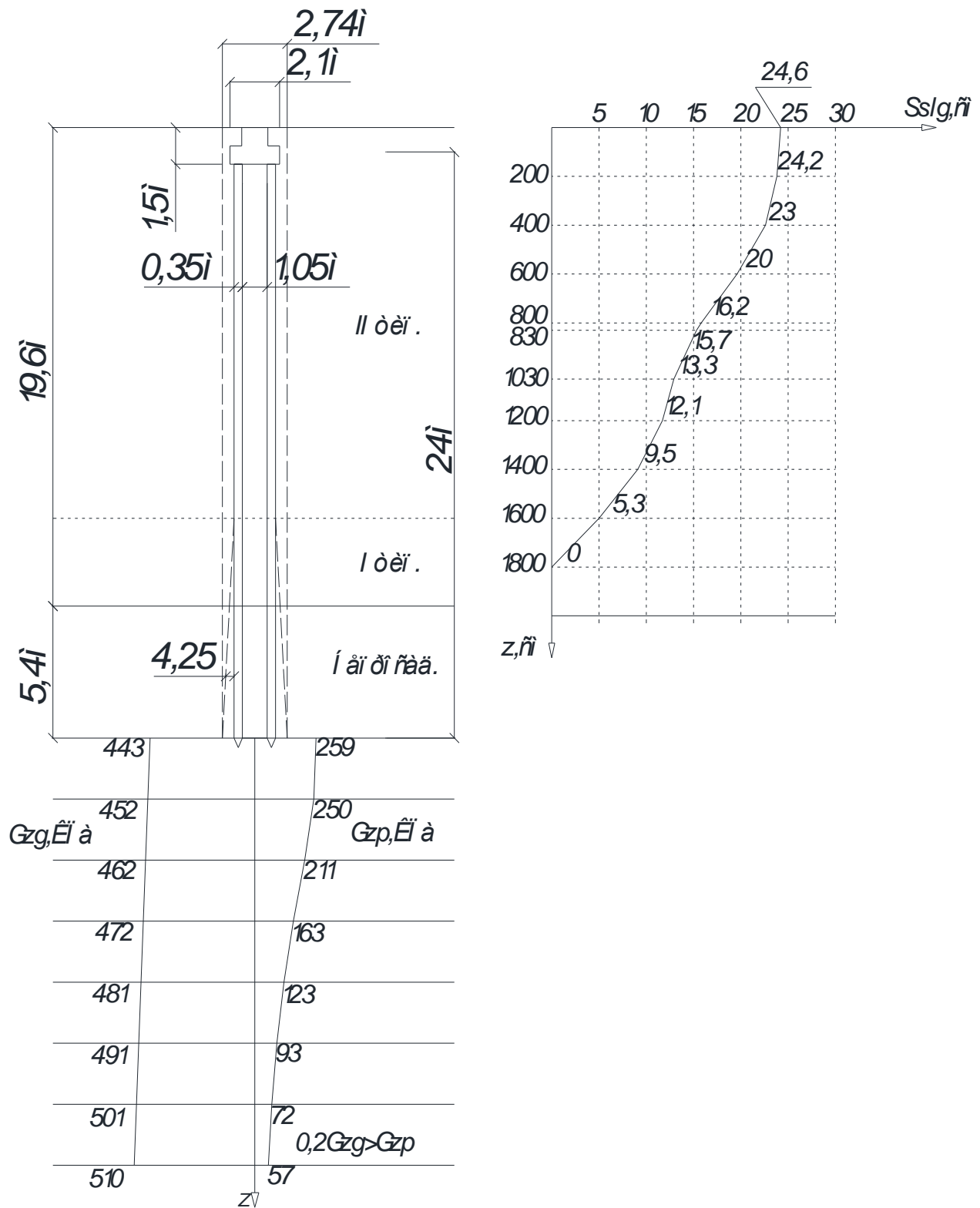


Рис. 8 Схема к построению условного фундамента и определению осадки забивной сваи

Литература

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты/НИИОСП Госстроя СССР.- М.: ГП ЦПП, 2011.- 48 с.
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений/ Минстрой России.- М.: ГП ЦПП, 2016.- 48 с.
3. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под ред. Е. А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова.- М.: Стройиздат, 1985,- 480 с.
4. Основания и фундаменты. Ч.2. Основы геотехники / Под ред. Б. И. Далматова.- М.: Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2002. 392с.

