

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОВИТКОВЫХ ВИНТОВЫХ СВАЙ И ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СИЛ И ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ

И.В. Заикин, И.В. Носков, О.А. Коробова

В статье приведена методика испытания винтовых свай «BAU» при комплексном воздействии на них горизонтальных сил и изгибающих моментов. Приводится описание планируемого натурного эксперимента согласно выбранной методике испытаний и экспериментального оборудования и сравнение ожидаемых результатов с теоретическими расчетами.

Ключевые слова: грунт, винтовая свая, горизонтальная нагрузка, грунты, натурный эксперимент.

ВВЕДЕНИЕ

История винтовых свай насчитывает почти 200 лет. Еще в 1838 г. английский инженер Александр Митчелл (рисунок 1) получив ссуду на строительство осветительных сооружений в зоне приливно-отливных бассейнов в районе Лондона, предлагал нижнюю часть сваи изготавливать в виде винта, для того чтобы иметь возможность ввинчивать сваи в грунт.

В 1850 г. в США, в заливе Делавэр был смонтирован маяк новой конструкции, фундамент которого выполнили на металлических трубах с приваренными винтовыми лопастями. Труба погружалась в грунт посредством завинчивания. В течение нескольких десятилетий, сотни маяков с подобной конструкцией были построены по всей территории США.



Рисунок 1 - Александр Митчелл
ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №1 2012

В России первые винтовые сваи появились на 30 лет позже, когда инженер Карлович продемонстрировал преимущество винтовой сваи перед забивной при применении в условиях вечной мерзлоты, обводненных и слабых грунтах.

В дальнейшем винтовые сваи не раз модернизировались как в Англии и США, так и в других странах. В СССР винтовые сваи использовались ограниченно при строительстве в условиях вечной мерзлоты, в электросетевом и военном строительстве.

Винтовые сваи имеют ряд преимуществ по сравнению с другими видами фундаментов:

- ✓ отсутствие земляных работ;
- ✓ низкая трудоемкость;
- ✓ возможность использования в стесненных условиях, в непосредственной близости от подземных коммуникаций, в условиях плотной городской застройки;
- ✓ отсутствие необходимости инженерной планировки площадки;
- ✓ возможность использования в зонах подтопления;
- ✓ возможность проведения работ в течение всего года (в том числе зимой);
- ✓ простота полного демонтажа и как следствие возможность использования как основания временных построек;
- ✓ минимальное негативное влияние на окружающую среду.

Принимая во внимание вышесказанное можно утверждать, что винтовые сваи являются наиболее технически и экономически целесообразным вариантом устройства оснований малоэтажных зданий и сооружений.

Однако в настоящее время винтовые сваи составляют только 3% от всех используемых в строительстве свай. Широкое при-

менение данного вида оснований сдерживается недостаточным изучением их работы [2].

В настоящее время расчет конструкций свайных фундаментов проводится по трем нормативно-техническим документам:

✓ СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [7];

✓ СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [6];

✓ СНиП II-23-81* «Стальные конструкции».

СП 50-102-2003 и СНиП 2.02.03-85 определяют количество и типоразмер свай, обеспечивающих необходимую несущую способность, СНиП II-23-81* - конструктивные размеры свай и общую массу фундаментов.

Существующие нормы проектирования значительно занижают расчетную несущую способность винтовых свай, не учитывают работу грунта между витками лопастей свай, напряжение отпора грунта или реактивное давление грунта на боковой поверхности свай при их горизонтальном нагружении.

Если методика расчета занижает действительное значение несущей способности фундаментов, это ведет к необоснованному увеличению их массы. Перерасход материалов конструкций фундамента ведет к существенному увеличению стоимости строительства. В то же время наличие различных видов, конфигураций и размеров винтовых лопастей свай позволяет значительно варьировать характеристики устраиваемых фундаментов [1].

На российском рынке фундаментостроения представлена продукция компании «БАУ ГРУПП» - винтовые сваи «BAU» (рисунок 2).



Рисунок 2 - Разновидности свай «BAU»

Винтовые сваи «BAU» представляют собой патентованный кованый конусный корпус из трубной заготовки с приваренной спиралью. Отличительной особенностью свай «BAU» является применение лопастей малых диаметров с большим количеством витков. Вследствие чего погружение свай можно проводить с помощью специальных сваепогружающих механизмов с малыми крутящими моментами либо малогорбитным оборудованием.

Широкое внедрение свай «BAU» в практику строительства возможно при проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с учетом особенностей грунтов регионов.

