

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ИСПЫТАНИЙ СВАЙ**

### **PERSPECTIVE SPHERES OF THE QUALITY CONTROL AND TESTING OF THE PILES**

**ПОПСУЕНКО Иван Константинович**, к.т.н, заведующий лабораторией свайных фундаментов, АО "НИЦ "Строительство" - Научно-Исследовательского Института Оснований и Подземных Сооружений им. Н. М. Герсевича (НИИОСП им. Н. М. Герсевича)

***POPSUENKO, Ivan K.**, Ph.D., head of laboratory of pile foundations, NIC "Stroitestvo", Scientific - Research Institute of Foundations and Underground Structures named after N. M. Gersevanov (NIIOSP)*

#### **Аннотация**

*В статье приводятся новые методы и приборы для контроля качества бетонирования и сплошности буронабивных и буроналивных свай. Описана новая аппаратура для статических и динамических испытаний буровых и забивных свай, в т.ч. с применением волновой теории удара. Методы направлены на повышение достоверности данных контроля качества свай и их испытаний позволяют оперативно принимать решения о мероприятиях по устранению дефектов в сваях в процессе их выполнения. В НИИОСП им. Н.М. Герсевича создана база для практического применения новых методов и приборов для контроля качества буронабивных свай, а также статических и динамических испытаний забивных свай, труб и буронабивных свай.*

**Ключевые слова:** *Контроль качества, статические и динамические испытания свай, волновая теория удара .*

#### **Abstract**

*Article presents the newest apparatus and methods of determining of the integrity of the bored piles. Static and dynamic test devices for both bored and driven piles according to wave impact theory are described. Mentioned methods are insuring the reliable quality control of the piles and enabling contractor to prevent and to correct the defects in the piles during their performance. NIIOSP has everything to employ the newest apparatus and methods of determining of the integrity of the bored piles, static and dynamic tests of the driven piles and tubes, bored piles,.*

**Key words:** *determining of the integrity of the bored piles, static and dynamic tests of the piles, wave impact theory*

## Буронабивные сваи. Контроль качества

При устройстве буронабивных свай наиболее уязвимым местом является контроль их качества. Не претендуя ни в коей мере на всеобъемлющий анализ причин возникновения дефектов в буронабивных сваях, остановимся на эффективных методах контроля качества их изготовления. Действующие на настоящий момент в строительстве нормативные документы, например СП 45.13330.2012 "Земляные сооружения, основания и фундаменты" и МДС 12-23.2006 "Временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в Москве" содержат прямые указания на необходимость проверять сплошность свай геофизическими методами. СП 45.13330.2012 "Земляные сооружения, основания и фундаменты" включает следующие требования к проектам (пункт 12.7 "Приемка и контроль качества изготовления свайных фундаментов"):

а) 12.7.1 В зависимости от поставленных задач, наличия и полноты проектно-технической документации, характера и степени дефектов и повреждений в сваях может выполняться сплошной (полный) или выборочный контроль качества изготовленных свай.

б) 12.7.3 В состав работ по выборочному контролю качества бетона свай включается: выбуривание кернов на полную длину из 2% общего числа выполненных из монолитного бетона свай на объекте, но не менее 2 свай и испытания образцов бетона, изготовленных из керна, на одноосное сжатие; контроль длины свай и оценка сплошности их стволов с использованием сейсмоакустических испытаний - 20% общего числа свай на объекте; оценка качества (однородности) бетона свай на полную их длину методами радиоизотопных или ультразвуковых измерений - 10% общего числа свай на объекте. Примечание - При согласовании с проектной организацией допускается ограничиться одним из указанных способов контроля.

Требование выбуривания кернов из буронабивных свай на полную длину свай, хотя и является прямым методом контроля, по опыту, при массовом контроле практически неосуществимо при длинных сваях из-за постепенного отклонения керновой скважины от оси сваи за счет неоднородностей бетона и относительно небольшого диаметра свай. Выход буровой коронки за пределы свай, как правило, происходит уже на глубинах до 15 м. Поэтому для контроля сплошности и длины свай необходимо шире применять неразрушающие геофизические методы.

Не секрет, что стоимость аппаратуры для исследования бетона свай весьма высока и квалификация специалистов требует наличия специальных знаний, и в результате исследования качества изготовления свай на строительных объектах нашей страны доступна далеко не всем производителям работ и строительным и свайным лабораториям. В «НИЦ «Строительство» для НИИОСП им. Н.М. Герсеева планируется приобретение передового оборудования для контроля качества стволов

буронабивных и буроинъекционных свай неразрушающими методами контроля и соответствующее обучение специалистов за счет средств инновационного развития общества.

