

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОЦИНКОВАННЫХ МНОГОЛОПАСТНЫХ ВИНТОВЫХ СВАЙ

И. В. Носков

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

В статье описывается сравнение результатов по определению несущей способности винтовых многолопастных свай, полученной из натурных испытаний и несущих способностей однолопастных и бурозавинчиваемых свай, рассчитанных по действующим нормативным документам.

Ключевые слова: натурные испытания, стенд, винтовая многолопастная свая, однолопастная винтовая свая, бурозавинчиваемая свая, несущая способность.

Мировая история применения винтовых свай насчитывает уже около 200 лет.

Винтовые многолопастные сваи

Винтовые сваи в России в настоящее время получают все большее применение в гражданском, дорожном, электросетевом строительстве, что объясняется рядом их существенных преимуществ по сравнению с традиционными свайными технологиями: высокая скорость и низкая трудоемкость монтажа; безударность погружения; возможность установки свай в труднодоступных местах; отсутствие земляных работ; возможность круглогодичного ведения строительно-монтажных работ.

Важна и экологическая составляющая – отсутствие земляных работ и простота полного демонтажа данного типа фундамента сводят к минимуму воздействие на окружающую среду при строительстве временных зданий и сооружений. Сегодня основным сдерживающим фактором распространения винтовых свай остается недостаточная нормативная база. На российском рынке фундаментостроения представлена продукция производственной компании ООО «БАУ групп» – Винтовые сваи «BAU». Винтовые сваи «BAU» (рисунок 1) представляет собой кованый корпус из трубной заготовки с приваренной спиралью. Основной отличительной особенностью свай «BAU», является применение лопастей малых диаметров с большим количеством витков. Как следствие погружение таких свай можно производить малыми крутящими моментами. Защита от коррозии свай обеспечивается методом горячего цинкования.

Подобная конструкция свай «BAU» не позволяет использовать существующую в российских нормативных документах, в част-

ности СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» и СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов», методику расчетов, которая в первую очередь предназначена для «классических» одновитковых и бурозавинчивающихся винтовых свай.

Широкое внедрение свай «BAU» в практику строительства возможно при проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с определением несущей способности свай «BAU» экспериментальным путем и расчетным с использованием действующих нормативных документов. Такие исследования были проведены сотрудниками кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» в рамках договора с ООО «БАУ групп» с 2010 г. по 2016 г.



Рисунок 1 – Винтовые многолопастные сваи «BAU»

Проведенные исследования показали, что наиболее близко к работе винтовых свай «BAU» приближена работа бурозавинчиваемых свай. В связи с этим было выполнено сравнение результатов экспериментальных испытаний винтовых свай «BAU» и расчетных данных их несущей способности, полученных по действующим нормативным документам для винтовых однолопастных и бурозавинчиваемых свай. Согласно программе исследований был разработан испытательный стенд – установка по испытанию винтовых свай «BAU» в натурных (полевых) условиях – УУ-ВСК (рисунок 2).

Контрольные испытания свай при строительстве статическими вдавливающими, выдергивающими и горизонтальными нагрузками регламентируются ГОСТ 5686-94 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» [1]. Данный стандарт не в полной мере отражает вопросы контрольных статических испытаний свай нагружением при проведении исследовательских испытаний. Определение несущей способности свай по результатам полевых исследований регламентируются СП 50-102-2010 «Свайные фундаменты» [2] и СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [3].

Программой работ предусматривалось проведение испытаний на четырех опытных площадках с грунтовыми основаниями, сложными просадочными супесями и суглинками, песками и непросадочными глинистыми грунтами. Для испытаний были выбраны сваи двух типоразмеров: длиной 2000 мм, диаметром 76 мм и длиной 2000 мм, переменным диаметром 76-114 мм. На каждой площадке испытывались по три сваи каждого типоразмера на статические вдавливающие нагрузки.

Винтовые однолопастные сваи

Однолопастная свая (рисунок 3) – самый распространенный тип винтовых свай. Первое применение получила в 1838 г. при строительстве маяка.