В настоящее время на территории города Барнаула такие исследования проводятся кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова при участии компании «БАУ ГРУПП» под руководством профессора кафедры Носкова И.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью эксперимента является:

✓ разработка модели и экспериментально-теоретических зависимостей по определению сопротивления винтовой сваи «BAU» горизонтальному сдвигу, позволяющей прогнозировать процессы, происходящие со сваями во время их работы по восприятию горизонтальных сил и моментов;

✓ учет совместной работы грунтового основания и винтовых свай при различных вариантах их загрузки в грунтовых условиях региона с применением современной техники и программного обеспечения;

✓ внесение корректировок в методики расчета винтовых свай на действие горизонтальных сил и моментов с учетом полученных экспериментальных данных.

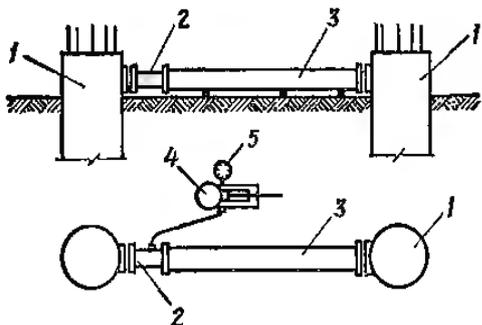
Согласно программе исследования планируется использовать полевую экспериментальную установку (ГОСТ 5686-94).

Данная установка также рекомендована Метелюком А.И. [4] для испытаний совместного действия на сваю горизонтальных сил и изгибающего момента. Она имеет ряд положительных качеств, которые определяют выбор, а именно: простота сборки, надежность, мобильность (возможность быстро перевезти установку на другие испытательные площадки).

Установка состоит (рисунок 3) из распорной балки 3, устанавливаемой между

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МНОГОВИТКОВЫХ ВИНТОВЫХ СВАЙ И ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СИЛ И ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ

двумя испытываемыми сваями 1, гидравлического домкрата 2 с манометром 5 для передачи горизонтального усилия на сваи, двух металлических накладок на сваи, обеспечивающих совпадение оси домкрата с геометрическими осями свай. Гидравлический домкрат обладает грузоподъемностью 30 тс и позволяет обеспечить плавность загрузки и обеспечить непрерывный контроль над нагрузкой по образцовому манометру.



Ри-

сунк 3. Установка для испытания свай на горизонтальную нагрузку:

- 1 - испытываемая свая, 2 - гидродомкрат, 3 - распорная балка, 4 - насосная станция, 5 - манометр

Для измерения горизонтальных и вертикальных перемещений головы сваи применяются индикаторы часового типа ИЧ-50 (цена деления 0,01 мм) и прогибомеры Максимова ПМ-3 (цена деления 0,1 мм). Держатели приборов устанавливаются на расстоянии 0,8 м от центра испытываемых свай, что составляет не менее $7d$ свай.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Полевые испытания свай проводят в соответствии с ГОСТ 5686-94 [8] для определения несущей способности и перемещении (деформаций) с последующим сравнением полученных данных с расчетными.

Определение несущей способности свай по результатам полевых испытаний регламентируются СНИП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [6], а также СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» [7].

Программа испытаний составлена с учетом требований действующих нормативных документов, а так же с учетом опыта, полученного ранее при проведении испытаний [5].

Согласно ГОСТ [8], расстояние от оси испытываемой натурной сваи до анкерной сваи или до ближайшей опоры грузовой

платформы, а также до опор реперной установки должно быть не менее 5 наибольших размеров поперечного сечения сваи (диаметром до 800 мм), но не менее 2 м. Поэтому расстояние между осями испытываемых свай принято равным 2 м.

При статических испытаниях рабочих свай нагрузка на них не должна превышать расчетную, умноженную на коэффициенты 1,1-1,5. Величина ступени нагрузки принимается $1/10$ предполагаемой нормативной горизонтальной нагрузки на сваю.

На каждой ступени нагружения натурной сваи снимают отсчеты по всем приборам для измерения деформаций в следующей последовательности: нулевой отсчет - перед нагружением сваи, первый отсчет - сразу после приложения нагрузки, затем последовательно четыре отсчета с интервалом 30 мин и далее через каждый час до условной стабилизации деформации (затухания перемещения).

Горизонтальное перемещение головы сваи при заданной ступени нагрузки считается стабилизированным, если его приращение составляет не более 0,01 мм при расположении сваи (до глубины ее заделки) в песках - за последний час, в глинистых грунтах - за последние 2 часа.

Испытания свай на горизонтальную нагрузку решено проводить следующим способом: после стабилизации перемещений на каждой ступени нагрузки переходят сразу к следующей ступени. В конце загрузки производят полную разгрузку.

