

**МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
Г Л А В Н И Й П Р О Е К Т**

**ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"  
Северо-западное отделение**

**Р У К О В О Д И Т В О**

**ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ  
И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПО СТАНЦИЯМ  
СВОИМЫЕ ОСНОВАНИЕ И ФУНДАМЕНТЫ  
РАЗДЕЛ 4  
(3-я редакция)**

<b>Главный инженер К.Т.И</b>	<b>К.КРИКОВ</b>
<b>Начальник технического отдела</b>	<b>В.ГАЛЬБЕРГ</b>
<b>Руководитель ЛКЭСС К.Т.И</b>	<b>А.КУРСОВ</b>
<b>Гл. инженер проекта</b>	<b>Н.СОЛОВЬЕВ</b>

**ИНВ. № 3041та-т5**

304Ітм-т5

А Н Н О Т А Ц И Я

Раздел "Свайные основания и фундаменты".  
Руководства по проектированию опор линий электропередачи  
и распределительных устройств подстанций разработан  
как дополнение к разделу "Основание и фундаменты"  
(3-я редакция), лив. № 304Ітм-т3.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящие указания распространяются на проектирование свайных фундаментов опор линий электропередачи и РУ подстанций из висячих свай и свай оболочек, диаметром до 0,8 м, погружаемых в грунт путем забивки и вибропогружения. К висячим относятся свай оболочки, опирающиеся на сжимаемые грунты.

2. Свай и свай-оболочки могут применяться в любых грунтах, в которых обеспечивается возможность их погружения. Свай-оболочки могут применяться с закрытым и открытым нижним концом. Деревянные сваи для постоянных сооружений допускается применять при условии заложения годов свай ниже наименьшего уровня грунтовых вод.

Для фундаментов деревянных опор допускается применение деревянных свай независимо от наличия и уровня грунтовых вод.

Ниже, в Руководстве... под терминем "свай" понимаются сплошные железобетонные сваи квадратного, круглого и прямоугольного сечений, также свай-оболочки диаметром до 0,8 м и деревянные сваи диаметром 0,15 м и больше.

3. Рабочая длина свай, кроме свай под оборудованием РУ, должна быть не менее 4,0 м. Для фундаментов деревянных опор допускается применение свай при рабочей длине не менее 3,0 м.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** За рабочую длину принимается длина погруженной в грунт части свай за вычетом заострений. В рабочую длину не включается толщина слоя ила при  $\gamma > 1$  и торфа.

4. Свай при сооружении фундаментов линий электропередачи и РУ подстанций рекомендуется применять во всех

случаях, когда свайные фундаменты экономически целесообразны, а также при возможных размывах грунта основания, которые могут представлять опасность для монолитных или сборных фундаментов, и в обводненных грунтах при опасности привести грунт основания в пилунное состояние в процессе водостлива из котлованов.

#### Основные указания по расчету

5. Расчет свай и свайных фундаментов производится по несущей способности и по деформациям.

По несущей способности во всех случаях рассчитываются основания как одиночных свай, так и свай в свайных кустах. Основания свайных фундаментов в целом рассчитываются по несущей способности, если основание ограничено отвесами.

По деформациям рассчитываются

фундаменты, состоящие из кустов свай и воспринимающие вдавливающие нагрузки — по осадкам;

фундаменты, состоящие как из одиночных свай, так и свайных кустов — по перемещениям от горизонтальных нагрузок.

6. Расчет свайных фундаментов и их оснований по несущей способности производится на сочетании расчетных нагрузок, расчет по деформациям — на сочетании нормативных нагрузок.

#### Расчет свай и свай-оболочек по несущей способности

7. Расчет свай и свай-оболочек по несущей способности из условия сопротивления грунта основания свай осевым нагрузкам производится по формулам:

$$N \leq P \quad (1)$$

$$N_B \leq P_B \quad (2)$$

где:  $N, N_b$  - осевые вдавливающая и выдергивающая расчетные нагрузки;

$P, P_b$  - несущая способность свай при вдавливании и выдергивании.

3. Несущая способность  $P(t)$  свай по грунту, работающей на осевую вдавливающую нагрузку, определяется как сумма расчетных сопротивлений грунта основания под нижним концом свай и на ее боковой поверхности по формуле:

$$P = \frac{m}{K_n} (m_1 m_{oc} R^H F + m_2 m_{bn} \ll \sum f_i^H l_i) / 10^3 \text{ (з)}$$

Несущая способность  $P_b(t)$  свай, работающей на осевую выдергивающую нагрузку, определяется как суммарное расчетное сопротивление грунта основания на боковой поверхности свай по формуле

$$P_b = \frac{1}{K_n} m m_2 m_{bn} \ll \sum f_i^H l_i + q q \frac{G}{\rho} \quad (4)$$

где:  $K_n$  - коэффициент безопасности, принимаемый  $K=1,4$ ;

$m$  - коэффициент условий работы опоры принимаемый для промежуточных опор  $m=1$ , для промежуточно-угловых, анкерно-угловых и концевых опор  $m=0,75$ ;

$m_1$  и  $m_2$  - коэффициенты условий работы, принимаемые для фундаментов под промежуточные опоры  $m_1=1$ ;  $m_2=1$ ;

