

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ СВАЙ ВИНТОВЫХ КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫХ

И. В. Носков¹, А. В. Копылов²

¹ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

² ООО «ГеоПроектСтройАлтай», г. Барнаул

Приводятся описание свай винтовых конусно-спиральных, номенклатура свай, основные общие положения по расчету фундаментов на сваях винтовых конусно-спиральных (СВКС) и их оснований в соответствии с действующими нормативными документами.

Ключевые слова: спираль, кованный конус, горячее оцинкование, свая винтовая, расчет, предельные состояния.

Свая винтовая конусно-спиральная (сокращенно СВКС – торговая марка свай ВАУ) – тип винтовых свай заводской готовности, готовых к восприятию нагрузок сразу после заглубления в грунт методом завинчивания без вдавливания, выполненные из круглой металлической трубы с закованным конусом с острым окончанием, с приваренной многовитковой спиралью и с разными исполнениями оголовков в верхней части (рисунок 1).

Обозначение стандартной сваи винтовой конусно-спиральной:

СВКС ВАУ FM24 (FB, T4, TB) 76(89, 114) × 3,5(4) × 550 (550-2500-4000), где

- СВКС ВАУ – принадлежность изделия к торговой марке и производителю (производитель ООО «ВАУ групп»);



Рисунок 1 – Разновидности свай СВКС

- FM24 – оцинкованное горячим способом изделие со сплошным фланцем диаметром 220 мм, с 6 технологическими отверстиями диаметром 14 мм, и приваренной в центре изнутри гайкой М24, для передачи крутящего момента при вкручивании и опирания самого сооружения или ростверка сооружения, а также с 22 витками спирали с шагом 40 мм;

- FB – изделие с чёрной не оцинкованной поверхностью с периметральным фланцем диаметром 220 мм, с 6 технологическими отверстиями диаметром 14 мм, и отверстием в центре диаметром равным внутреннему диаметру трубного корпуса СВКС, для передачи крутящего момента при вкручивании и опирания самого сооружения или ростверка сооружения, а также с 22 витками спирали с шагом 40 мм;

- T4 – оцинкованное горячим способом изделие серии «труба в трубу» без фланца со сквозным отверстием для передачи крутящего момента при вкручивании и с 4 приваренными гайками М12 или М14 для фиксации стойки (опоры), а также с 5-11 витками спирали с шагом 40 мм;

- TB – изделие с чёрной не оцинкованной поверхностью серии «труба в трубу» без фланца со сквозным отверстием для передачи крутящего момента при вкручивании и с приваренными гайками М12 или М14 для фиксации стойки (опоры) или без них, а также с 5-11 витками спирали с шагом 40 мм;

- 76/89/114 – наружный диаметр трубного корпуса изделия, в мм;

- 3,5/4 – толщина стенки трубного корпуса изделия, в мм;

- 550-2500-4000 – общая длина изделия с учетом толщины оголовка, в мм.

Свая СВКС имеет оцинкованную горячим способом поверхность с нанесением за-

щитного покрытия от коррозии на всю поверхность металлического изделия и внутри и снаружи в виде слоя расплавленного цинка по ГОСТ 9.307-89 (ИСО 1461-89) «Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля».

Ростверк свай СВКС представляет собой распределительную балку или плиту, из дерева, металла или железобетона, объединяющая поперек кусты или ряды свай СВКС.

Расчет фундаментов на сваях винтовых конусно-спиральных (СВКС) и их оснований должен быть выполнен в соответствии с ГОСТ 27751 «Надежность строительных конструкций и оснований» [1] по предельным состояниям:

- первой группы:

а) по прочности материала свай и свайных ростверков;

б) по несущей способности (предельному сопротивлению) грунта основания свай;

в) по потере общей устойчивости оснований свайных фундаментов, если на них передаются значительные горизонтальные нагрузки и изгибающие моменты (опоры освещения, шумозащитные экраны и т.д.), в том числе сейсмические, если сооружение расположено на откосе или вблизи него или если основание сложено крутопадающими слоями грунта. Этот расчет следует производить с учетом конструктивных мероприятий, предусмотренных для предотвращения смещения проектируемого фундамента;

- второй группы:

а) по осадкам оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;

б) по перемещениям свай совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов.

В расчетах оснований свайных фундаментов на сваях СВКС следует учитывать совместное действие силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды (например, влияние подземных вод и их режима на физико-механические свойства грунтов и др.).

