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

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

Р У К О В О Д С Т В О

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ

СВАЙНЫЕ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

РАЗДЕЛ 4

(3-я редакция)

Главный инженер
К.Тн К.КРЮКОВ

Начальник технического
отдела В.ГАЛЬПЕРИН

Руководитель ЛКЗСС
К.Т.Н А.КУРНОСОВ

Гл. инженер проекта Н.СОЛОВЬЕВ

инв. № 3041тм-т5

gost.e-ecolog.ru

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), инв. № 3041тм-т2.

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 сваи оболочки, опирающиеся на сжимаемые грунты.

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

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

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ: За рабочую длину принимается длина погруженной в грунт части сваи за вычетом заострения. В рабочую длину не включается толщина слоя ила при $J_L > 1$ и торфа.

4. Сваи 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 представить опасность для монолитных или сборных фундаментов, и в обводненных грунтах при опасности привести грунты основания в плывунное состояние в процессе водоотлива 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 откосами.

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 сочетания расчетных нагрузок, расчет по деформациям - на сочетания нормативных нагрузок.

Расчет свай и свай-оболочек по несущей способности

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

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

$$N_в \leq P_в \qquad (2)$$

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

P, P_b – несущая способность сваи при вдавливании и выдергивании.

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

$$P = \frac{m}{K_н}\left(m_1 m_{oc} R^н F + m_2 m_{бп} U \sum f_i^н l_i\right) - 1{,}1 G_ф \quad (3)$$

Несущая способность Рв (т) сваи, работающей на осевую выдергивающую нагрузку, определяется как суммарное расчетное сопротивление грунта основания на боковой поверхности сваи по формуле

$$P_b = \frac{1}{K_н} m m_2 m_{бп} U \sum f_i^н l_i + 0{,}9\, G_ф \quad (4)$$

где: $K_н$ – коэффициент безопасности, принимаемый К=I,4;

m – коэффициент условий работы опоры принимаемый для промежуточных опор m =I, 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 = I; m_2 = I;

под промежуточно-угловые, анкерно-угловые и концевые опоры m_1 = I,I

в песчаных грунтах

при вдавливающей нагрузке m_2 = I,2
при выдергивающей нагрузке m_2 = I,0

- в глинистых грунтах
при $J_i < 0,6$ $m_2 = 0,95$,
при $J_i \geq 0,6$ $m_2 = 0,75$;

m_{cr} - коэффициент условий работы грунта под нижними концами свай, зависящий от способа погружения свай и принимаемый по таблице 3;

m_{sn} - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай, зависящий от способа погружения свая и принимаемой по таблице 3;

F - площадь опирания на грунт сваи в $м^2$, принимаемая по площади поперечного сечения свая брутто;

$R^н$ - нормативное сопротивление грунта под нижним концом сваи в т/м2, определяемое по таблице I;

u - периметр поперечного сечения сваи в м;

$f_i^н$ - нормативное сопротивление -го слоя грунта оснований на боковой поверхности свая в т/м2, определяемой по таблице 2;

l_i - толщина -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи в м;

$g_{ф}$ - вес сваи и части ростверка, приходящейся на одну сваю в т.

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

ПРИМЕЧАНИЯ:

I. Вес сваи и части ростверка $g_{ф}$ при расчете выдергиваемых фундаментов принимается с учетом снижения объемного веса на I т/м3 элементов фундамента, находящихся ниже уровня воды.

2. При опирании концов свай, работающих на вдавливание, на рыхлые песчаные грунты или на глинистые грунты консистенции $J_L > 0,6$ 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 сопротивления свай по высоте более I/3 рабочей длины сваи сложена рыхлыми песками или глинистыми грунтами консистенции $J_L > 0,6$.