Использование современной аппаратуры для испытаний и контроля качества ствола буровых свай будет способствовать повышению доступности и надежности контроля таких сложных систем, как свайные фундаменты.

Когда требуется предварительно, так сказать, в первом приближении определить наличие дефектов и длину в буровых сваях диаметром от 0,6 м и выше, вначале чаще всего применяют акустический метод. Наиболее многочисленны низкочастотные методы, реализующие возбуждение сваи механическим ударом молотком и прием упругой волны низкочастотным приемником. В зарубежных странах метод сейсмоакустического зондирования получил наименование Sonic Integrity Test (SIT) - звуковое тестирование сплошности (целостности). В России при контроле сплошности буронабивных свай методом сейсмоакустического зондирования применяются отечественные приборы: Спектр 2.0 и 4.0 (производитель ОАО "Интерприбор", Россия), аппаратный комплекс АПЗ-1 (ООО "Геодиагностика", Санкт-Петербург), измеритель длины свай ИДС-1 (ООО "Логические системы", Москва). Отечественных стандарты на акустическое зондирование отсутствуют. Известны зарубежные приборы IFCO IT System (производитель фирма "Profound", Нидерланды) и PET (производитель фирма PILETEST, Великобритания) и последний, наиболее апробированный это PIT (pile integrity tester) фирмы Pile Dynamics, Inc. имеющий стандарт для испытания ASTM D5882. Поскольку метод является приблизительным, то для первичной оценки сплошности и длины свай допустимо применение отечественной аппаратуры, что практикуется в



**Рис. 1. PIT (pile integrity tester) проверка сплошности свай фирмы Pile Dynamics, Inc. имеющий стандарт для испытания ASTM D5882.**

Следующим шагом в исследовании материала ствола буровых свай является их более детальное исследование с применением ультразвуковых методов сквозным прозвучиванием. Межскважинные дефектоскопы используют метод ультразвукового исследования с определением акустической жесткости бетона между парами трубок, в которых находятся излучатель ультразвука и приемник. Единой методики и стандартов, для ультразвукового прозвучивания в нашей стране свай не существует. Если посмотреть на отечественный рынок устройств ультразвукового сквозного прозвучивания, то он весьма пестр и неоднороден. Программ обработки сигналов существует множество, но они не стандартизированы. Из отечественных приборов и программного обеспечения можно выделить методы сейсмоакустического зондирования, реализуемые ООО "Геодиагностика". Из зарубежного оборудования, имеющего стандарты можно рассматривать CHAMP (Cross Hole Analyzer) Pile Dynamics Inc. ASTM D6760. В отличие от отечественных приборов, измеряющих в основном скорость прохождения ультразвуковой волны в промежутке между излучателем и приемником, данный прибор в совокупности с программным

обеспечением определяет местоположение дефекта в режиме реального времени. СНАМР рассматривается, как базовый прибор для ультразвукового сквозного исследования буровых свай, приобретаемого НИИОСПом по программе инноваций АО «НИЦ «Строительство». Необходимо отметить, что метод сквозного прозвучивания, как и любой другой имеет и присущие ему недостатки, одним из основных является ограниченный установленными трубками объем обследования бетона прозвучиванием. Т.е. краевые зоны свай на периферии сечения не охватываются.



**Рис.2 Прибор СНАМР ASTM D6760 для сквозного прозвучивания ультразвуком**

Этот недостаток устраняется в другом приборе, использующем другой физический принцип - различия в тепловыделении «нормального» и дефектного бетонов при твердении и гидратации бетонной смеси в теле буровых свай. Прибор TIP (thermal integrity profiler) Pile Dynamics Inc. ASTM D6760.



**Рис. 3** Прибор для оценки теплового профиля ТИР

Прибор ТИР с использованием программного обеспечения отображает температуру, измеренную по всей глубине сечений сваи. Это позволяет оперативно выявлять проблемные области, в которых возникает сужение или расширение ствола сваи, а также отклонения арматурного каркаса от проектного положения. Оценивает качество заполнения скважины бетоном в течение 12-48 часов после ее бетонирования. Это дает возможность оперативно, не дожидаясь негативных результатов, провести «лечение» ствола сваи. Прибор можно использовать для проверки качества буроинъекционных свай.