под промежуточно-угловые, анкерно-угловые и концевые опоры  $m_1=1,1$

в песчаных грунтах

при вдавливающей нагрузке  $m_2=1,2$

при выдергивающей нагрузке  $m_2=1,0$

- в глинистых грунтах
  - при  $J_0 < 0,6 m_2 = 0,95,$
  - при  $J_0 \geq 0,6 m_2 = 0,75;$
- $m_{oc}$  - коэффициент условий работы грунта под нижними концами свай, зависящий от способа погружения свай и принимаемый по таблице 3;
- $m_{сн}$  - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай, зависящий от способа погружения свай и принимаемый по таблице 3;
- $F$  - площадь опирания на грунт сваи в  $m^2$ , принимаемая по площади поперечного сечения свай брутто;
- $R^H$  - нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай в  $t/m^2$ , определяемое по таблице 1;
- $u$  - периметр поперечного сечения свай в м;
- $f_i^H$  - нормативное сопротивление  $i$ -го слоя грунта оснований на боковой поверхности свай в  $t/m^2$ , определяемой по таблице 2;
- $l_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай в м;
- $Y_{св}$  - вес свай и части ростверка, приходящейся на одну сваю в т.

Для фундаментов специальных переходных опор больших переходов  $R^H$  и  $f_i^H$  определяются по таблицам 1 и 2 СНиП II-Б, 6-67, при этом  $m$  принимается при вдавливающей нагрузке  $m = 1$ , при выдергивающей нагрузке  $m = 0,8$ , если расчетная удерживающая сила веса свай ростверка составляет не менее 0,75 от величины расчетной выдергивающей нагрузки и  $m = 0,6$ , если эта сила меньше указанной величины

3041тм-т5

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

1. Вес сваи и части ростверка  $\gamma_{св}$  при расчете выдергиваемых фундаментов принимается с учетом снижения объемного веса на 1 т/м<sup>3</sup> элементов фундамента, находящихся ниже уровня воды.

2. При опирании концов свай, работающих на вдавливание, на рыхлые несвязные грунты или на глинистые грунты консистенции  $\gamma_L > 0,6$  несущая способность свай проверяется по результатам испытаний пробных свай, погруженных в эти грунты

3. Несущая способность работающих на выдергивание свай проверяется по результатам испытаний пробных свай, если нижняя часть основания свай по высоте более 1/3 рабочей длины свай сложена рыхлыми песками или глинистыми грунтами консистенции  $\gamma_L > 0,6$ .

НОРМАТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТА  
ПОД НИЖНИМИ КОНЦАМИ СВАЙ.  $R^H$  т/м<sup>2</sup>

Нормативное сопротивление $R^H$ в т/м <sup>2</sup>																
Песчаных грунтов средней плотности						Суглей консистенции, равной		Суглинков и глин консистенции $J_z$ , равной								
I	Гравелистых	Крупных	Средней крупности	мелких	пылеватых	Суглей		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0
						$\leq 0$	$> 0$ $\leq 1,0$									
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3	910	730	335	210	140	140	100	875	596	376	250	170	110	80	50	12
4	1000	765	350	220	150	150	105	1000	680	455	305	205	136	90	55	13
5	1070	790	370	240	160	160	110	1070	740	500	340	230	160	95	60	15
6	1130	810	380	255	165	165	115	1130	775	530	365	250	170	110	65	15
8	1210	865	410	280	175	175	120	1210	840	570	400	275	180	120	75	16
10	1270	885	435	300	180	180	130	1270	885	605	425	290	195	130	80	17
12	1340	915	460	316	190	190	140	1340	920	640	460	305	200	140	85	18

Нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности свай  $f^H$  в т/м<sup>2</sup>

Таблица 2

Средняя глубина расположения свай грунта в м	Нормативное сопротивление $f^H$ т/м <sup>2</sup>											
	Песчаных грунтов средней плотности			Супесей консистенции равной		Суглинков и глин консистенции $I_L$ , равной						
	крупных и средней крупности	Мелких	Пылеватых	$\leq 0$	$> 0$ $\leq 1,0$	$\leq 0,2$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	3,95	2,55	1,60	1,60	1,10	5,35	4,00	2,90	2,10	1,55	0,90	0,60
2	4,80	3,30	2,30	2,30	1,60	6,20	4,90	3,75	2,90	2,20	1,35	0,90
3	5,35	3,75	2,65	2,65	1,85	6,90	5,60	4,50	3,45	2,60	1,65	1,20
4	5,80	4,15	3,00	3,00	2,10	7,40	6,05	5,00	3,90	2,90	1,70	1,20
5	6,20	4,45	3,15	3,15	2,20	7,75	6,50	5,40	4,25	3,15	1,72	1,20
6	6,55	4,60	3,40	3,40	2,40	8,00	6,80	5,70	4,50	3,35	1,76	1,20
8	7,05	5,05	3,65	3,65	2,55	8,50	7,15	5,95	4,75	3,45	1,78	1,20
10	7,45	5,35	3,90	3,90	2,75	8,85	7,50	6,20	4,90	3,55	1,79	1,20
12	7,75	5,60	4,15	4,15	2,90	9,20	7,90	6,45	5,10	3,65	1,80	1,20

## ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦАМ I и 2

1. В таблицах I и 2 глубину расположения острия свай и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой следует принимать от уровня планировки, при планировке территории подсыпной (намывом) - от уровня природного рельефа при выполнении подсыпки (намыва) из глинистых грунтов и от уровня подсыпки (намыва) при выполнении подсыпки (намыва) из песчаных грунтов.

2. Для промежуточных глубин забивки свай и промежуточных значений консистенции в глинистых грунтах, значения  $R^H$  и  $f^H$  определяют интерполяцией соответственно по табл. I и 2.