Таблица I

НОРМАТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТА
под нижними концами свай. $R^н$ т/м2

	Нормативное сопротивление $R^н$ в т/м2															
	Песчаных грунтов средней плотности					Супесей консистенции, равной		Суглинков и глин консистенции J_L, равной								
	Гравелистых	Крупных	Средней крупности	мелких	пылеватых	≤ 0	> 0 $\leq 1{,}0$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7
3	910	730	335	210	140	140	100	875	526	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

Таблица 2

Нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности свай $f^н$ в т/м2

Средняя глубина расположения слоя грунта в м	Нормативное сопротивление $f^н$ т/м2: Песчаных грунтов средней плотности: крупных и средней крупности	Песчаных грунтов средней плотности: мелких	Песчаных грунтов средней плотности: пылеватых	Супесей консистенции J_L, равной: ≤ 0	Супесей консистенции J_L, равной: > 0 $\leq 0{,}1$	Суглинков и глин консистенции J_L, равной: $\leq 0{,}2$	$0{,}3$	$0{,}4$	$0{,}5$	$0{,}6$	$0{,}75$	$1{,}0$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
I	3,95	2,55	I,60	I,60	I,I0	5,35	4,00	2,90	2,I0	I,55	0,90	0,60
2	4,80	3,30	2,30	2,30	I,60	6,20	4,90	3,75	2,90	2,20	I,35	0,90
3	5,35	3,75	2,65	2,65	I,85	6,90	5,60	4,50	3,45	2,60	I,65	I,20
4	5,80	4,I5	3,00	3,00	2,I0	7,40	6,05	5,00	3,90	2,90	I,70	I,20
5	6,20	4,45	3,I5	3,I5	2,20	7,75	6,50	5,40	4,25	3,I5	I,72	I,20
6	6,55	4,60	3,40	3,40	2,40	8,00	6,80	5,70	4,50	3,35	I,76	I,20
8	7,05	5,05	3,65	3,65	2,55	8,50	7,I5	5,95	4,75	3,45	I,78	I,20
I0	7,45	5,35	3,90	3,90	2,75	8,85	7,50	6,20	4,90	3,55	I,79	I,20
I2	7,75	5,60	4,I5	4,I5	2,90	9,20	7,90	6,45	5,I0	3,65	I,80	I,20

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦАМ I и 2

I. 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 подсыпкой (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 грунтов, значения $R^{н}$ и $f^{н}$ определяют интерполяцией соответственно по табл. I и 2.

3. Для плотных песчаных грунтов значения $R^{н}$ и $f^{н}$ по таблицам I и 2 допускается увеличивать на 30%, кроме случаев, когда свая погружается 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_{sn} в зависимости от способа погружения свай

№№ пп	Способы погружения свай и виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта	
		Под нижними концами свай m_{oc}	На боковой поверхности свай m_{sn}
I	2	3	4
I	Погружение забивкой	I,0	I,0
2	Погружение забивкой в предварительно пробуренные скважины (лидеры) с заглублением концов свай не менее I м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
	а) равном стороне квадратной сваи	I,0	0,5
	б) на 50 мм меньшем стороны сваи	I,0	0,6
	в) на I50 мм меньшем стороны сваи	I,0	I,0
3	Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем метре погружения без применения подмыва	I,0	0,9
4	Вибропогружение в грунты:		
	а) песчаные средней плотности:		
	пески крупные и средней крупности	I,2	I,0
	пески мелкие	I,I	I,0
	пески пылеватые	I,0	I,0

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

ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛЕ 3

I. Если способ погружения свай обуславливает в соответствии с таблицей одновременное применение нескольких коэффициентов, коэффициенты m_{oc} и m_{Sn} принимаются как произведение коэффициентов, найденных по таблице.

2. Коэффициенты по пункту 4 таблицы для глинистых грунтов находятся интерполяцией в зависимости от J_L

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 сверленой скважины

$$d_1 \leq d - 150 \text{ мм}, \qquad (5)$$

диаметр проколотой скважины

$$d_1 \leq d - 100 \text{ мм} \qquad (6)$$

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 I,0 м

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

I0. Несущая способность вертикальных свай с рабочей длиной $l < 25\ d$ при действии наклонной выдергивающей нагрузки, определяемая формулой (4), уменьшается путем умножения на коэффициент β, зависящий от величины отношения Q/N, где Q - горизонтальная составляющая расчетной нагрузки, N - вертикальная составляющая расчетной нагрузки

При Q/N = 0,I2 β = I,0
Q/N = 0,35 β = 0,90
Q/N = 0,55 β = 0,80

Коэффициент β принимается равным I при любых отношениях Q/N, если

а) рабочая длина вертикальных свай $l \geq 25\,d$

б) сваи погружены с наклоном в сторону действия горизонтальной составляющей нагрузки при угле не менее 10^0 к вертикали.