Сооружение и его основание должны рассматриваться совместно, т.е. должно учитываться взаимодействие сооружения со сжимаемым основанием. Расчетная схема системы «сооружение-основание» или «фундамент-основание» должна выбираться с учетом наиболее существенных факторов, определяющих напряженное состояние и деформации основания и конструкций сооружения (статической схемы сооружения, особенностей его возведения, характера грунто-

вых напластований, свойств грунтов основания, возможности их изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения и т.д.). Рекомендуется учитывать пространственную работу конструкций, геометрическую и физическую нелинейность, анизотропность, пластические и реологические свойства материалов и грунтов, развитие областей пластических деформаций под фундаментом.

Расчет свайных фундаментов на сваях СВКС должен проводиться с построением математических моделей, описывающих механическое поведение свайных фундаментов для первого или второго предельного состояния. Расчетная модель может представляться в аналитическом или численном виде.

При проектировании свайных фундаментов на сваях СВКС следует учитывать жесткость конструкций, объединяющих головы свай, что должно отражаться в расчетной модели. При составлении расчетной модели должны также учитываться:

- грунтовые условия площадки строительства;

- гидрогеологический режим;

- особенности устройства свай СВКС.

При проведении численных расчетов расчетная схема системы «ростверк – сваи СВКС – грунтовое основание» должна выбираться с учетом наиболее существенных факторов, в конечном счете, определяющих сопротивление указанной системы.

Необходимо учитывать продолжительность и возможное изменение во времени нагружения свай СВКС и свайных фундаментов.

Расчетная модель свайных фундаментов на сваях СВКС должна строиться таким образом, чтобы содержать погрешность только в сторону запаса надежности проектируемых надземных конструкций. Если заранее такая погрешность не может быть определена, необходимо проведение вариантных расчетов и определение наиболее неблагоприятных воздействий для надземных конструкций.

При проведении компьютерных расчетов свайных фундаментов на сваях СВКС следует учитывать возможные неопределенности, связанные с назначением расчетной модели и выбором деформационных и прочностных показателей грунтов основания. Для этого при проведении численных расчетов, определяющих возможное сопротивление одиночных свай, групп свай и свайно-плитных фундаментов, рекомендуется проводить сопоставление результатов расчета отдельных элементов расчетной схемы с аналитически-

ми решениями, а также выполнять сопоставление альтернативных результатов расчета по различным геотехническим программам.

Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах свайных фундаментов на сваях СВКС, коэффициенты надежности по нагрузке, а также возможные сочетания нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями СП 20.13330, СП 22.13330.

Расчет свай СВКС, свайных фундаментов на сваях СВКС и их оснований по несущей способности необходимо выполнять на основные и особые сочетания нагрузок, по деформациям – на основные сочетания. Нагрузки, воздействия, их сочетания и коэффициенты надежности по нагрузке при расчете свайных фундаментов мостов и гидротехнических сооружений следует принимать согласно требованиям СП 35.13330; СП 40.13330; СП 38.13330 и СП 58.13330.

Все расчеты свай СВКС, свайных фундаментов на сваях СВКС и их оснований следует выполнять с использованием расчетных значений характеристик материалов и грунтов.

Расчетные значения характеристик материалов свай СВКС и свайных ростверков следует принимать в соответствии с требованиями СП 63.13330, СП 16.13330, СП 64.13330, СП 35.13330 и СП 40.13330. Расчетные значения характеристик грунтов следует определять в соответствии с ГОСТ 20522.

При наличии результатов полевых исследований, несущую способность грунта основания свай СВКС следует определять с учетом данных статического зондирования грунтов, или по данным динамических испытаний свай, по действию крутящего момента [2]. В случае проведения испытаний свай СВКС статической нагрузкой несущую способность грунта основания сваи следует принимать по результатам этих испытаний.

Для объектов, по которым не проводились испытания натуральных свай СВКС статической нагрузкой, рекомендуется определять несущую способность свай СВКС, как для бурозавинчиваемых свай согласно СП 50-102-2003 [3], учитывая при этом уровень ответственности сооружения. Расчеты конструкций свай СВКС следует производить на воздействие нагрузок, передаваемых на них от сооружения.

Сваю СВКС в составе фундамента и одиночную по несущей способности следует рассчитывать исходя из условия

$$N \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k}, \quad (1)$$

где N – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю (продольное усилие, возникающее в ней от расчетных нагрузок, действующих на фундамент при наиболее невыгодном их сочетании); F_d – несущая способность (предельное сопротивление) грунта основания одиночной сваи СВКС; γ_0 – коэффициент условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов на сваях СВКС, принимаемый равным $\gamma_0 = 1$ при односвайном фундаменте и $\gamma_0 = 1,15$ при кустовом расположении свай; γ_n – коэффициент надежности по назначению (ответственности) сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности; γ_k – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным:

1,2 – если несущая способность свай СВКС определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой;

1,25 – если несущая способность свай СВКС определена расчетом по результатам статического зондирования грунта или по результатам динамических испытаний свай, а также по результатам полевых испытаний грунтов эталонной сваей или сваей-зондом;

1,4 – если несущая способность свай определена расчетом, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта;

1,4 (1,25) – для фундаментов опор мостов при низком ростверке, на висячих сваях (сваях трения) и сваях-стойках, а при высоком ростверке – только при сваях-стойках, воспринимающих сжимающую нагрузку независимо от числа свай в фундаменте.