3. Для плотных песчаных грунтов значения  $R^H$  и  $f^H$  по таблицам I и 2 допускается увеличивать на 30%, кроме случаев, когда свая подбивается в предварительно пробуренную скважину. Для рыхлых песчаных грунтов нормативные сопротивления грунтов допускается принимать равным 0,8 от сопротивлений по таблицам I и 2.

4. При определении нормативных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай пласты грунтов расчленяются на однородные слои толщиной не более 2 м.

Коэффициенты условий работы грунта

под нижними концами свай  $M_{oc}$  и на боковой поверхности свай  $M_{Sp}$  в зависимости от способа погружения свай

Классификация	Способы погружения свай и виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта	
		Под нижними концами свай $M_{oc}$	На боковой поверхности свай $M_{Sp}$
I	2	3	4
1	Погружение забивкой	1,0	1,0
2	Погружение забивкой в предварительно пробуренные скважины (диаметры) с заглублением концов свай не менее 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
	а) равной стороне квадратной свай	1,0	0,5
	б) на 50 мм меньшем стороне свай	1,0	0,6
	в) на 150 мм меньшем стороне свай	1,0	1,0
3	Погружение с подливом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем метре погружения без применения подлива	1,0	0,9
4	Вибропогружение в грунты:		
	а) песчаные средней плотности:		
	пески крупные и средней крупности	1,2	1,0
	пески мелкие	1,1	1,0
	пески пылеватые	1,0	1,0

3041тм-т5

1	2	3	4
	б) глинистые с консистенцией $\lambda = 1,0$		
	супеси	0,8	0,8
	суглинки	0,7	0,8
	глины	0,6	0,8
	в) глинистые с консистенцией $\lambda = 0,5$		
	супеси	0,9	0,9
	суглинки	0,8	0,9
	глины	0,7	0,9
	г) глинистые с консистенцией $\lambda \leq 0$		
5	Погружение молотами любой конструкции полых свай с открытым нижним концом:		
	а) при диаметре полости свай менее 40 см	1,0	1,0
	б) при диаметре полости свай более 40 см	0,7	1,0

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦЕ 3

1. Если способ погружения свай обуславливает в соответствии с таблицей ей одновременное применение нескольких коэффициентов, коэффициенты  $m_{от}$  и  $m_{дн}$  принимаются как произведение коэффициентов, найденных по таблице.
2. Коэффициенты по пункту 4 таблицы для глинистых грунтов находятсЯ интерполяцией в зависимости от  $\lambda$

3041тм-т5

9. Сваи, кроме полых с открытым нижним концом, могут погружаться в лидерные скважины, образованные сверлением или прокалыванием грунта, при следующих условиях:

а) грунт должен держать стенки скважины;

б) свая должна погружаться в грунт сразу после сверления (прокалывания) скважины;

в) для свай, воспринимающих выдергивающую нагрузку, диаметр скважин должен быть не больше

диаметр сверленной скважины

$$d_n \leq d - 150 \text{ мм}, \quad (5)$$

диаметр проколотой скважины

$$d_n \leq d - 100 \text{ мм} \quad (6)$$

$d$  - диаметр цилиндрической или сторона квадратного поперечного сечения призматической сваи;

г) глубина лидерной скважины во всех случаях должна быть меньше глубины погружения свай не менее, чем на 1,0 м

**ПРИМЕЧАНИЕ:** для свай, воспринимающих только вдавливающую нагрузку допускается увеличение диаметра лидерной скважины; для свай квадратного сечения максимальный диаметр скважины равен стороне сечения свай; при расчете таких свай вводятся коэффициенты согласно таблице 3.

10. Несущая способность вертикальных свай с рабочей длиной  $l < 25 d$  при действии наклонной выдергивающей нагрузки, определяемая формулой (4), уменьшается путем умножения на коэффициент  $\beta$ , зависящий от величины отношения  $a/N$ , где  $a$  - горизонтальная составляющая расчетной нагрузки,  $N$  - вертикальная составляющая расчетной нагрузки

При  $Q/N = 0,12$   
 $Q/N = 0,35$   
 $Q/N = 0,55$

$\beta = 1,0$   
 $\beta = 0,90$   
 $\beta = 0,60$

Коэффициент  $\beta$  принимается равным 1 при любых отношениях  $Q/N$ , если

- а) рабочая длина вертикальных свай  $l \approx 20 d$
- б) сваи погружены с наклоном в сторону действия горизонтальной составляющей нагрузки при угле не менее  $10^\circ$  к вертикали.

II. Если в пределах длины свай имеются напластования торфа мощностью более 30 см и возможна планировка территории подсыпки или иная загрузка территории, эквивалентная подсыпке, то сопротивление грунту, расположенного выше подошвы наименьшего (в пределах глубины забивки свай) слоя торфа, при расчете несущей способности вдавливаемой свай принимается:

а) при подсыпках до 2 м - для грунтовой подсыпки и торфа равным нулю, а для минеральных пластов естественного грунта - положительным значениям по табл. 2.

б) при подсыпках от 2 до 5 м - для грунтов, включая подсыпку, равным 0,4 от значений, указанных в таблице 2 взятых со знаком минус, а для торфа - минус 0,5 т/м<sup>2</sup>;

в) при подсыпках более 5 м - для грунтов, включая подсыпку равным значениям, указанным в табл. 2, взятым со знаком минус, а для торфа - минус 0,5 т/м<sup>2</sup>.