В соответствии с ГОСТ [8] нагрузка свай при их испытании должна быть доведена до величины, вызывающей перемещение не менее чем на 50 мм - для полых круглых свай, свай-оболочек и набивных с уширенной пятой.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При выводе экспериментально-теоретических зависимостей по определению сопротивления винтовой сваи горизонтальным нагрузкам необходимо откорректировать и внести изменения в методику расчета совместное действие вертикальной, горизонтальной сил и моментов по СНИП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [6]. Методика расчета в этом документе предназначена для расчета традиционной сваи и не учитывает работу винтовых лопастей. Кроме того как показали исследования Б.В. Бохолдина [3] данный документ также не учитывает напряжение отпора грунта или реактивное давление

грунта на боковой поверхности свай при их горизонтальном нагружении.

Из исследований проведенных Б.В. Бахолдиным (рисунки 4, 5, 6) следует, что при горизонтальном нагружении сваи основное сопротивление грунт оказывает в ее верхней части, а в нижней части проявляется лишь на больших глубинах. Кроме того, верхняя зона грунта с увеличением нагрузки возрастает и смещается вниз. Одновременно свая совершает некоторый поворот, что является одним из важнейших факторов, которые необходимо учитывать, при разработке методов расчета свай.

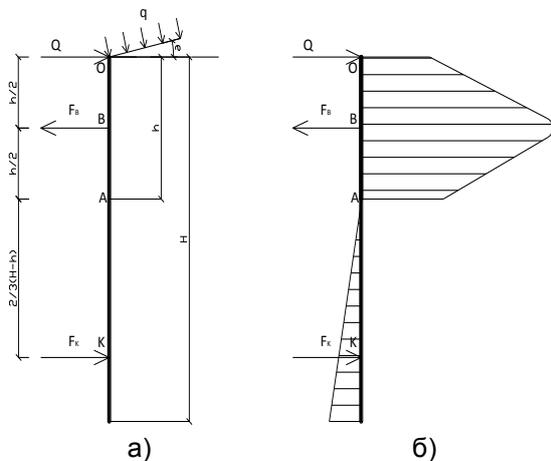


Рисунок 4 - Схема для расчета сваи при действии на нее горизонтальной нагрузки в классическом полупространстве Ренкина (а) и напряженное состояние грунта на стволе сваи при работе по этой схеме (б)

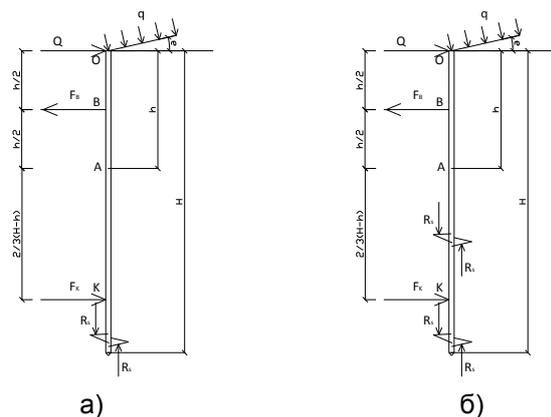


Рисунок 5 - Схема для расчета классической винтовой сваи при действии на нее горизонтальной нагрузки в классическом полупространстве Ренкина (а) схема для расчета винтовой сваи при действии на нее горизонтальной нагрузки в классическом полупространстве Ренкина при $S/D > R$ (б)

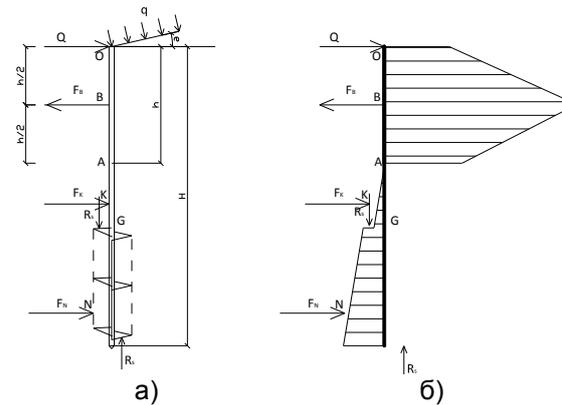


Рисунок 6 - Схема для расчета винтовой сваи при действии на нее горизонтальной нагрузки в классическом полупространстве Ренкина при $S/D < R$ (а) и напряженное состояние грунта на стволе сваи при работе по этой схеме (б)

Закономерности взаимодействия системы «свая-грунт» предлагается рассматривать в классическом полупространстве Ренкина с учетом установленной необходимости оценки сопротивления сваи на всех этапах ее горизонтального нагружения.