II. Если в пределах длины сваи имеются напластования торфа мощностью более 30 см и возможна планировка территории подсыпкой или иная загрузка территории, эквивалентная подсыпке, то сопротивление грунта, расположенного выше подошвы нижнего (в пределах глубины забивки свай) слоя торфа, при расчете несущей способности вдавливаемой сваи 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 табле 2 взятых со знаком минус, а для торфа - минус 0,5 т/м2;

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/м2.

Расчет свай, свайных фундаментов и их оснований по деформациям

I2. Расчет свайного фундамента от осевых вдавливающих нагрузок по осадкам производится как для условного

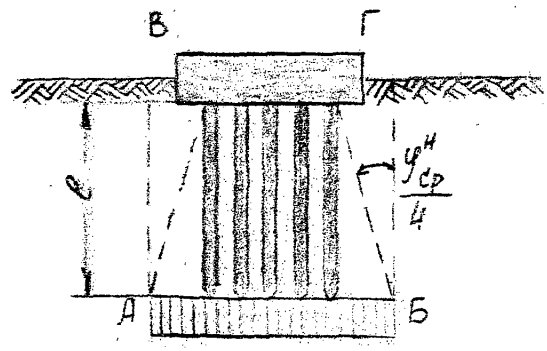

Схема определения границ условного фундамента при расчете осадок свайных фундаментов

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

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

$$l\,tg\frac{\varphi''_{\varphi}}{4} \qquad (7)$$

Сверху - поверхностью планировки грунта БГ,

где φ''_{φ} - средневзвешенное значение нормативного угла внутреннего трения, определяемое по формуле

$$\varphi''_{\varphi} = \frac{\varphi''_1 l_1 + \varphi''_2 l_2 + \ldots \varphi''_n l_n}{l} \qquad (8)$$

$\varphi''_1; \varphi''_2; \ldots \varphi''_n$ - нормативные значения угла внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоев грунта толщиной соответственно $l_1; l_2; \ldots l_n$

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:

$$S \leq S_{пр} \qquad (9)$$

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

для нормальных промежуточных опор $S_{пр}$ = 0,003В,

для нормальных анкерных и угловых опор $S_{пр}$ = = 0,0025В

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

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

I3. Одиночные сваи от действия осевых нагрузок, вдавливающих и выдергивающих по деформации не рассчитываются.

I4. Свайные кусты по деформациям от действия осевых выдергивающих нагрузок не рассчитываются.

I5. Расчет свай, заделанной в свайный ростверк и работающей на горизонтальную нагрузку, по деформациям (перемещениям) сводится к ограничению нормативной величины горизонтальной нагрузки $Q^н$ в т, действующей на сваю от сооружения на уровне подошвы свайного ростверка и определяемой по формуле

$$Q^н \leq P_з^н \qquad (I0)$$

где: $P_з^н$ – сопротивление вертикальной сваи горизонтальной нагрузке в т, соответствующее величине горизонтального перемещения головы сваи Δr, устанавливаемой в задании на проектирование. При Δr = I см значение $P_з^н$, приложенной на уровне подошвы свайного ростверка принимается по табл. 4. При Δr < I см значение $P_з^н$ определяется интерполяцией между значением $P_з^н$, соответствующим Δr = I см по табл. 4 и значением Δr = 0 соответствующим $P_з^н$ = 0.

