

РАСЧЕТ СВАЙ ВИНТОВЫХ КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫХ (СВКС) ПО ДЕФОРМАЦИЯМ НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛ И МОМЕНТА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

И. В. Носков, М. В. Машкин

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Приводятся общие положения расчета по деформациям свай винтовых конусно-спиральных на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента для связных и несвязных грунтов при сейсмических воздействиях. Приводится расчет несущей способности свай СВКС на горизонтальную нагрузку в зависимости от прочности ствола сваи на изгиб, с определением перемещения головы сваи СВКС при сейсмических воздействиях.

Ключевые слова: грунт, сейсмические воздействия, свая винтовая, нагрузка, несущая способность, расчет.

Работу свай винтовых конусно-спиральных (СВКС) на действие горизонтальных сил и моментов можно считать частным случаем работы висячей металлической сваи имеющей форму полого круга в поперечном сечении. Исходя из этого, основы ее работы схожи с работой свай такого типа [1].

Известно, что несущая способность горизонтально нагруженного свайного фундамента во многом зависит от характера его деформирования в грунте. В настоящее время существует общепринятая классификация свай:

- короткие жесткие;
- короткие гибкие;
- длинные гибкие.

Короткая жесткая горизонтально нагруженная свая со свободной головой поворачивается в грунте без изгиба. Короткие гибкие горизонтально нагруженные сваи поворачиваются в грунте с изгибом. Длинная гибкая свая изгибается в грунте без поворота благодаря возникновению на некоторой глубине пластического шарнира.

Характер работы винтовой сваи в грунте и методы ее расчета на воздействие горизонтальных сил и моментов будет определяющим образом зависеть от того, к какому классу по гибкости будет относиться конкретный тип сваи.

Расчет свай СВКС (рисунок 1) по деформациям на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента следует выполнять в соответствии с СП 24.13330.20111 «Свайные фундаменты» [2].

Расчет производят отдельно для связных и несвязных грунтов по несущей способности и по деформациям. Расчетом должно быть обеспечено выполнение условий

$$F_h \leq H_k, \quad (1)$$

$$\Delta_r \leq S_{пр}, \quad (2)$$

где F_h – расчетная горизонтальная нагрузка на куст свай, кН; H_k – расчетное сопротивление куста свай, определяемое по формуле (6), кН; Δ_r – расчетное горизонтальное перемещение сваи в уровне подошвы ростверка, м; $S_{пр}$ – предельно допустимое значение горизонтального перемещения сваи, устанавливаемое в техническом задании, м.

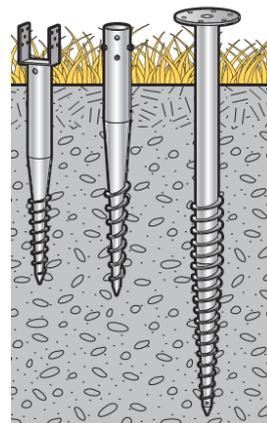


Рисунок 1 – Общий вид свай СВКС

**РАСЧЕТ СВАЙ ВИНТОВЫХ КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫХ (СВКС) ПО ДЕФОРМАЦИЯМ
НА СОВМЕЩНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛ И МОМЕНТА
ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

