

МНОГОЛОПАСТНЫЕ ВИНТОВЫЕ СВАИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. В. Носков, В. Г. Казанцев, М. А. Осипова, В. К. Козлова, Г С. Меренцова

В статье приведены конструкция испытательного стенда, методика и результаты натурных испытаний многолопастных винтовых свай в различных грунтовых условиях. Основным объектом исследования является определение несущей способности и осадки многолопастных винтовых свай.

Ключевые слова: многолопастная винтовая свая, стенд, методика, несущая способность, осадка.

Многолопастные винтовые сваи представляют собой кованый конусный корпус из трубной заготовки с приваренной спиралью (рисунок 1). Основной отличительной особенностью многолопастных свай, 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.



Рисунок 1 – Разновидности многолопастных винтовых свай

Многолопастные винтовые сваи обладают рядом 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, высокая антикоррозионная защита свай.

Для предприятий пищевой промышленности особенно 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.

Данные преимущества делают целесообразным применение винтовых свай для строительства инженерных сооружений для предприятий пищевой промышленности таких как: складские помещения ангарного типа, теплицы, модульные строения, опоры для трубопроводов, ограждения, осветительные опоры и т.д. (рисунок 2) .

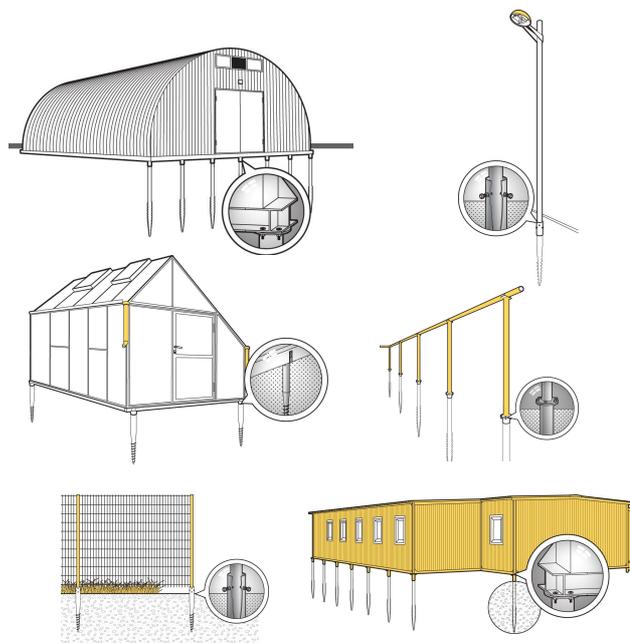


Рисунок 2 – Примеры использования многолопастных винтовых свай для инженерных сооружений

МНОГОЛОПАСТНЫЕ ВИНТОВЫЕ СВАИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время успешно решены основные проблемы, связанные с данной технологией, а именно разработка сваепогружающих машин и механизмов (рисунок 3).

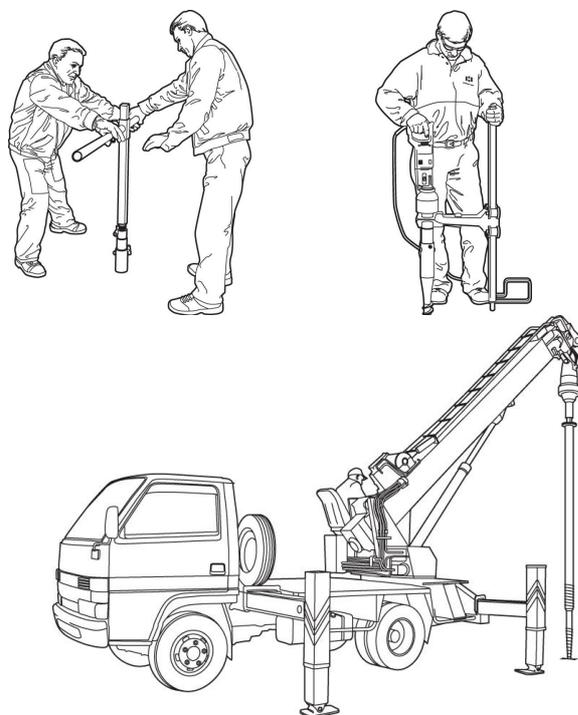


Рисунок 3 – Сваепогружающие машины и механизмы для многолопастных винтовых свай

Сегодня основным сдерживающим фактором применения многолопастных винтовых свай на объектах пищевой промышленности остается недостаточная изученность их работы. Различия в видах, конфигурациях и размерах винтовых лопастей (рисунок 1) значительно влияют на характер работы свай и, как следствие, позволяют варьировать характеристики устраиваемых фундаментов.

Конструкция многолопастных винтовых свай не позволяет использовать существующую в российских нормативных документах, в частности СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [1], методику расчетов, которая в первую очередь предназначена для «классических» одновитковых винтовых свай. Широкое внедрение многолопастных винтовых свай в практику строительства инженерных сооружений на предприятиях пищевой промышленности возможно только после проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с разработкой необходимых нормативных документов. Такие исследования были проведены сотрудниками ФГБОУ ВПО «Алтайского государственного технического

университета им. И.И. Ползунова» в рамках договора с ООО «БАУ группа».