### **Испытания забивных, буронабивных свай и труб.**

ГОСТ 5686-2012 «Испытания грунтов сваями» предусматривает возможность испытаний свай с применением волновой теории удара. Однако до настоящего времени аппаратура для таких испытаний отсутствовала в НИИОСП им. Н.М. Герсеева. Необходимо отметить, что благодаря программе инноваций в АО «НИЦ «Строительство» уже приобретена для НИИОСП часть современного оборудования динамических испытаний свай в режиме применения волновой теории удара PDA (Pile Driving Analyzer) по ASTM4945 производства Китай. Ниже, как пример применения данной аппаратуры, приведены результаты испытаний свай с применением волновой теории удара. Поскольку возможности аппаратуры ввиду ее относительной новизны на российском рынке строительного контроля известны не всем специалистам, остановимся на краткой характеристике ее

возможностей. Перед проведением испытаний на сваю устанавливаются датчики: тензометрические и акселерометры, по совместным показаниям которых с использованием специализированного программного обеспечения выдаются результаты испытаний :

- сопротивление грунта;
- для забивных свай напряжения сжатия в верхней и нижней частях сваи;
- растягивающие усилия вдоль сваи;
- энергию удара;
- целостность сваи;
- отображает график расчетной статической нагрузки .

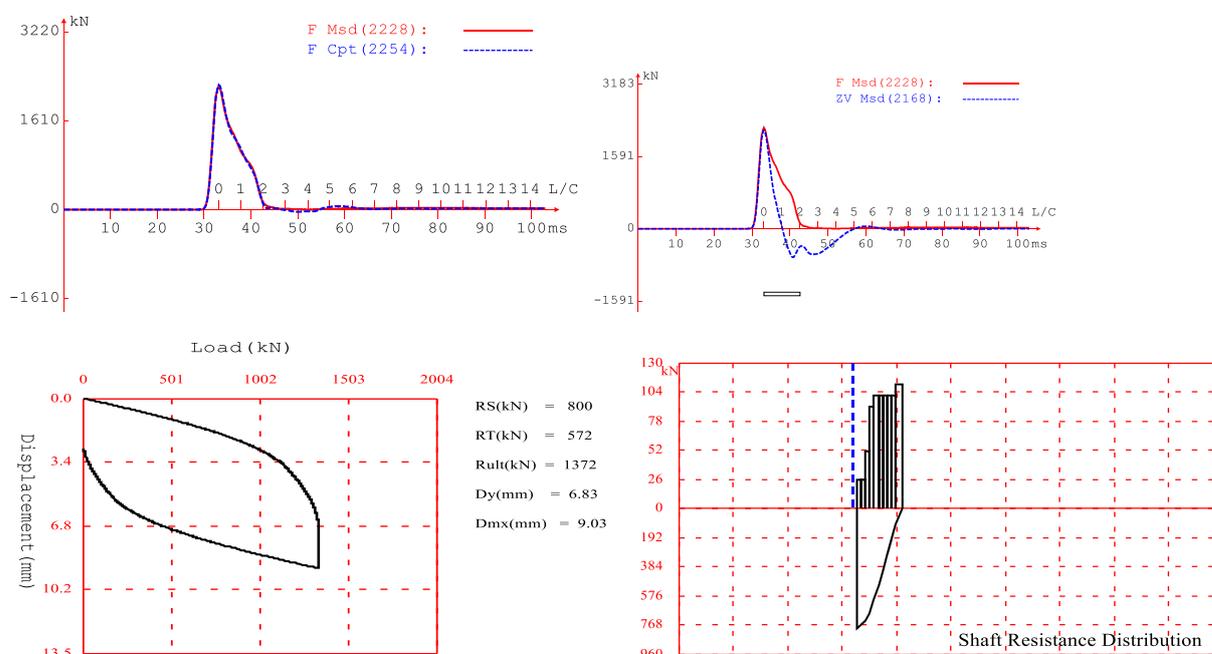


Рис.4 Результат динамического испытания свай PDA (Pile Driving Analyzer) фирмы Pile Dynamics, Inc. имеющий стандарт ASTM D4945.

Указанную аппаратуру можно использовать не только для испытаний забивных свай и труб, но и для буронабивных свай с приложением к голове буронабивных свай ударной нагрузки, способной сдвинуть сваю.

Таким образом, испытания свай с получением всех данных, характерных для дорогостоящих и длительных статических испытаний можно быстро и сравнительно недорого получить с применением современной аппаратуры, использующей волновую теорию удара.