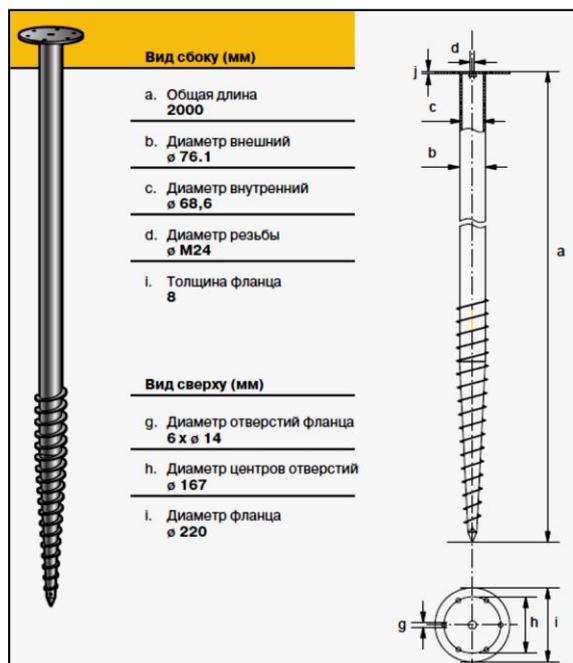


Рисунок 2 – Параметры свай СВКС-ВАУ FM 24 76×2000

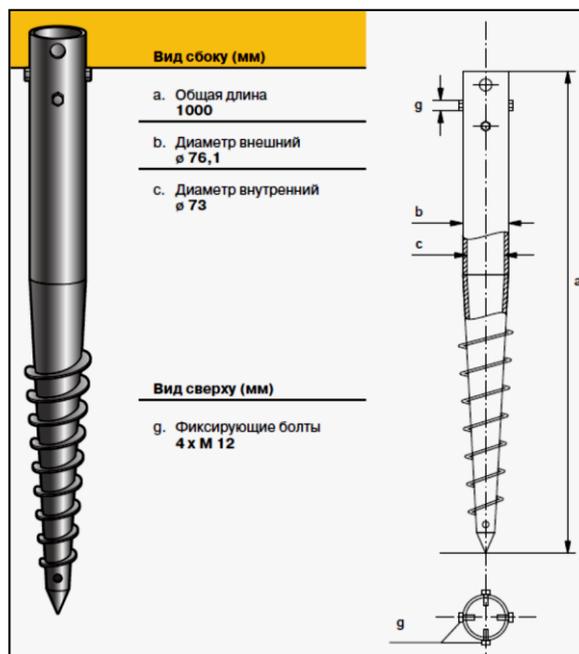


Рисунок 3 – Параметры свай СВКС-ВАУ Т4 90×100

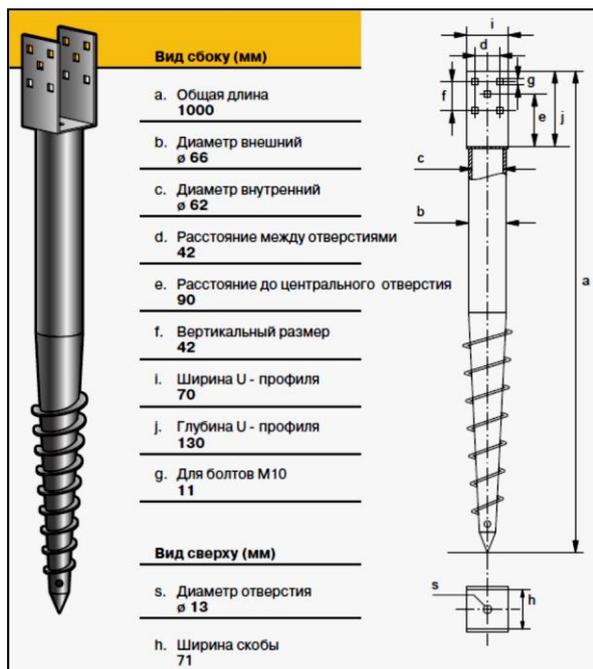


Рисунок 4- Параметры свай СВКС-ВАУ U111×100

При расчете свай в связных грунтах определяют:

1. Несущую способность свай на горизонтальную нагрузку H , кН, в зависимости от прочности ствола сваи на изгиб определяем по формуле

$$H = c_u \cdot d^2 \cdot \beta_c, \quad (3)$$

где c_u – расчетное среднее значение недренированного сопротивления грунта сдвигу, для участка от поверхности грунта до глубины $10d$, кПа; d – диаметр ствола сваи (b – рисунки 2-4), м; β_c – безразмерный коэффициент прочности ствола сваи, определяемый по таблице 1 в зависимости от безразмерного показателя m_c и вида заделки головы сваи

$$m_c = M_p / c_u \cdot d^3, \quad (4)$$

где M_p – расчетный изгибающий момент ствола сваи, кН×м, определяемый в зависимости от размера сваи, с учетом вертикальной нагрузки на сваю при ее наличии; c_u и d – то же, что и в формуле (3).

2. Перемещение головы сваи СВКС - U_k , м, определяем по формуле

$$U_k = (I_{uf} / E_s \cdot d) H, \quad (5)$$

где H – то же, что и в формуле (3); I_{uf} – коэффициент перемещения головы сваи, зависящий от отношения E_p/E_s и определяемый по таблице 2.

Расчетное сопротивление куста свай СКВС при жесткой заделке сваи в ростерк определяем по формуле

$$H_k = H \cdot n \cdot K_{BB}, \quad (6)$$

Таблица 1 – Коэффициент β_c

Свая	Коэффициент β_c при m_c , равном						
	2	4	10	20	40	100	200
С заделанной головой	5,1	7,9	12,7	20,7	32,4	51,3	77,1
Со свободной головой	4,1	5,9	8,9	13,9	21,2	34,7	55,6

Таблица 2 – Коэффициент перемещения головы сваи

E_p / E_s	100	1000	10000
I_{uf}	0,35	0,23	0,14
I_{up}	0,50	0,35	0,24

Примечание: Здесь E_p и E_s – соответственно модули упругости сваи и деформации грунта, кПа; E_s принимают равным среднему значению от поверхности до глубины 10 d.