Согласно программе исследований был разработан испытательный стенд – установка по испытанию многолопастных винтовых свай в натурных (полевых) условиях (УУ-ВСК). Учитывая необходимость неоднократного монтажа и демонтажа, а также обеспечения возможности перевозки малотоннажными транспортными средствами, стенд было решено выполнить по схеме, принципиально отличающейся от существующих. Стенд представляет собой сборно-разборную металлическую стержневую конструкцию пирамидального типа с треугольным основанием, рассчитанную на нагрузку до 300 кН (рисунок 4).



а)



б)

Рисунок 4 – Стенд (УУ-ВСК) для испытания многолопастных винтовых свай:

а) на вдавливание, б) на выдергивание

При испытании свай вдавливающими нагрузками (рисунок 4, а) домкрат устанавливается непосредственно на испытуемую сваю. При испытании свай выдергивающими нагрузками (рисунок 4, б) домкрат устанавливается на упорную площадку, усилие от домкрата передается через систему тяг, соединенных с испытываемой сваем.

Определение несущей способности свай по результатам полевых исследований регламентируются СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [1], а также СП 24.13330. 2011. Свайные фундаменты [2]. Программа испытаний многолопастных винтовых свай была составлена в соответствии с указаниями действующих нормативных документов, а также с учетом исследований, ранее выполненных другими авторами.

На каждой экспериментальной площадке испытывались по три сваи каждого типоразмера на статические вдавливающие нагрузки и по две сваи на статические выдергивающие нагрузки.

В соответствии с программой работ было проведено испытания 30 свай на трех экспериментальных площадках с грунтовыми основаниями, сложенными соответственно супесями (площадка № 1), песками (площадка № 2) и суглинками (площадка № 3). Результаты испытаний представлены на наиболее характерных графиках зависимости осадки/выхода сваи от вертикальной нагрузки (рисунок 5, 6). Данные графики свидетельствуют о существенных различиях в работе свай в зависимости от грунтовых условий.

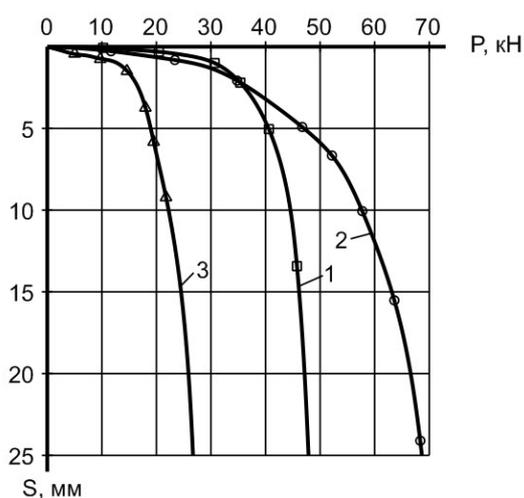


Рисунок 5 – Графики зависимости «нагрузка-осадка сваи» $S = f(P)$ на площадках соответственно № 1, 2, 3

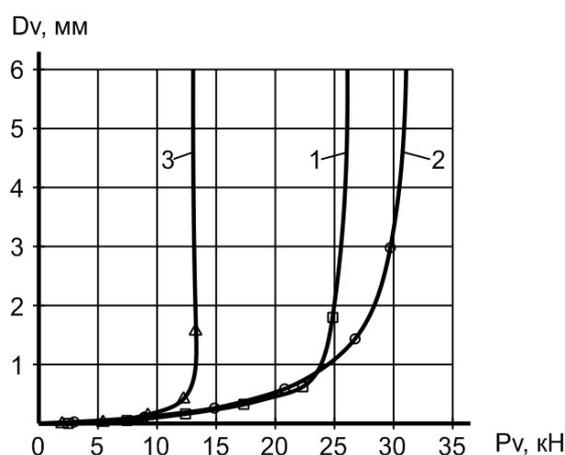


Рисунок 6 – Графики зависимости «нагрузка-выход сваи из грунта» $D_V = f(P_V)$ на площадках соответственно № 1-3

При испытании в твердых супесях: до нагрузки $(0,6-0,8)F_u$ деформации увеличиваются линейно при малой общей осадке сваи; после чего образуется ярко выраженная зона сдвигов со значительным увеличением общей осадки (до 15 мм); при превышении F_u происходит незатухающее возрастание осадки сваи.

При испытании в песках мелкой средней плотности: деформации возрастают линейно до нагрузки $(0,4-0,5)F_u$, осадка при работе сваи в зоне сдвигов носит затухающий характер даже при общей осадке более 20 мм.