ТАБЛИЦА 4

Сопротивлений вертикальных железобетонных свай горизонтальной нагрузке при горизонтальном перемещении головы сваи = I,0 см (головы свай жестко заделаны в ростверк)

Наименование грунта	Обводнение грунта	Размеры сечения сваи (см)	Характеристика грунта и сопротивление свай в ТО										
			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	I0	II	I2	I3
Пески	Необводненный	25х25			φ =38°; C=0; E=300; ℓ=0,65	4,9	φ=32°; C=0,02 E=280; ℓ=0,65	4,I				
		30х30				7,0		5,9				
		35х35				9,8		8,2				
	Обводненный	25х25			φ =38°; C=0 E=300; ℓ=0,65	3,9	φ=32°; C=0 E=280; ℓ=0,65	3,2				
		30х30				5,6		4,6				
		35х35				7,9		6,5				
Суглинки	Необводненный (0,25 0,5)	25х25	φ=24°; C=0,39 E=320; ℓ=0,5	5,0	φ=23°; C=0,34 E=250; ℓ=0,6	4,5	φ=22°; C=0,28 E=190; ℓ=0,7	0,9	φ =2I°; C=0,23 E=140; ℓ=0,8	3,3	φ =I7°; C=0,I5 E=80; ℓ=I,0	2,I
		30х30		7,0		6,4		5,5		4,6		3,0
		35х35		9,6		8,7		7,6		6,4		4,2
	Обводненный 0,5	25х25					φ =I9°; C=0,25 E=I70; ℓ=0,7	2,8	φ =I4°; C=0,I4 E=60; ℓ=I,0	I,4	φ =I2°; C=0,II E=50; ℓ=I,I	I,I
		30х30						3,9		I,9		I,6
		35х35						5,4		2,7		2,2
Глины	Необводненный 0,25 0,5	25х25			φ =I8°; C=0,57 E=2I0; ℓ=0,7	4,8	φ =I7° C=0,50 E=I80; ℓ=0,8	4,4	φ =I4°; C=0,37 E=I20; ℓ=I,0	3,3	φ =I2°; C=0,32 E=90; ℓ= I,I	2,6
		30х30				6,7		6,I		4,6		3,7
		35х35				9,I		8,4		6,3		5,I
	Обводненный 0,5	25х25					φ =I4°; C=0,44 E=I80; ℓ= 0,7	3,3	φ =I0°; C=0,3I E=I20; ℓ=0,9	2,4	φ =6° ; C=0,22 E=70; ℓ=I,I	I,5
		30х30						4,5		3,3		2,2
		35х35						6,2		4,6		3,0

При многослойном основании в качестве исходных характеристик грунта для определения $\rho_3^н$ по таблице 4 принимаются характеристики поверхностного слоя грунта толщиной 1,5 – 2,0 м.

В случае, если действующие на сваи горизонтальные силы превышают величину $\rho_3^н$, 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 козловое 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 величины горизонтальной нагрузки $Q^н$ в соответствии с неравенством

$$Q^н \leq \rho_3^н \qquad (11)$$

где: $\rho_3^н$ – сопротивление вертикальной сваи горизонтальной нагрузке в то, соответствующее заданной предельной величине угла поворота головы сваи.

Величина $\rho_3^н$ 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 $\rho_3^н$ по таблице 5 принимаются характеристики поверхностного слоя грунта толщиной 1,5 – 2,0 м.