Таблица 3 – Значение коэффициента K_{BB}

Число свай	Значение коэффициента K_{BB} при расстоянии между сваями a , равном			
	3d	4d	5d	6d
4	0,68	0,71	0,80	0,86
9	0,59	0,62	0,71	0,78
16	0,47	0,57	0,65	0,74
20	0,45	0,55	0,64	0,73

Таблица 4 – Коэффициент β_n

Свая	Коэффициент β_n при m_n , равном							
	2	4	10	20	40	100	200	400
С заделанной головой	3,3	4,2	6,5	9,1	13,5	23,6	36,5	56,9
Со свободной головой	1,6	2,5	4,8	7,4	11,8	21,9	34,8	55,2

Таблица 5 – Поправочный коэффициент k_c

c_1 , кПа	20	25	30	35	40
k_c	1,2	1,4	1,9	2,2	2,5

где H – то же, что и в формуле (3); n – число свай; K_{BB} – безразмерный коэффициент взаимодействия свай, приведенный в таблице 3.

При расчете свай в несвязных грунтах определяют:

1. Несущую способность сваи на горизонтальную нагрузку в зависимости от прочности ствола сваи на изгиб по формуле

$$H = k_p^2 \cdot \gamma_1 \cdot d^3 \cdot \beta_n, \quad (7)$$

где k_p – коэффициент пассивного бокового давления грунта, равный

$$k_p = (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi);$$

γ_1 – расчетное значение удельного веса грунта (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³; β_n –

безразмерный коэффициент, определяемый по таблице 4 в зависимости от безразмерного показателя m_n , вычисляемого по формуле

$$m_n = M_p / k_p^2 \cdot \gamma_1 \cdot d^4, \quad (8)$$

где M_p – то же, что и в формуле (4).

2. Перемещение головы заделанной сваи СВКС определяем по формуле 5.

Расчетное сопротивление куста свай H_k , кН, – по формуле (6) с использованием таблицы 3.

Горизонтальное перемещение Δ_r , м, группы заделанных свай в уровне подошвы ростверка в связных и несвязных грунтах определяем по формуле

$$\Delta_r = R_f \cdot H_{av} \cdot \rho h^1, \quad (9)$$

где R_f – коэффициент перемещения свай с

РАСЧЕТ СВАЙ ВИНТОВЫХ КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫХ (СВКС) ПО ДЕФОРМАЦИЯМ
НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СИЛ И МОМЕНТА
ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

заделанными головами, определяемый по формуле (10); N_{av} – средняя нагрузка на сваю в группе, кН; $\rho h1$ – горизонтальное перемещение одиночной сваи со свободной головой, м/кН, при единичной нагрузке ($H = 1$), определяемое по формуле (11)

$$R_f = 1/K_{bb}, \quad (10)$$

где K_{bb} – то же, что и в формуле (6)

$$\rho h1 = I_{up} / E_s \cdot d, \quad (11)$$

где I_{up} – коэффициент перемещения головы свободной сваи, зависящий от E_p/E_s и определяемый по таблице 2.

Пользуясь формулой (11), следует определять такое среднее расчетное сопротивление сваи в кусте N_{av} , при котором обеспечивается выполнение требований по перемещениям (1) и (5), а также обеспечивается необходимый запас по несущей способности сваи $N_{av} < N$: в связных грунтах – по формуле (3), в несвязных грунтах – по формуле (7).

Недренированное сопротивление глинистого грунта сдвигу C_u , кПа, следует определять по лабораторным испытаниям или в зависимости от расчетных значений характеристик дренированного сдвига φ_1 и c_1 по формуле

$$c_u = \frac{c_1 \operatorname{ctg} \varphi_1}{\operatorname{ctg} \varphi_1 + \varphi_1 - \frac{\pi}{2}} k_c, \quad (12)$$

где k_c – поправочный коэффициент, определяемый в зависимости от c_1 по таблице 5.

При наличии данных статического зон-

дирования возможно также определение недренированного сопротивления сдвигу C_u в зависимости от сопротивления конусу q_c по формуле

$$C_u = q_c / 20, \quad (13)$$

При этом значение q_c , кПа, принимают средним для рассматриваемого расчетного участка сваи: при расчете на горизонтальную нагрузку – от поверхности до глубины $10d$, при определении сопротивления под нижним концом сваи – на участке $1d$ выше и $4d$ ниже подошвы сваи.

В практических расчетах рекомендуется принимать меньшее значение C_u из определенных по формулам (12) и (13).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носков, И. В. Натурные испытания многовитковых винтовых свай на действие горизонтальных сил и моментов в песчаных грунтах Алтайского края / И. В. Носков, И. В. Заикин, А. В. Копылов // Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова – 2014. – № 1 – С. 116-121.

2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 90 с.

Носков И.В. – к.т.н., заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: noskov.56@mail.ru.

Машкин М.В. – студент группы 8С-61(3) ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.