Погружение сваи происходит без производства земляных и бетонных работ, что позволяет применять винтовые сваи в зимний период. Высокая скорость устройства фундаментов на винтовых сваях, обусловлена применением спецтехники и сокращает затраты на строительство в целом. Нагрузка от сооружения передается вертикально по стволу сваи на винтовую лопасть. Лопасть в свою очередь передает нагрузку на слои грунта, находящиеся под ней и сохранившими свою структуру.



Рисунок 2 – Установка по испытанию винтовых свай «BAU» в натурных (полевых) условиях – УУ-ВСК



Рисунок 3 – Винтовые однолопастные сваи

Часть нагрузки воспринимается силами бокового трения грунта о ствол сваи, благодаря конструкции винтовой сваи, способствующей уплотнению грунта находящегося выше лопасти. Основная задача состоит в погружении сваи на глубину, где лопасть будет опираться на плотный грунт, пройдя и уплотнив, оставшийся ближе к поверхности, слабый грунт.

Несущую способность F_d , кН, винтовой однолопастной сваи диаметром лопасти $d \leq 1,2$ м и длиной $l \leq 10$ м, работающей на сжимающую нагрузку, согласно действующих нормативных документов (СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»), следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c [(a_1 c_1 + a_2 \gamma_1 h_1) A + u f (h - d)],$$

где γ_c – коэффициент условий работы сваи, зависящий от вида нагрузки, действующей на сваю и грунтовых условий; a_1 , a_2 – безразмерные коэффициенты, принимаемые в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне ϕ , (под рабочей зоной понимается прилегающий к лопасти слой грунта толщиной, равной d); c_1 –

расчетное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, кПа; γ_1 – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше лопасти сваи, кН/м³; h_1 – глубина залегания лопасти сваи от природного рельефа, а при планировке территории срезкой – от уровня планировки, м; A – проекция площади лопасти, м², считая по наружному диаметру, при работе винтовой сваи на сжимающую нагрузку, и проекция рабочей площади сечения ствола, при работе винтовой сваи на выдергивающую нагрузку; U – периметр поперечного сечения ствола сваи, м; f_i – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола винтовой сваи, кПа, (осредненное значение для всех слоев в пределах глубины погружения сваи); h – длина ствола сваи, погруженной в грунт, м; d – диаметр лопасти сваи, м.

Винтовые бурозавинчиваемые сваи

Бурозавинчиваемые сваи применяются в нескальных грунтах для устройства несущих или комбинированных (несущих и ограждающих) фундаментных конструкций и изготавливаются по патенту РФ «Способ возведения сваи в грунте» (патент № 2073084).

Бурозавинчиваемая свая (рисунок 4) состоит из металлической трубы, крестообразного наконечника и спиральной навивки, обеспечивающих погружение сваи путем ее вращения в сочетании с вдавливанием. Металлические трубы, применяемые для изготовления бурозавинчиваемых свай, могут иметь наружный диаметр от 100 до 600 мм и длину до 12 м. Толщина стенки трубы должна быть не менее 6 мм и удовлетворять требованиям прочности и долговечности.

Крестообразный наконечник изготавливается из двух металлических заостренных пластин толщиной 8 мм, сваренных в виде



Рисунок 4 – Винтовые бурозавинчиваемые сваи

креста между собой. В зависимости от технологии устройства бурозавинчивающихся свай наконечник может быть съёмным и оставляемым в грунте после погружения сваи до проектной отметки или же глухим, приваренным к круглой пластине толщиной не менее 6 мм, закрывающей нижний конец сваи. Угол заострения наконечника – 60°.

Спиральная навивка представляет собой непрерывный металлический стержень треугольного, квадратного или круглого сечения (например, арматуру) шириной = (0,04-0,06), приваренный к металлической трубе с шагом, равным 0,5-1,0, где – наружный диаметр трубы.