Расчет свай, свайных фундаментов и их оснований по деформациям

12. Расчет свайного фундамента от осевых вдавливающих нагрузок по осадкам производится как для условного

3041 тт - т.5

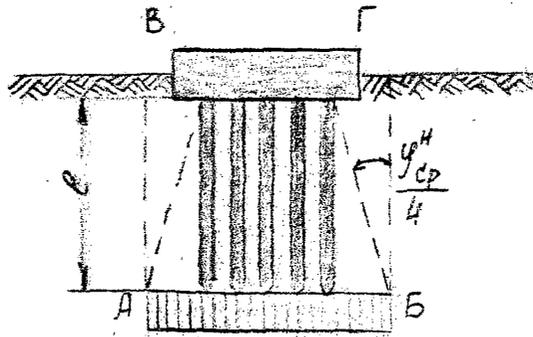


Схема определения границ условного фундамента при расчете осадок свайных фундаментов

фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями главы СНиП II-V.1 - "Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования". Границы условного фундамента (рис. 1) определяются следующим образом:

- снизу - плоскостью АБ, проходящей через концы свай, скобов - вертикальными плоскостями АБ и БГ, отстоящими от наружных граней свай крайних рядов на расстоянии

$$ctg \frac{\varphi_p''}{4} \quad (7)$$

Сверху - поверхностью планировки грунта БГ, где  $\varphi_p''$  - средневзвешенное значение нормативного угла внутреннего трения, определяемое по формуле

$$\varphi_p'' = \frac{\varphi_1'' l_1 + \varphi_2'' l_2 + \dots + \varphi_n'' l_n}{l} \quad (8)$$

$\varphi_1'', \varphi_2'', \dots, \varphi_n''$  - нормативные значения угла внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоев грунта толщиной соответственно  $l_1, l_2, \dots, l_n$

В собственный вес условного фундамента при определении его осадки включается вес свай и ростверка, а также вес грунта в объеме условного фундамента.

Полученные по расчету величины осадок  $S$  свайного фундамента не должны превышать предельно допустимых значений согласно формуле:

$$S \leq S_{np} \quad (9)$$

где:  $S_{np}$  - предельная величина осадки свайного фундамента, принимаемая

для нормальных промежуточных опор  $S_{np} = 0,003B$ ,

для нормальных анкерных и угловых опор  $S_{np} = 0,0025B$

для специальных опор  $S_{np} = 0,002B$ . При этом средняя осадка фундаментов для специальных опор не должна превышать 20 см.

3041тн-т5

Здесь  $B$  - расстояние между точками опирания опоры в направлении действия горизонтальной силы.

13. Одночинные сваи от действия осевых нагрузок, вращающихся и выдергивающих по деформации не рассчитываются.

14. Свайные кусты по деформациям от действия осевых выдергивающих нагрузок не рассчитываются.

15. Расчет свай, заделанной в свайный ростверк и работающей на горизонтальную нагрузку, по деформациям (перемещениям) сводится к ограничению нормативной величиной горизонтальной нагрузки  $Q''$  в т, действующей на сваю от сооружения на уровне подошвы свайного ростверка и определяемой по формуле

$$Q'' \leq P_3'' \quad (10)$$

где:  $P_3''$  - сопротивление вертикальной сваи горизонтальной нагрузке в т, соответствующее величине горизонтального перемещения головы сваи  $\Delta r$ , устанавливаемой в задании на проектирование.  
При  $\Delta r = 1$  см значение  $P_3''$ , приведенной на уровне подошвы свайного ростверка принимается по табл. 4. При  $\Delta r < 1$  см значение  $P_3''$  определяется интерполяцией между значением  $P_3''$ , соответствующим  $\Delta r = 1$  см по табл. 4 и значением  $\Delta r = 0$  соответствующим  $P_3'' = 0$ .

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ГОЛОВЫ СВАИ = 1,0 см (головы свай жестко заделаны в раствор )

Наименование грунта	Обводненность грунта	Размеры сечения свай (см)	Характеристика грунта и сопротивление свай в Т0									Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай
			Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Пески	Необводненный	25x25 30x30 35x35			$\gamma = 38^\circ; C=0;$ $E=300; l=0,65$	4,9 7,0 9,8	$\gamma = 32^\circ; C=0,02$ $E=280; l=0,65$	4,1 5,9 8,2						
	Обводненный	25x25 30x30 35x35			$\gamma = 38^\circ; C=0$ $E=300; l=0,65$	3,9 5,6 7,9	$\gamma = 32^\circ; C=0$ $E=280; l=0,65$	3,2 4,6 6,5						
Суглинки	Необводненный (0,25-0,5)	25x25 30x30 35x35	$\gamma = 24^\circ; C=0,39$ $E=320; l=0,5$	5,0 7,0 9,6	$\gamma = 23^\circ; C=0,34$ $E=250; l=0,6$	4,5 6,4 8,7	$\gamma = 22^\circ; C=0,28$ $E=190; l=0,7$	3,9 5,5 7,6	$\gamma = 21^\circ; C=0,23$ $E=140; l=0,8$	3,3 4,6 6,4	$\gamma = 17^\circ; C=0,15$ $E=80; l=1,0$	2,1 3,0 4,2		
	Обводненный 0,5	25x25 30x30 35x35					$\gamma = 19^\circ; C=0,25$ $E=170; l=0,7$	2,8 3,9 5,4	$\gamma = 14^\circ; C=0,14$ $E=60; l=1,0$	1,4 1,9 2,7	$\gamma = 12^\circ; C=0,11$ $E=50; l=1,1$	1,1 1,6 2,2		
Глины	Необводненный 0,25-0,5	25x25 30x30 35x35			$\gamma = 18^\circ; C=0,57$ $E=210; l=0,7$	4,8 6,7 9,1	$\gamma = 17^\circ; C=0,50$ $E=180; l=0,8$	4,4 6,1 8,4	$\gamma = 14^\circ; C=0,37$ $E=120; l=1,0$	3,3 4,6 6,3	$\gamma = 13^\circ; C=0,32$ $E=90; l=1,1$	2,6 3,7 5,1		
	Обводненный 0,5	25x25 30x30 35x35					$\gamma = 14^\circ; C=0,44$ $E=180; l=0,7$	3,3 4,5 6,2	$\gamma = 10^\circ; C=0,31$ $E=120; l=0,9$	2,4 3,3 4,6	$\gamma = 6^\circ; C=0,22$ $E=70; l=1,1$	1,5 2,2 3,0		