Статические испытания свай, безусловно, дают традиционно надежные результаты и в ряде случаев является единственно приемлемой методикой испытаний свай. Для статических испытаний в НИИОСП им. Н.М. Герсеванова подготовлены в рамках инвестиционной программы АО «НИЦ «Строительство» новшества, касаемые проведения испытаний свай по методике Vi-directional test, а также статические испытания с традиционной схемой с анкерными балками либо грузовой платформой, но с применением автоматической системы слежения за усилием, передаваемым на сваю и ее деформациями с оценкой критерия ее стабилизации по ГОСТ 5686-2012.

Не останавливаясь подробно на методике испытаний с применением Vi-directional test, более известной у нас, как испытания с погружными домкратами, можно сказать, что по опыту такие испытания целесообразны там, где устройство анкерных систем для восприятия реактивных усилий от вдавливания свай превышает 1500 т. Но для практики строительства такие испытания востребованы и могут быть включены в проекты.



**Рис.5** Готовые модули (двунаправленные испытания свай погружными домкратами) для установки в сваи (Китай) по методике Vi-directional test.

Статические традиционные испытания свай остаются весьма востребованными и в то же время трудоемким, требующими участия весьма квалифицированных и, что главное, ответственных специалистов. В значительной мере исключить субъективный фактор случайных ошибок при проведении статических испытаний свай позволяет автоматическая система испытаний, поддерживающая гидравлическое давление в нагрузочной системе и скорость деформации сваи в соответствии с требованиями ГОСТ, заложенными в программу

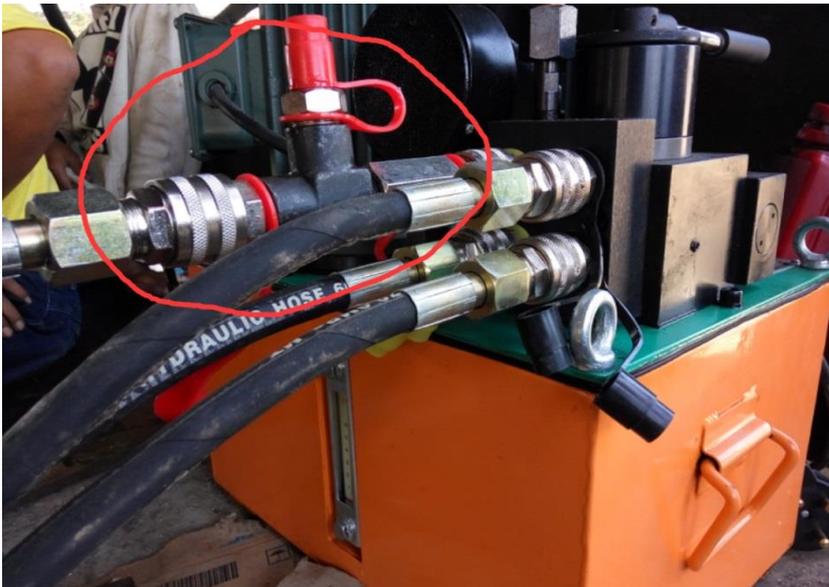


Рис.6 Элементы автоматической системы слежения за давлением в гидросистеме нагрузочных домкратов.

### **Выводы:**

Современные свайные фундаменты требуют модернизации методов контроля качества и испытаний буронабивных, забивных свай и труб.

В НИИОСП им. Н.М. Герсеванова подготовлена база для развития методов контроля качества свай и проведения их испытаний на современном уровне.

Целесообразно в проекты свайных фундаментов закладывать методы контроля свай:

- PIT (pile integrity tester) проверка сплошности свай;
- CHAMP (Cross-hole analyzer) ASTM D6760 сквозного прозвучивания ультразвуком;
- Прибор для оценки теплового профиля TIP (Thermal integrity profiler) при твердении бетона в буронабивных и буроинъекционных сваях;
- Bi-directional test (двунаправленные испытания свай погружными домкратами) типа Остерберг;
- автоматическая система статических испытаний, поддерживающая гидравлическое давление в нагрузочной системе и скорость деформации сваи в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012;
- испытания свай с применением волновой теории удара (PDA pile driving analyzer) .

## **Библиографический список**

1. СП 45.13330.2012 "Земляные сооружения, основания и фундаменты"
2. МДС 12-23.2006 "Временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в Москве"