

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ

*С. И. АЛЕКСЕЕВ – д-р техн. наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты» ПГУПС, член РОМГТиФ, член ГЭКК ОФУПС при Администрации Санкт-Петербурга. Основные направления научной деятельности – проектирование новых и реконструируемых фундаментов на неоднородных основаниях методом выравнивания конечных осадок, геотехнические аспекты реконструкции зданий. автор более 100 опубликованных работ, в том числе четырех монографий.*

Рассматриваются вопросы определения несущей способности буронабивных свай по грунту с использованием геофизических методов обследования. Применение данного метода позволит оперативно определять несущую способность свай практически для всего свайного поля, что существенно повысит информативность, а также надежность проектных решений.

Широкое применение буронабивных свай при строительстве сооружений в стесненных городских условиях имеет как достоинства, так и недостатки. Один из основных недостатков – отсутствие достаточной информации о несущей способности буронабивных свай. Основным методом определения несущей способности свай являются статические испытания, проводимые в соответствии с ГОСТ 5686–94 (рис. 1, 2). Однако данные испытания дают ограниченную информацию и

не позволяют получить надежное решение для всего свайного поля. По результатам статических испытаний для 2-3 буронабивных свай (из нескольких сотен изготовленных) проектировщик должен решить вопрос о надежности всего свайного поля и, соответственно, всего возводимого сооружения. Такое решение отличается низкой достоверностью, особенно в условиях сложного (неоднородного) залегания грунтов основания. Это неизбежно вызывает у проектировщиков стремле-



Рис. 1. Испытание буронабивных свай статической нагрузкой на одной из строительных площадок Санкт-Петербурга

© С. И. Алексеев, 2007

Internet: [www.georec.spb.ru](http://www.georec.spb.ru)

График  $S = F(P)$



Рис. 2. Графическое представление результатов испытания сваи статической нагрузкой

ние к искусственному занижению несущей способности свай и увеличению их числа.

Другой особенностью является прямая зависимость несущей способности буронабивных свай от технологии изготовления и инженерно-геологических условий площадки строительства.

Для повышения информативности (степени вероятности) исполнительной документации проектировщику необходимы достоверные данные о несущей способности (допускаемой нагрузке) свай для всего выполненного поля или для каждой отдельной сваи. Такую задачу можно решить с помощью экспресс-метода определения несущей способности как отдельных свай, так и всего свайного основания. В данном случае под экспресс-методом подразумевается геофизический способ оценки несущей способности буронабивных свай – ударное импульсное тестирование.

Этот способ позволяет оценить сплошность тела сваи по результатам прохождения через нее звуковых волн (отраженных, прямых и поверхностных волн Рэлея, а также рефракционных и интерференционных). В настоящее время используются различные методики обработки полученных сигналов для выявления в теле сваи скрытых дефектов (раковин, наплывов бетона, разрывов ствола и т. д.).

Для тестирования сплошности ствола и длины сваи на строительной площадке применяют неразрушающий, интегральный способ контроля – ITS (Integrity Test System) (рис. 3, 4).

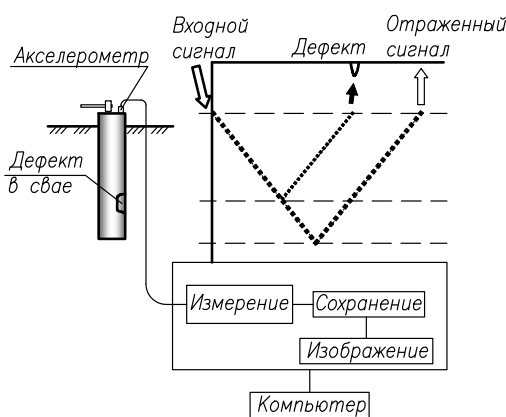


Рис. 3. Принципиальная схема ударного импульсного тестирования длины и сплошности буронабивных свай на площадке строительства

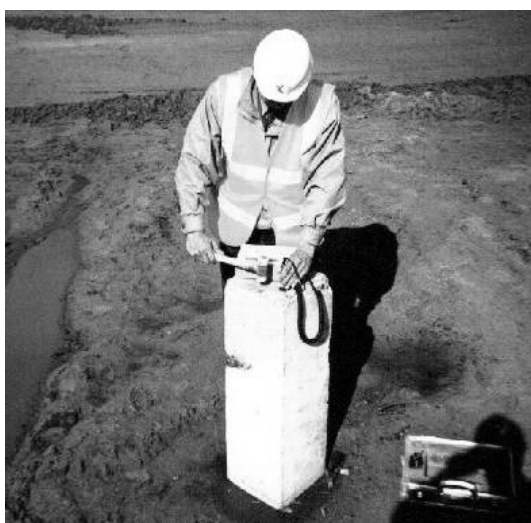


Рис. 4. Пример тестирования сваи методом ITS

В результате ударного импульса по длине сваи распространяется сжимающая волна, при отражении которой от любых неоднородностей формируются восходящие волны, регистрируемые датчиком (акселерометром).

График скорости распространения ударной волны в неповрежденной свае имеет большой пик от удара (голова сваи). Пик, относящийся к пяте сваи, тоже четко различим (рис. 5). Время от удара до возвращения волны характеризует длину сваи и определяется параметрами:  $t = 2L/C$ , где  $t$  – время от удара до возвращения;  $L$  – длина сваи;  $C$  – скорость распространения волн;

$$C = \sqrt{\left(\frac{E}{g}\right)},$$

где  $E$  – модуль Юнга;  $g$  – плотность материала.