При многослойном основании в качестве исходных характеристик грунта для определения  $R_2^H$  по таблице 4 принимаются характеристики поверхностного слоя грунта толщиной 1,5 - 2,0 м

В случае, если действующие на сваи горизонтальные силы превышают величину  $R_2^H$ , при вертикальном расположении свай в фундаменте следует увеличить их сечение или количество, а при невозможности необходимо предусмотреть погружение свай с наклоном в сторону действующей горизонтальной силы или кословое расположение свай; т.е. предусмотреть погружение их с наклоном, в двух противоположных направлениях.

16. Расчет одиночных свай по деформации при действии горизонтальной нагрузки (горизонтальной составляющей нагрузки) сводится к ограничению нормативной величиной горизонтальной нагрузки  $Q^H$  в соответствии с неравенством

$$Q^H \leq R_2^H \quad (11)$$

где:  $R_2^H$  - сопротивление вертикальным сваям горизонтальной нагрузке в то, соответствующее заданной предельной величине угла поворота головы свай.

Величина  $R_2^H$  для свайных фундаментов под промежуточные опоры принимается по таблице 5, для свайных фундаментов под промежуточно-угловые, анкерно-угловые и концевые опоры принимается по таблице 5 с коэффициентом 0,8

При многослойном основании в качестве исходных характеристик грунта для определения  $R_2^H$  по таблице 5 принимаются характеристики поверхностного слоя грунта толщиной 1,5 - 2,0 м.

304ГМ-Г5

ТАБЛИЦА 5

сопротивлений одиночных вертикальных железобетонных свай горизонтальной нагрузке при заданном угле поворота свай 0,006

Наименование грунта	Обводнение грунта	Размеры сечения свай (см)	Характеристика грунта и сопротивление свай в тоннах									
			Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай	Характеристика грунта	Сопротивление свай
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пески	Необводненный	25x25 30x30 35x35			$\gamma=38^\circ; C=0$ $E=300; l=0,65$	2,8 4,4 6,6	$\gamma=32^\circ; C=0,02$ $E=280; l=0,65$	2,4 3,8 5,7				
	Обводненный	25x25 30x30 35x35			$\gamma=38^\circ; C=0$ $E=300; l=0,65$	2,4 3,8 3,7	$\gamma=32^\circ; C=0$ $E=280; l=0,65$	2,0 3,2 4,8				
Суглинки	Необводненный 0,24 0,5	25x25 30x30 35x35	$\gamma=24^\circ; C=0,39$ $E=320; l=0,5$	2,9 4,5 6,6	$\gamma=25^\circ; C=0,34$ $E=250; l=0,6$	2,7 4,2 6,1	$\gamma=22^\circ; C=0,28$ $E=190; l=0,7$	2,4 3,7 5,5	$\gamma=21^\circ; C=0,23$ $E=140; l=0,8$	2,1 3,3 4,9	$\gamma=17^\circ; C=0,15$ $E=80; l=1,0$	1,5 2,4 3,6
	Обводненный 0,5	25x25 30x30 35x35					$\gamma=19^\circ; C=0,25$ $E=170; l=0,7$	1,9 2,9 4,4	$\gamma=14^\circ; C=0,14$ $E=60; l=1,0$	1,1 1,8 2,6	$\gamma=12^\circ; C=0,11$ $E=50; l=1,1$	1,0 1,5 2,2
Глины	Необводненный 0,25 0,5	25x25 30x30 35x35			$\gamma=18^\circ; C=0,57$ $E=210; l=0,7$	2,8 4,4 6,4	$\gamma=17^\circ; C=0,50$ $E=180; l=0,8$	2,6 4,1 6,0	$\gamma=14^\circ; C=0,37$ $E=120; l=1,0$	2,1 3,3 4,8	$\gamma=12^\circ; C=0,32$ $E=90; l=1,1$	1,8 2,8 4,2
	Обводненный 0,5	25x25 30x30 35x35					$\gamma=14^\circ; C=0,44$ $E=180; l=0,7$	2,1 3,3 4,8	$\gamma=10^\circ; C=0,31$ $E=120; l=0,9$	1,7 2,6 3,9	$\gamma=6^\circ; C=0,22$ $E=70; l=1,1$	1,2 1,9 2,7

3041тм-т5

Расчет изгибающих моментов, возникающих в сваях  
в результате приложения горизонтальной  
нагрузки (горизонтальной составляющей нагрузки)

17. Величины изгибающих моментов в вертикальной свае, заделанной в нижний свайный ростверк, на уровне нижней плоскости ростверка определяются по таблице 6 в зависимости от характеристик грунтов. Моменты по таблице 6 соответствуют горизонтальным нагрузкам, приведенным в таблице 4 настоящего руководства. При меньших горизонтальных нагрузках величину изгибающих моментов допускается определять, уменьшая значение моментов по таблице 6 пропорционально уменьшению нагрузки. При больших нагрузках допускается увеличивать моменты пропорционально увеличению нагрузок, но не более 25%

18. Величины максимальных моментов в одиночной вертикальной свае определяются по таблице 7 в зависимости от характеристик грунтов. Моменты по таблице 7, соответствуют горизонтальным нагрузкам, равным сопротивлениям свай по таблице 5 настоящего руководства.