Приложения

Скв-2 (абс. отм. Устья 41,2)

Таблица 1

№№ ИГЭ	Абсолютные отметки слоёв	Мощность слоя, м	Литолог. разрез	Описание грунтов
1	40,0	1,2		Почвенный слой
2	34,6	5,4		Суглинок легкий пылеватый, просадочный
3	28,0	6,6		Погребенная почва Суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, просадочный
4	24,5	3,5		Суглинок тяжелый, пылеватый, твердый просадочный
5	21,2	3,3		Глина коричневая, бурая твердая, непросадочная

На глубине 20 м грунтовые воды не обнаружены

Таблица 2

Физико-механические характеристики грунтов

№ ИГЭ	№ слоя	Глубина, м	W, %	ρ , т/м ³	ρ_s , т/м ³	ρ_d , т/м ³	e	W _L , %	W _p , %	Относит. просадочность, при давлении, МПа				E, МПа	φ _п град.	C _п , кПа
										быт.	0,1	0,2	0,3			
ИГЭ 2	1	1,2 - 2,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,009	0,017	0,040	0,066	21	16	46,9
	2	2,0 - 3,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,011	0,020	0,043	0,080	21	16	46,9
	3	3,0 - 4,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,013	0,016	0,036	0,062	21	16	46,9
	4	4,0 - 5,0	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,013	0,013	0,026	0,052	21	16	46,9
	5	5,0 - 6,6	15,4	1,7	2,71	1,44	0,88	34	22	0,015	0,011	0,034	0,057	21	17	45,7
ИГЭ 3	6	6,6 - 7,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,017	0,012	0,028	0,042	18	17	45,7
	7	7,0 - 8,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,016	0,008	0,024	0,037	18	17	45,7
	8	8,0 - 9,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,019	0,011	0,021	0,034	18	17	45,7
	9	9,0 - 10,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,019	0,006	0,011	0,023	18	17	45,7
	10	10,0 - 12,0	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,009	0,003	0,008	0,012	18	17	45,7
	11	12,0 - 13,2	19,6	1,8	2,72	1,47	0,84	36	22	0,020	0,005	0,010	0,023	18	18	44,9
ИГЭ 4	12	13,2 - 15,0	19,8	1,8	2,72	1,50	0,81	36	23	0,017	0,002	0,006	0,016	18	18	44,9
	13	15,0 - 16,7	19,8	1,8	2,72	1,50	0,81	36	23	0,006	0,002	0,003	0,004	20	19	43,5
ИГЭ 5	14	16,7 - 20,0	22,9	1,9	2,72	1,54	0,77	41	25	0,005	0,002	0,003	0,004	20	19	43,5

Таблица 5

Коэффициент α

$\zeta = 2z / b$	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	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.

Таблица 6

Расчетные сопротивления R_0 просадочных грунтов

Грунты	R_0 , кПа (кгс/см ²), грунтов			
	природного сложения с плотностью в сухом состоянии ρ_d , т/м ³		уплотненных с плотностью в сухом состоянии ρ_d , т/м ³	
	1.35	1.55	1.60	1.70
Супеси	$\frac{300(3)}{150(1.5)}$	$\frac{350(3.5)}{180(1.8)}$	200(2)	250(2.5)
Суглинки	$\frac{350(3.5)}{180(1.8)}$	$\frac{400(4)}{200(2)}$	250(2.5)	300(3)
<p>Примечание: В числителе приведены значения R_0, относящейся к незамоченным просадочным грунтам со степенью влажности $S_r \leq 0.5$; в знаменателе - значения R_0, относящиеся к таким же грунтам с $S_r \geq 0.8$, а также к замоченным просадочным грунтам.</p>				