При испытании в твердых суглинках: до нагрузки $(0,6-0,7)F_u$ деформации увеличиваются линейно при малой общей осадке сваи; далее происходит резкое увеличение осадки, при этом рост осадки также носит практически линейный характер (до 10 мм); при превышении F_u происходит незатухающее возрастание осадки сваи.

При испытании выдергивающими нагрузками увеличение выхода сваи из грунта носит на большей части нагружения линейный характер для всех исследованных типов грунтов.

Общий выход сваи из грунта до момента начала незатухающих деформации не превышает 4 мм.

На основании проведенных натурных испытаний получены экспериментально-теоретические зависимости по определению несущей способности многолопастных винтовых свай, их осадок с использованием рекомендаций СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [1], СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [3] и результатов полевых экспериментов.

МНОГОЛОПАСТНЫЕ ВИНТОВЫЕ СВАИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

По СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [3] расчетная несущая способность винтовых свай определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c [(\alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 h_1) \cdot A + u f_1 (h - d)], \quad (1)$$

где γ_c – коэффициент условий работы сваи, зависящий от вида нагрузки, действующей на сваю, и грунтовых условий, определяемый по таблице 7.8 СП50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [3];

α_1, α_2 – безразмерные коэффициенты, вычисленные по итогам проведенных полевых натуральных экспериментов и таблицам СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [3] в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_1 (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;

A – проекция площади лопасти, м², считая по наружному диаметру, при работе многолопастной винтовой сваи на сжимающую нагрузку, и проекция рабочей площади лопасти, т. е. за вычетом площади сечения ствола, при работе многолопастной винтовой сваи на выдергивающую нагрузку;

u – периметр поперечного сечения ствола многолопастной винтовой сваи, м;

f_1 – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола многолопастной винтовой сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.2 СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [3] (осредненное значение для всех слоев в пределах глубины погружения сваи);

h – длина ствола многолопастной винтовой сваи, погруженной в грунт, м;

d – диаметр лопасти, м.

Определение величины расчетных осадок многолопастных винтовых свай производится по СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [1] и с учетом экспериментальных данных. Для одиночных свай с уширением величина расчетной осадки определяется по формуле

$$S = \left(\frac{0,22N}{G_2 d_b} + \frac{N\ell}{EA} \right) \cdot \frac{1}{\gamma_c}, \quad (2)$$

где d_b – диаметр уширения многолопастной винтовой сваи;

N – вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю;

G_2 – модуль сдвига;

ℓ – длина многолопастной винтовой сваи;

E – модуль деформации, кПа;

A – площадь боковой поверхности многолопастной винтовой сваи, м²;

γ_c – коэффициент надежности по осадке (принимаемый по экспериментальным данным).

Сравнение величин расчетных осадок полученных по формуле 2 и определенных по экспериментальным данным показало, что они достаточно близки между собой.

Это позволяет сделать вывод об использовании формулы 2 для определения величины расчетных осадок многолопастных винтовых свай.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Многолопастные винтовые сваи подтвердили свою эффективность в грунтовых условиях региона.

2. Полученные экспериментальные данные позволили определить характер работы данного типа многолопастных винтовых свай в различных геологических условиях и свидетельствуют о перспективности их применения в грунтовых условиях Алтайского края для строительства инженерных сооружений предприятий пищевой промышленности.

3. Получены экспериментально-теоретические зависимости по определению несущей способности и осадки многовитковых винтовых свай, позволяющие в совокупности прогнозировать и программировать процессы взаимодействия многолопастных винтовых свай с грунтовым основанием при их вертикальном загрузении.

4. В результате проведенных комплексных экспериментально-теоретических исследований были разработаны «Рекомендации по проектированию многолопастных винтовых свай».

Рекомендации утверждены президиумом Сибирского регионального отделения Российской Академии архитектуры и строительных наук (СибРО РААСН) и КАУ «Государственная экспертиза Алтайского края».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты.– Введ. 1987-01-01. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 46 с.
2. СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.31-85. Свайные фундаменты». – М.: ФГУП ЦПП, 2011. – 86 с.

3. СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. – М.: Стройиздат, 2004. – 81 с.

Носков И.В. – к.т.н., профессор ФГБОУ ВПО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)29-07-41. E-mail: noskov.56@mail.ru.

Казанцев В.Г. – д.т.н., профессор, ст. науч. сотр., заведующий кафедрой «Техническая механика» ФГБОУ ВПО БТИ АлтГТУ, тел.: 8(3854)30-67-29. E-mail: tm@bti.secna.ru.

Осипова М.А. – к.г.-м.н., доцент кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии ФГБОУ ВПО АлтГТУ

им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)290752. E-mail: stf-ofigig@mail.ru.

Козлова В.К. – д.т.н., профессор кафедры строительных материалов ФГБОУ ВПО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852)368536. E-mail: egogo1980@mail.ru, ooogost@list.ru.

Меренцова Г.С. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительства автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВПО АлтГТУ, тел.: 8(3852)290816. E-mail: adio-06@mail.ru.