При меньших горизонтальных нагрузках величину изгибающих моментов, допускается определять, уменьшая значение моментов по таблице 7, пропорционально уменьшению нагрузки. При больших нагрузках допускается увеличивать момент пропорционально увеличению нагрузок, но не более 25%.

Проектирование свайных фундаментов

21. Свайные фундаменты в зависимости от числа и размещения свай могут сооружаться в виде:

а) одиночных свай - под отдельные опорные узлы опор ВМ и РУ подстанций;

Величины моментов в железобетонных сваях в плоскости их заделки в ростверк, также глубины нулевых моментов при действии горизонтальной нагрузки и горизонтальном перемещении головы свай  $\Delta = 1,0$  см

Наименование грунта	Обводнение грунта	Размеры сечения свай (см)	Характеристика грунта, момента (в т.м) и глубины (в м)											
			Характеристика грунта	Момент	Глубина на нулевых моментах	Характеристика грунта	Момент	Глубина на нулевых моментах	Характеристика грунта	Момент	Глубина на нулевых моментах	Характеристика грунта	Момент	Глубина на нулевых моментах
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Пески	Необводненный	25x25	$\gamma=38^\circ; C=0;$	5,0	1,2	$\gamma=32^\circ; C=0,02$	4,4	1,2						
		30x30	$E=300; l=0,65$	8,1	1,3	$E=280; l=0,65$	7,1	1,4						
		35x35		12,4	1,4		11,0	1,5						
	Обводненный	25x25	$\gamma=38^\circ; C=0$	4,3	1,2	$\gamma=32^\circ; C=0$	3,8	1,3						
		30x30	$E=300; l=0,65$	7,0	1,4	$E=280; l=0,65$	6,1	1,5						
		35x35		10,7	1,5		9,4	1,6						
Суглинки	Необводненный 0,25 0,5	25x25	$\gamma=23^\circ; C=0,34$	4,5	1,2	$\gamma=22^\circ; C=0,28$	4,0	1,3	$\gamma=21^\circ; C=0,28$	3,6	1,4	$\gamma=17^\circ; C=0,15$	2,7	1,5
		30x30	$E=250; l=0,6$	7,1	1,4	$E=190; l=0,7$	6,5	1,5	$E=140; l=0,8$	5,8	1,5	$E=80; l=1,1$	4,3	1,6
		35x35		10,9	1,5		9,9	1,6		8,8	1,7		6,7	1,9
	Обводненный 0,5	25x25				$\gamma=19^\circ; C=0,25$	3,2	1,5	$\gamma=14^\circ; C=0,14$	2,0	1,8	$\gamma=12^\circ; C=0,11$	1,8	2,0
		30x30				$E=170; l=0,7$	5,1	1,6	$E=60; l=1,0$	3,2	2,0	$E=60; l=1,1$	2,9	2,2
		35x35					7,8	1,8		4,9	2,2		4,4	2,4
Глины	Необводненный 0,25 0,5	25x25	$\gamma=18^\circ; C=0,57$	4,5	1,2	$\gamma=17^\circ; C=0,50$	4,2	1,2	$\gamma=14^\circ; C=0,37$	3,5	1,4	$\gamma=12^\circ; C=0,32$	3,0	1,5
		30x30	$E=210; l=0,7$	7,2	1,3	$E=180; l=0,8$	6,7	1,4	$E=120; l=1,0$	5,5	1,6	$E=80; l=1,1$	4,8	1,7
		35x35		10,9	1,5		10,3	1,5		8,5	1,7		7,4	1,8
	Обводненный 0,5	25x25				$\gamma=14^\circ; C=0,44$	3,5	1,4	$\gamma=10^\circ; C=0,31$	2,8	1,5	$\gamma=6^\circ; C=0,22$	2,1	1,8
		30x30				$E=180; l=0,7$	5,5	1,6	$E=120; l=0,9$	4,6	1,7	$E=70; l=1,1$	3,4	2,0
		35x35					8,4	1,8		6,9	1,9		5,2	2,2

ВЕЛИЧИНА МАКСИМАЛЬНЫХ МОМЕНТОВ В ОДИНОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЯХ ОТ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ, ТАКЖЕ ГЛУБИНА МАКСИМУМА ОПОРЫ МОМЕНТОВ (УГОЛ ПОВОРОТА ГОЛОВЫ СВАИ 0,006)