ТАБЛИЦА 5

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

Наименование грунта	Обводнение грунта	Размеры сечения сваи (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	I0	II	I2	I3
Пески	Необводненный	25х25 30х30 35х35			φ=38°; C=0 E=300; ℓ=0,65	2,8 4,4 6,6	φ=32° ; C=0,02 E=280; ℓ=0,65	2,4 3,8 5,7				
	Обводненный	25х25 30х30 35х35			φ=38°; C=0 E=300; ℓ=0,65	2,4 3,8 3,7	φ=32°; C=0 E=280; ℓ=0,65	2,0 3,2 4,8				
Суглинки	Необводненный 0,24 0,5	25х25 30х30 35х35	φ=24°; C=0,39 E=320; ℓ=0,5	2,9 4,5 6,6	φ=25°; C=0,34 E=250; ℓ=0,6	2,7 4,2 6,I	φ=22°; C=0,28 E=I90; ℓ=0,7	2,4 3,7 5,5	φ=2I°; C=0,23 E=I40; ℓ=0,8	2,I 3,3 4,9	φ=I7°; C=0,I5 E=80; ℓ=I,0	I,5 2,4 3,6
	Обводненный 0,5	25х25 30х30 35х35					φ=I9°; C=0,25 E=I70; ℓ=0,7	I,9 2,9 4,4	φ=I4°; C=0,I4 E=60; ℓ=I,0	I,I I,8 2,6	φ=I2°; C=0,II E=50; ℓ=I,I	I,0 I,5 2,2
Глины	Необводненный 0,25 0,5	25х25 30х30 35х35			φ=I8°; C=0,57 E=2I0; ℓ=0,7	2,8 4,4 6,4	φ=I7°; C=0,50 E=I80; ℓ=0,8	2,6 4,I 6,0	φ=I4°; C=0,37 E=I20; ℓ=I,0	2,I 3,3 4,8	φ=I2°; C=0,32 E=90; ℓ=I,I	I,8 2,8 4,2
	Обводненный 0,5	25х25 30х30 35х35					φ=I4°; C=0,44 E=I80; ℓ=0,7	2,I 3,3 4,8	φ=I0°; C=0,3I E=I20; ℓ=0,9	I,7 2,6 3,9	φ=6°; C=0,22 E=70; ℓ=I,I	I,2 I,9 2,7

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

17. Величины изгибающих моментов в вертикальной свае, заделанной в низкий 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 ВЛ и РУ подстанций;

ТАБЛИЦА 6

Величин моментов в железобетонных сваях в плоскости их заделки в ростверк, также глубин нулевых моментов при действии горизонтальной нагрузки и горизонтальном перемещении головы свай Δ = I,0 см

Наименование грунта	Обводнение грунта	Размеры сечения сваи (см)	Характеристика грунта, момента (в т.м) и глубины (в м)											
			Характеристика грунта	Момент	Глубина нулевых моментов	Характеристика грунта	Момент	Глубина нулевых моментов	Характеристика грунта	Момент	Глубина нулевых моментов	Характеристика грунта	Момент	Глубина нулевых моментов
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
Пески	Необводненный	25х25	φ=38°; C=0; E=300; ℓ=0,65	5,0	I,2	φ=32°; C=0,02 E=280; ℓ=0,65	4,4	I,2						
		30х30		8,I	I,3		7,I	I,4						
		35х35		I2,4	I,4		II,0	I,5						
	Обводненный	25х25	φ=38°; C=0 E=300; ℓ=0,65	4,3	I,2	φ=32°; C=0 E=280; ℓ=0,65	3,8	I,3						
		30х30		7,0	I,4		6,I	I,5						
		35х35		I0,7	I,5		9,4	I,6						
Супесчаный	Необводненный 0,25	25х25	φ=23°; C=0,34 E=250; ℓ=0,6	4,5	I,2	φ=22°; C=0,28 E=I90; ℓ=0,7	4,0	I,3	φ=2I°; C=0,23 E=I40; ℓ=0,8	3,6	I,4	φ=I7°; C=0,I5 E=80; ℓ=I,I	2,7	I,5
		30х30		7,I	I,4		6,5	I,5		5,8	I,5		4,8	I,6
		35х35		I0,9	I,5		9,9	I,6		8,8	I,7		6,7	I,9
	Обводненный 0,5	25х25				φ=I9°; C=0,25 E=I70; ℓ=0,7	3,2	I,5	φ=I4°; C=0,I4 E=60; ℓ=I,0	2,0	I,8	φ=I2°; C=0,II E=60; ℓ=I,I	I,8	2,0
		30х30					5,I	I,6		3,2	2,0		2,9	2,2
		35х35					7,8	I,8		4,9	2,2		4,4	2,4
Глины	Необводненный 0,25	25х25	φ=I8°; C=0,57 E=2I0; ℓ=0,7	4,5	I,2	φ=I7°; C=0,50 E=I80; ℓ=0,8	4,2	I,2	φ=I4°; C=0,37 E=I20; ℓ=I,0	3,5	I,4	φ=I2°; C=0,32 E=80; ℓ=I,I	3,0	I,5
		30х30		7,2	I,3		6,7	I,4		5,5	I,6		4,8	I,7
		35х35		I0,9	I,5		I0,3	I,5		8,5	I,7		7,4	I,8
	Обводненный 0,5	25х25				φ=I4°; C=0,44 E=I20; ℓ=0,7	3,5	I,4	φ=I0°; C=0,3I E=I20; ℓ=0,9	2,8	I,5	φ=6°; C=0,22 E=70; ℓ=I,I	2,I	I,8
		30х30					5,5	I,0		4,6	I,7		3,4	2,0
		35х35					8,4	I,8		6,9	I,9		5,2	2,2