Для фундаментов опор мостов и для гидротехнических сооружений при высоком или низком ростверке, подошва которого опирается на сильносжимаемый грунт, и висячих сваях, воспринимающих сжимающую нагрузку, а также для любых сооружений при любом виде ростверка и висячих сваях и сваях-стойках, воспринимающих выдергивающую нагрузку, γ_k принимают в зависимости от числа свай СВКС в фундаменте:

при 21 свае и более:	1,4 (1,25)
от 11 до 20 свай:	1,55 (1,4)
от 6 до 10 свай:	1,65 (1,5)
от 1 до 5 свай:	1,75 (1,6)

В скобках даны значения γ_k в случае, когда несущая способность сваи СВКС определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой.

При расчете свай СВКС как на вдавливающие, так и на выдергивающие нагрузки продольное усилие, возникающее в свае от расчетной нагрузки N , следует определять с учетом собственного веса сваи, принимаемого с коэффициентом надежности по нагрузке, увеличивающим расчетное усилие. Если расчет свайных фундаментов производится с учетом ветровых и крановых нагрузок, то воспринимаемую крайними сваями расчетную нагрузку допускается повышать на 20% (кроме фундаментов опор линий электропередачи). Если сваи фундамента опоры моста в направлении действия внешних нагрузок образуют один или несколько рядов, то при учете (совместном или раздельном) нагрузок от торможения, давления ветра, льда и навала судов, воспринимаемых наиболее нагруженной сваем, расчетную нагрузку допускается повышать на 10% при четырех сваях в ряду и на 20% при восьми сваях и более.

При промежуточном числе свай процент повышения расчетной нагрузки определяют интерполяцией. Расчетную нагрузку на сваю СВКС N , кН, следует определять, рассматривая фундамент как группу свай, объединенную жестким ростверком, воспринимающим вертикальные и горизонтальные нагрузки и изгибающие моменты.

Для фундаментов с вертикальными сваями расчетную нагрузку на сваю допускается определять по формуле

$$N = \frac{N_d}{n} \pm \frac{M_x y}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y x}{\sum x_i^2}, \quad (2)$$

где N_d – расчетная сжимающая сила, кН, передаваемая на свайный ростверк в уровне его подошвы; M_x , M_y – передаваемые на свайный ростверк в плоскости подошвы расчетные изгибающие моменты, кН·м, относительно главных центральных осей x и y плана свай в плоскости подошвы ростверка; n – число свай в фундаменте; x_i , y_i – расстояния от главных осей до оси каждой сваи, м; x , y – расстояния от главных осей до оси каждой сваи, для которой вычисляют расчетную нагрузку, м.

Горизонтальную нагрузку, действующую на фундамент из свай СВКС с жестким рост-

верком с вертикальными сваями одинакового поперечного сечения, допускается принимать равномерно распределенной между всеми сваями. Проверка устойчивости свайного фундамента на сваях СВКС и его основания должна производиться в соответствии с требованиями СП 22.13330 с учетом действия дополнительных горизонтальных реакций от свай, приложенных к сдвигаемой части грунта.

Сваи СВКС и свайные фундаменты на них следует рассчитывать по прочности материала и производить проверку устойчивости фундаментов при действии сил морозного пучения, если основание сложено пучинистыми грунтами.

Расчет свай СВКС и свайных фундаментов на них по деформациям следует производить исходя из условия

$$S \leq S_u, \quad (3)$$

где S – совместная деформация сваи СВКС, свайного фундамента и сооружения (осадка, перемещение, относительная разность осадок свай, свайных фундаментов и т.п.), определяемая расчетом; S_u – предельное значение совместной деформации основания сваи, свайного фундамента и сооружения, устанавливаемое в соответствии со СП 22.13330, а для мостов – СП 35.13330.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» – М. : ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. – 14 с.
2. Носков, И. В. Исследование работы и определение несущей способности оцинкованных многолопастных винтовых свай по действию крутящего момента / И. В. Носков, А. В. Копылов // Ползуновский альманах. – 2016. – № 3. – 159-164.
3. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. – М. : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 94 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.

Копылов А.В. – ведущий инженер ООО «ГеоПроектСтройАлтай», E-mail: Kopylov.ant@gmail.com.