Наименование грунта	Обводнение грунта	Размеры сечения сваи (см)	Характеристика грунта, моменты (в т.м.) и глубины (в м.)											
			Характеристика грунта	Момент	Глубина	Характеристика грунта	Момент	Глубина	Характеристика грунта	Момент	Глубина	Характеристика грунта	Момент	Глубина
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Необводненный	25x25	$\gamma = 38^\circ; C=0$	2,9	1,3	$\gamma = 32^\circ; C=0,02$	2,8	1,6							
	30x30	$E=300; l=0,65$	5,3	1,6	$E=280; l=0,65$	5,0	1,8							
	35x35		8,9	1,7		8,2	2,0							
Обводненный	25x25	$\gamma = 36^\circ; C=0$	2,7	1,5	$\gamma = 32^\circ; C=0$	2,5	1,7							
	30x30	$E=300; l=0,65$	4,9	1,7	$E=280; l=0,65$	4,6	1,9							
	35x35		8,2	1,9		7,6	2,1							
Необводненный $0,25 < \gamma_L \leq 0,5$	25x25	$\gamma = 23^\circ; C=0,34$	2,6	1,5	$\gamma = 22^\circ; C=0,33$	2,4	1,6	$\gamma = 21^\circ; C=0,23$	2,3	1,7	$\gamma = 17^\circ; C=0,15$	2,0	1,9	
	30x30	$E=250; l=0,6$	4,7	1,7	$E=190; l=0,7$	4,4	1,8	$E=140; l=0,8$	4,1	1,9	$E=80; l=1,0$	3,6	2,3	
	35x35		7,8	1,9		7,4	2,0		6,9	2,3		6,0	2,6	
Обводненный $\gamma_L > 0,5$	25x25				$\gamma = 19^\circ; C=0,25$	2,1	1,9	$\gamma = 14^\circ; C=0,14$	1,6	2,3	$\gamma = 12^\circ; C=0,11$	1,4	2,4	
	30x30				$E=170; l=0,7$	3,9	2,1	$E=60; l=1,0$	3,0	2,7	$E=50; l=1,1$	2,7	2,8	
	35x35					6,5	2,3		4,7	2,9		4,1	2,9	
Необводненный $0,25 < \gamma_L \leq 0,5$	25x25	$\gamma = 16^\circ; C=0,57$	2,5	1,4	$\gamma = 17^\circ; C=0,50$	2,4	1,4	$\gamma = 14^\circ; C=0,37$	2,2	1,7	$\gamma = 12^\circ; C=0,32$	2,0	1,8	
	30x30	$E=210; l=0,7$	4,5	1,7	$E=180; l=0,8$	4,4	1,7	$E=120; l=1,0$	3,9	2,0	$E=90; l=1,1$	3,6	2,2	
	35x35		7,6	1,9		7,3	2,0		6,6	2,2		6,2	2,4	
Обводненный $\gamma_L > 0,5$	25x25				$\gamma = 14^\circ; C=0,44$	3,9	2,0	$\gamma = 10^\circ; C=0,31$	1,9	2,0	$\gamma = 5^\circ; C=0,22$	1,6	2,2	
	30x30				$E=180; l=0,7$	6,6	2,3	$E=120; l=0,9$	3,5	2,2	$E=70; l=1,1$	3,0	2,6	
	35x35								5,8	2,5		4,9	2,8	

ПРИМЕЧАНИЕ: верхний обрез сваи на высоте 0,2 м от уровня поверхности грунта

б) кустов с расположением свай в плане на участке квадратной, прямоугольной и другой формы.

22. Расстояние между осями свай в кусте должно быть не менее  $3d$ , где  $d$  - диаметр круглого сечения свай или большая сторона прямоугольного сечения.

23. Расчетное усилие  $R_{\text{ср}}$ , передаваемое на сваю в свайном кусте с вертикальными сваями и жестким ростверком определяется по формуле:

$$R_{\text{ср}} = \frac{N}{n} + \frac{M_{\text{хс}}}{\sum y_i^2} + \frac{M_{\text{ус}}}{\sum x_i^2} + \frac{a_{\text{у}} h_0 y}{\sum y_i^2} + \frac{a_{\text{х}} h_0 x}{\sum x_i^2} \quad (12)$$

где: -  $N$  расчетная вертикальная нагрузка, приходящаяся на свайный фундамент (вдавливающая или выдергивающая) с учетом веса ростверка в т;

$M_{\text{хс}}, M_{\text{ус}}$  - расчетные моменты в т.м относительно главных центральных осей  $X$  и  $Y$  плана свай в плоскости подошвы свайного ростверка (с учетом момента от веса ростверка при смещении его центра тяжести относительно осей свайного куста);

$a_{\text{х}}, a_{\text{у}}$  - составляющие действующей на свайный фундамент расчетной горизонтальной нагрузки по главным центральным осям  $X$  и  $Y$  плана свайного куста;

$n$  - число свай в свайном фундаменте;

$x_i, y_i$  - расстояние в м от главных осей до оси каждой сваи;

$x, y$  - расстояния в м от главных осей до оси каждой сваи, для которой вычисляется осевая нагрузка;

$h_0$  - расстояние от подошвы ростверка до условной плоскости нулевых моментов в сваях куста;

304Гтм-т5

- несущая способность свай в т., определяемая по указаниям п.п. 8-11.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

1. Знаки моментов  $M_x$  и  $M_y$  принимаются положительными, если направление моментов совпадает с моментами от составляющих горизонтальных сил  $Q_x$  и  $Q_y$  относительно осей X и Y, и отрицательными при противоположных направлениях.
2. Коэффициент  $K_0$  может приниматься равным 0,85 от приведенной в таблице 6 глубины нулевых моментов в свае.
3. При кратковременно действующих вдавливающих нагрузках и количестве свай в ряду более трех допускается перегрузка крайних свай ряда в размере до 20% от их несущей способности.

24. При расчете свай, работающих в свайном кусте, из четырех и менее свай, на выдергивающие нагрузки расчетная нагрузка принимается увеличенной на 20%.

25. Горизонтальную нагрузку допускается принимать равномерно распределенной на все сваи фундамента.

26. Размещение свай в кусте внецентренно нагруженного фундамента производится таким образом, чтобы равнодействующая определяющих нагрузок, действующих на свайный куст, проходила возможно ближе к центру тяжести плана свай в условной плоскости нулевых моментов в сваях куста (на расстоянии от подошвы раствора).