При использовании съёмного наконечника стенки бурозавинчиваемой сваи выполняют роль инвентарных обсадных труб и технология устройства свай аналогична технологии, применяемой при изготовлении буронабивных свай типа БСИ. Основная область применения фундаментных конструкций из бурозавинчиваемых свай – строительство и реконструкция зданий и сооружений, вблизи существующих объектов, когда погружение забивных и вибропогружаемых свай может вызвать недопустимые динамические воздействия на близлежащие здания и сооружения и их основания, а устройство буронабивных свай – недопустимую разгрузку и разрыхление грунтов при проходке скважин.

Несущую способность бурозавинчиваемой сваи F_d , кН, согласно действующим нормативным документам (СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов») следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c(\gamma_{cR}RA + u\sum\gamma_{cf}f_ih_i),$$

где γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1; R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа; A – площадь поперечного сечения ствола сваи, брутто, м²; u – периметр поперечного сечения ствола сваи, м; f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа; h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cR} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи, принимаемый равным 0,8; γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, принимаемый равным 1,1 при погружении сваи с поверхности грунта в ненарушенный грунтовый массив;

Таблица 1 – Сравнение результатов экспериментальных испытаний винтовых многолопастных свай «BAU» и расчетных, полученных по формулам для однолопастных и бурозавинчиваемых винтовых свай

№ п/п	Номер площадки, адрес	Грунтовые условия	Размер сваи	Экспериментальная несущая способность многолопастных свай, кН	Расчетная несущая способность бурозавинчиваемых свай, кН	Расчетная несущая способность винтовых однолопастных свай, кН
1	Площадка № 1 г. Барнаул, ул. Островского, 68е	Супесь лессовидная твердая	Ø76x2000	30,00	14,00	10,0
2	Площадка № 1 г. Барнаул, ул. Островского, 68е	Супесь лессовидная твердая	Ø114x2000	45,00	21,00	15,0
3	Площадка № 2 г. Барнаул, ул. Пролетарская, 56	Песок мелкий средней плотности	Ø76x2000	45,00	12,0	9,0
4	Площадка № 2 г. Барнаул, ул. Пролетарская, 56	Песок мелкий средней плотности	Ø114x2000	72,00	20,0	18,0
5	Площадка № 3 г. Барнаул, ул. Г. Исакова, 264	Суглинок лессовидный твердый	Ø76x2000	17,00	14,0	10,0
6	Площадка № 3 г. Барнаул, ул. Г. Исакова, 264	Суглинок лессовидный твердый	Ø114x2000	23,00	21,00	19,0
7	Площадка № 4 пос. Чистые пруды, ул. Мира, 3	Суглинок мягкопластичный	Ø76x2000	21,00	3,6	2,7
8	Площадка № 4 пос. Чистые пруды, ул. Мира, 3	Суглинок мягкопластичный	Ø114x2000	32,00	5,8	4,3

равным 0,8 – при погружении сваи в разрыхленный предварительным бурением грунтовой массив и равным 0,6 – при погружении сваи в лидерную скважину.

Расчетное сопротивление грунта под нижним концом бурозавинчиваемой сваи следует определять по формуле

$$R = \alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 h,$$

где α_1 , α_2 – безразмерные коэффициенты, принимаемые в зависимости от расчетного угла внутреннего трения грунта φ , основания сваи; c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта основания сваи, кПа; γ_1 – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, кН/м³, залегающих выше нижнего конца сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды); h – глубина погружения сваи, м.

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Выводы

1. Полученные результаты показали, что несущую способность винтовых свай «BAU» рекомендуется рассчитывать как для бурозавинчиваемых свай, т.к. они дают более достоверные результаты, в сравнении с натур-

ными испытаниями, чем винтовые однолопастные сваи.

2. Полученные результаты показали, что для глинистых грунтов в пластичном состоянии наиболее достоверные результаты могут дать только натурные (полевые) испытания свай.

3. Проведенные сравнения по определению несущей способности свай еще раз доказали, что натурные (полевые) испытания свай являются наиболее достоверными при определении несущей способности свай для любых инженерно-геологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 5686-2012. Методы полевых испытаний сваями. – М. : Стандартинформ, 2014.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. – М. : ОАО «ЦПП», 2011. – 90 с.
3. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. – М. : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

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.