В зарубежном опыте нашли широкое применение многовитковые широколопастные винтовые сваи с разнесенными лопастями. Исследования данного типа лопастных свай показали, что характер работы сваи во многом зависит от отношения расстояния между лопастями к их диаметру S/D .

При отношении S/D более определенной величины R несущая способность сваи может быть рассчитана как сумма предельных нагрузок передаваемых на грунт стволом и всеми лопастями с учетом их независимой работы. При отношении S/D менее определенной величины в межвитковом пространстве образуется объем грунта, работающий на сдвиг относительно окружающего массива грунта. В этом случае несущую способность предлагается рассчитывать как сумму предельных нагрузок передаваемых на грунт стволом сваи, ведущей лопастью и грунтом в межвитковом пространстве [2].

Объединив опыт предыдущих работ целесообразно предположить, что свая «BAU» в первом приближении будет работать, как плоский стержень в полупространстве Ренкина к голове которого приложена горизонтальная сила Q . При его расчете будем учитывать напряжение отпора грунта или реактивного давления грунта на боковой поверхности сваи и учет работы двух «крайних» лопастей и грунта в межвитковом пространстве.

ВЫВОДЫ

Использование предлагаемой методики может позволить более точно учитывать все факторы, влияющие на работу многовитковых узлопастных винтовых свай «BAU» при их горизонтальном нагружении и приблизить данные методик расчета, к действительным данным работы свай полученных в ходе проведения натурных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железков В.Н. Разработка нормативного документа "Проектирование и устройство фундаментов из винтовых свай" / В.Н. Железков, П.И. Романов, Л.И. Качановская, М.С. Ермошина // Вестник гражданских инженеров. - 2008. - №2. - С. 42-45.
2. Носков И.В. Исследование работы многовитковых винтовых свай / И.В. Носков, А.Ю. Халтурин // Ползуновский вестник. - 2011. - №1. - С. 142-147.

3. Бахолдин Б.В. Сопротивление свай горизонтальным нагрузкам / Б.В. Бахолдин, Е.В. Труфанова // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 2010. - №6. - С. 8-13.
4. Мителюк Н.С. Сваи и свайные фундамент: справочное пособие / Н.С. Мителюк. - Киев. - Изд-во "Будивельник". - 1977. - 256 с.
5. Железков Н.В. Винтовые сваи в энергетических и других отраслях строительства. - СПб.: Издат. дом "Прагма", 2004. - 125 с.
6. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты
7. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов.
8. ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.- М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996.- 51 с.

Заикин И.В. - аспирант, Носков И.В. - к.т.н., профессор, E-mail: noskov.56@mail.ru, Алтайский государственный технический университет; Коробова О.А. - д.т.н., профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет.

УДК 666.9.015.4

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБАВОК, ЗАМЕДЛЯЮЩИХ СХВАТЫВАНИЕ ЦЕМЕНТОВ

В.К. Козлова, В.Г. Григорьев, А.М. Маноха., Е.Ю. Малова

Изучен механизм действия добавок замедляющих схватывание цементных тест изготовленных из портландцемента и высокоглиноземистого цемента. Показано, что все добавки-замедлители схватывания снижают скорость роста показателя рН жидкой фазы цементного теста. Потенциометрический метод позволяет оценить эффективность действия добавок-замедлителей.

Ключевые слова: цементное тесто, показатель рН, добавки, замедление схватывания.

ВВЕДЕНИЕ

Авторами работы [1] отмечалось, что схватывание цементного теста и природа индукционного периода являются наименее изученными в химии цемента. Схватывание представляет собой процесс перехода цементного теста из жидкотекучего состояния в состояние твердого тела. В начальный период реакции взаимодействия с водой минералов, слагающих портландцементный клинкер, протекает очень быстро и приводят к потере пластичности цементного теста. С целью удлинения сроков, при которых смеси цемента с водой сохраняют необходимую пластичность, при производстве цемента или при изготовлении растворных и бетонных смесей

для регулирования скорости начальных реакций вводят различные химические добавки. Известен целый ряд добавок, замедляющих протекание реакций гидратации в начальный период: природный гипсовый камень, лигносульфонат и его модификации, гидроксикарбоновые кислоты и их соли, углеводы (глюкоза, сахароза, глицерин), гидроксиглированные полимеры, растворимые бораты и фосфаты, соли свинца, меди, цинка, а также различные сочетания этих добавок.

Большинство исследователей убеждены, что замедление схватывания происходит вследствие адсорбции замедлителя на поверхности цементных зерен и продуктов гидратации, а также вследствие образования