27. Выбор длины свай и свай - оболочек производится в зависимости от грунтовых условий строительной площадки.

Для свайных кустов с большим количеством свай концы свай и свай - оболочек рекомендуется заглублять в малосжимаемые грунты, прорезая более слабые напластования

3041тн-г5

грунтов. При этом заглубление свай и свай-оболочек в грунты, принятые за основание под нижними концами рекомендуется принимать:

в гравалюэные, крупные, средней крупности песчаные грунты и в глинистые грунты консистенцией  $K_1 \leq 0,25$  - не менее 0,5 м; в прочие виды нескольких грунтов - не менее 1,0 м.

28. При опирании нижних концов свай на слой малосжимаемого грунта, лежащий на более слабом грунте, расстояние от концов свай до кровли более слабого грунта должно быть не менее:

- для свай работающих на вдавливание - 1,5 м;
- для свай, работающих на выдергивание - 1,0 м.

29. Глубина заложения подошвы ростверка должна назначаться с учетом глубины промерзания грунта, возможности местного размыва и т.д.

Подошву ростверка рекомендуется располагать ниже глубины промерзания грунта или выполнять высокий ростверк с просветом между его подошвой и поверхностью грунта не менее 0,15 м.

При расположении подошвы ростверка в зоне промерзания пучинистого грунта необходимо предусмотреть меры, предотвращающие влияние пучений грунта на ростверк.

При возможности местного размыва подошву ростверка рекомендуется располагать ниже отметки предполагаемого размыва. Допускается расположение подошвы ростверка выше отметки размыва при проверке несущей способности и устойчивости свайного куста в условиях размыва.

#### Свайные фундаменты в лессовидных просадочных грунтах

30. Настоящие указания распространяются на проектирование свайных фундаментов в лессовидных грунтах при пористости

грунта не более 55% (коэффициент пористости = 1,2) при следующих условиях:

а) Погружение свай осуществляется с обязательным пробуриванием скважины (лидера) диаметром равным

$$d_1 = d \quad - 100 \text{ мм} \quad (13)$$

где:  $d_1$  - диаметр лидера;  
 $d$  - диаметр или сторона поперечного сечения свай.

Глубина лидерной скважины должна быть на 70 см меньше глубины погружения свай.

б) Погружение свай в грунт должно предшествовать замачиванию лидерной скважины водой с поддержанием уровня ее у поверхности земли в течение 2-3 часов. Разрыв по времени между окончанием замачивания скважины и погружением свай не должен превышать одного часа.

31. При пористости грунта, превышающей значение, указанные в п. 30, при погружении свай без лидерных скважин или без замачивания лидерных скважин, также при невыполнении других условий п. 30, несущая способность свай определяется по результатам испытания свай статическими нагрузками при искусственном замачивании грунта близком к максимально возможному замачиванию в соответствующих условиях.

32. Несущая способность  $P_{(1)}$  свай, удовлетворяющей требованиям пункта 30 и работающей на вдавливающую нагрузку, определяется как сумма расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом свай и на ее боковой поверхности по формуле

$$P = \frac{m}{K_n} m_n (R'' F + u e f'') - 1,1 \gamma_{op} \quad (14)$$

3041тн-т5

где  $K_H, m, F, U, Y_{cp}$  значения те же, что и в формуле 3

- $m$  - коэффициент условий работы свай, определенный по таблице 8 настоящих указаний.
- $R^H$  - нормативное сопротивление грунта основания под нижним концом свай, принимаемое равным 195 т/м<sup>2</sup>
- $F^H$  - нормативное сопротивление основания на боковой поверхности свай, принимаемое равным 3,4 т/м<sup>2</sup>
- $l$  - рабочая длина свай.

33. Несущая способность свай, удовлетворяющей требованиям п. 30 и работающей на выдегивающую нагрузку, определяется как сопротивление грунта на боковой поверхности свай по формуле

$$P_B = \frac{m}{K_H} m_n U l F^H + 0,9 Y_{cp} \quad (15)$$

где  $K_H, m, m_n, U, l, F^H, Y_{cp}$  значения те же, что и в формуле № 14

34. Для защиты оснований от замачивания рекомендуется выполнение отмостки из перемятого местного грунта. Толщина отмостки в центре опоры - не менее 20 см, уклон во все стороны от центра  $l = 0,02$ , размеры отмостки в плане должны превышать соответствующие размеры базы опоры на 4 м.

35. При возможности стока поверхностных вод через площадку установки опоры предусматриваются за пределами площадки нагорные каналы для отвода воды.

36. Запрещается нарушение покровного слоя или срезка грунта в пределах менее 10 м от опоры.

ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА *Mo*

Класс	Условия работы свай	При наличии от- мостки вокруг свай		При отсутствии от- мостки	
		в грун- тах с макси- мальной влажнос- тью до 18%	в грун- тах с макси- мальной влажнос- тью вы- ше 25%	в грунтах с макси- мальной влажнос- тью до 18%	в грунтах с макси- мальной влажнос- тью выше 25%
И	2	3	4	5	6
1	На выдергивание или вдавливание одиноч- ной свай	1,0	0,6	0,85	0,51
2	На выдергивание или вдавливание фунда- мента из двух свай под носок опоры при расстоянии между ними не меньше шес- тикратного размера стороны поперечного сечения	0,6	0,36	0,51	0,3

ПРИМЕЧАНИЕ к таблице 8.

1. Указанное значение максимальной влажности относится к влажности грунта в течение года.
2. При влажности грунта от 18% до 25% коэффициент принимается по интерполяции.