ТАБЛИЦА № 7

Величин максимальных моментов в одиночных железобетонных сваях от горизонтальной нагрузки, такие глубин максимума епюр 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	I0	II	I2	I3	I4	I5
	Необводненный	25х25 30х30 35х35	φ =38°; C=0 E=300; ℓ=0,65	2,9 5,3 8,9	I,3 I,6 I,7	φ =32°; C=0,02 E=280; ℓ=0,65	2,8 5,0 8,2	I,6 I,8 2,0						
	Обводненный	25х25 30х30 35х35	φ =38°; C=0 E=300; ℓ=0,65	2,7 4,9 8,2	I,5 I,7 I,9	φ =32°; C=0 E=280; ℓ=0,65	2,5 4,5 7,6	I,7 I,9 2,I						
	Необводненный 0,25<J_L≤ 0,5	25х25 30х30 35х35	φ =22°; C=0,34 E=250; ℓ=0,6	2,6 4,7 7,8	I,5 I,7 I,9	φ =22°; C=0,38 E=I90; ℓ=0,7	2,4 4,4 7,4	I,6 I,8 2,0	φ =2I°; C=0,23 E=I40; ℓ=0,8	2,3 4,I 6,9	I,7 I,9 2,3	φ =I7°; C=0,I5 E=80; ℓ=I,0	2,0 3,6 6,0	I,9 2,3 2,6
	Обводненный J_L>0,5	25х25 30х30 35х35				φ =I9°; C=0,25 E=I70; ℓ=0,7	2,I 3,9 6,5	I,9 2,I 2,3	φ =I4°; C=0,I4 E=60; ℓ=I,0	I,6 3,0 4,7	2,3 2,7 2,9	φ =I2°; C=0,II E=50; ℓ= I,I	I,4 2,7 4,I	2,4 2,8 2,9
	Необводненный 0,25<J_L≤ 0,5	25х25 30х30 35х35	φ =I8°; C=0,57 E=2I0; ℓ=0,7	2,5 4,5 7,6	I,4 I,7 I,9	φ =I7°; C=0,50 E=I80; ℓ=0,8	2,4 4,4 7,3	I,4 I,7 2,0	φ =I4°; C=0,37 E=I20; ℓ=I,0	2,2 3,9 6,6	I,7 2,0 2,2	φ =I2°; C=0,32 E=90; ℓ=I,I	2,0 3,6 6,2	I,8 2,2 2,4
	Обводненный J_L>0,5	25х25 30х30 35х35				φ =I4°; C=0,44 E=I80; ℓ=0,7	3,9 6,6	2,0 2,3	φ =I0°; C=0,3I E=I20; ℓ=0,9	I,9 3,5 5,8	2,0 2,3 2,5	φ =6°; C=0,22 E=70; ℓ=I,I	I,6 3,0 4,9	2,2 2,6 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 сваи или большая сторона прямоугольного сечения.

23. Расчетное усилие P_{ϕ}, передаваемое на сваю в свайном кусте с вертикальными сваями и жестким ростверком определяется по формуле:

$$P_{\phi} = \frac{N}{n} \pm \frac{M_{xy}}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_{yx}}{\sum x_i^2} + \frac{Q_y h_{oy}}{\sum y_i^2} + \frac{Q_x h_{ox}}{\sum x_i^2} \quad (12)$$

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

M_x, M_y - расчетные моменты в т.м относительно главных центральных осей X и У плана свай в плоскости подошвы свайного ростверка (с учетом момента от веса ростверка при смещении его центра тяжести относительно осей свайного куста);

Q_x, Q_y - составляющие действующей на свайный фундамент расчетной горизонтальной нагрузки по главным центральным осям X и У 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_o - расстояние от подошвы ростверка до условной плоскости нулевых моментов в сваях куста;

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

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Знаки моментов Мх и Му принимаются положительными, если направление моментов совпадает с моментами от составляющих горизонтальных сил Q_y и Q_x относительно осей X и У, и отрицательными при противоположных направлениях.

2. Расстояние h_0 может приниматься равным 0,85 от приведенной в таблице 6 глубины нулевых моментов в свае.

3. При кратковременно действующих вдавливающих нагрузок и количестве свай в ряду более трех допускается перегрузка крайних свай ряда в размере до 20% от их несущей способности.

24. При расчете сваи, работающей 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 нижние концы свай и свай – оболочек рекомендуется заглублять в малосжимаемые грунты, прорезая более слабые напластования

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

в гравелистые, крупные, средней крупности песчаные грунты и в глинистые грунты консистенцией $J_L \leq 0{,}25$ - не менее 0,5 м; в прочие виды нескольких грунтов - не менее I,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 - I,5 м;
- для свай, работающих на выдергивание - I,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,I5 м.

При расположении подошвы ростверка в зоне промерзания пучинистого грунта необходимо предусмотреть меры, предотвращающие влияние пучения 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 мощности

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

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

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

где: $d_л$ – диаметр лидера;
d – диаметр или сторона поперечного сечения сваи.

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

б) Погружение свай в грунт должно предшествовать замачивание лидерной скважины водой с поддержанием уровня ее у поверхности земли в течение 2-3 часов. Разрыв по времени между окончанием замачивания скважины и погружением сваи 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 соответственных условиях.

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

$$P = \frac{m}{K_н} m_п (R^н F + U l f^н) - 1,1 \varphi_ф \quad (14)$$

где $K_н, m, F, U, \gamma_{ср}$ значения те же, что и в формуле 3

$m_п$ - коэффициент условий работы свай, определенный по таблице 8 настоящих указаний.

$R^н$ - нормативное сопротивление грунта основания под нижним концом сваи, принимаемое равным 195 т/м^2

$f^н$ - нормативное сопротивление основания на боковой поверхности сваи, принимаемое равным 3,4 т/м^2

l - рабочая длина сваи.

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

$$P_в = \frac{m}{K_н} m_п U l f^н + 0,9 \gamma_{ср} \qquad (15)$$

где $K_н, m, m_п, u, l, f, \gamma_{ср}$ 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 $i = 0,02$, 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 канавы для отвода воды.

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

3041тм-т5

Таблица 8

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА m_n

№№ пп	Условия работы свай	При наличии отмостки вокруг свай		При отсутствии отмостки	
		в грунтах с максимальной влажностью до 18%	в грунтах с максимальной влажностью выше 25%	в грунтах с максимальной влажностью до 18%	в грунтах с максимальной влажностью выше 25%
I	2	3	4	5	6
I	На выдергивание или вдавливание одиночной сваи	I,0	0,6	0,85	0,5I
2	На выдергивание или вдавливание фундамента из двух свай под пояс опоры при расстояниях между ними не меньше шестикратного размера стороны поперечного сечения	0,6	0,36	0,5I	0,3

ПРИМЕЧАНИЕ к таблице 8.

I. Указанное значение максимальной влажности относится к влажности грунта в течение года.

2. При влажности грунта от 18% до 25% коэффициент принимается по интерполяции.

gost.e-ecolog.ru