Для неповрежденной сваи по времени возвращения отраженного сигнала определяют ее длину (см. рис. 5). Для сваи с нарушениями сплошности по длине, обусловленными изменением формы ствола (раковины, сужения, разрывы и т. д.), анализируют отраженный сигнал, позволяющий определять его местоположение и качественное значение (рис. 6).

Тестирование сплошности ствола сваи осуществляется при высокочастотных колебаниях, а низкочастотные колебания используют для анализа колебательного контура «свая и соколеблющаяся масса грунта вокруг ее ствола».

Вдоль ствола буронабивных свай, изготавливаемых методом погружения труб с закрытым наконечником, и свай вдавливания происходит перемещение грунта с образованием зон уплотненного грунта. В этом случае сигналы колебательного контура отражаются и от

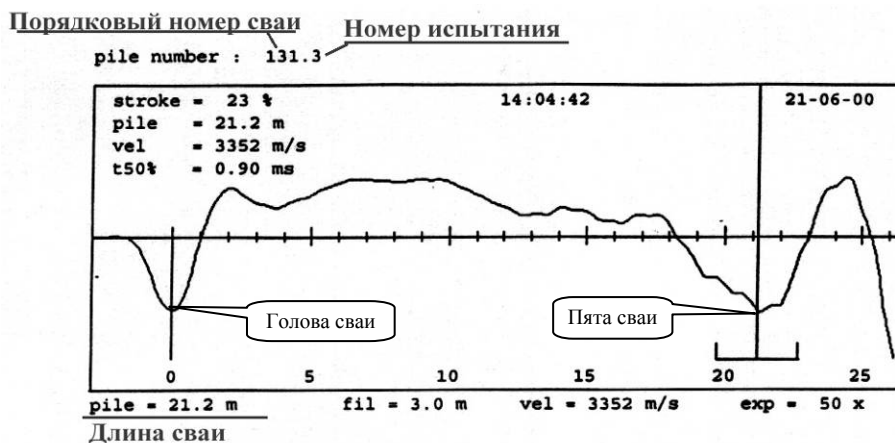


Рис. 5. Пример рефлектограммы для неповрежденной буронабивной сваи

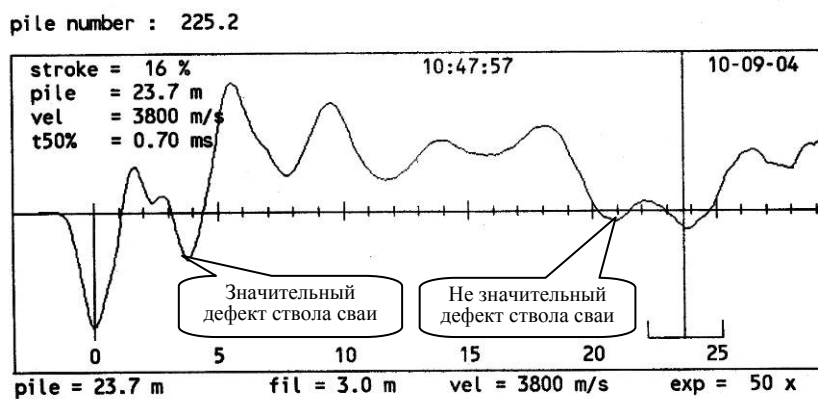


Рис. 6. Пример рефлектограммы ITS буронабивной сваи с дефектами ствола по сплошности

уплотненной грунтовой среды, что позволяет оценить объем соколеблющейся массы, влияющей на несущую способность сваи.

При отражении низкочастотного сигнала от колебательного контура, соответствующего состоянию грунта разной плотности, изменяется фазовая скорость сигнала. В этих условиях волны на частотах, соответствующих  $\lambda/4$  ( $\lambda$  – длина волны), резко затухают, а на частотах  $\lambda/2$  возникает резонанс с максимальной амплитудой. Логарифмический

декремент затухания таких колебаний представлен на рис. 7, 8.

Обработка отраженного низкочастотного импульсного сигнала (рис. 7, 8) позволяет судить о массе (объеме) грунта, уплотненного вследствие погружения сваи. Резкое затухание сигнала (см. рис. 7) свидетельствует о малом объеме соколеблющейся массы грунта и, следовательно, меньшей несущей способности сваи. Плавное затухание сигнала (см. рис. 8) говорит о большем объеме соколеблющейся

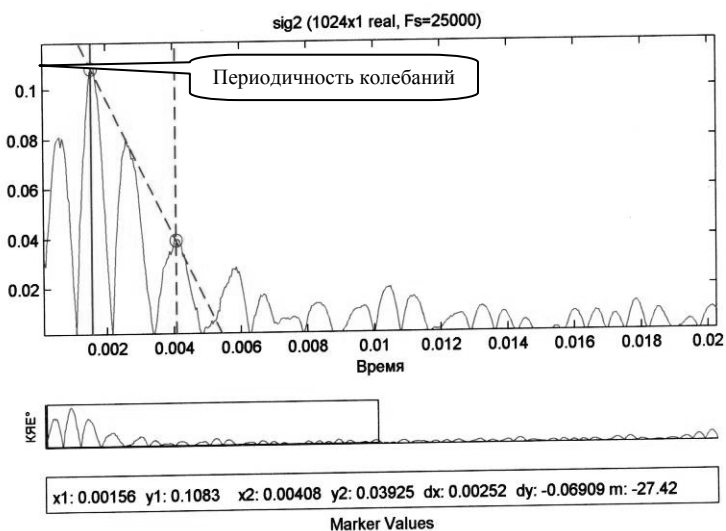


Рис. 7. Амплитудно-временной анализ логарифмического декремента затухания низкочастотного отраженного сигнала от соколеблющейся массы грунта вокруг сваи (резкое затухание сигнала – малый объем соколеблющейся массы грунта)

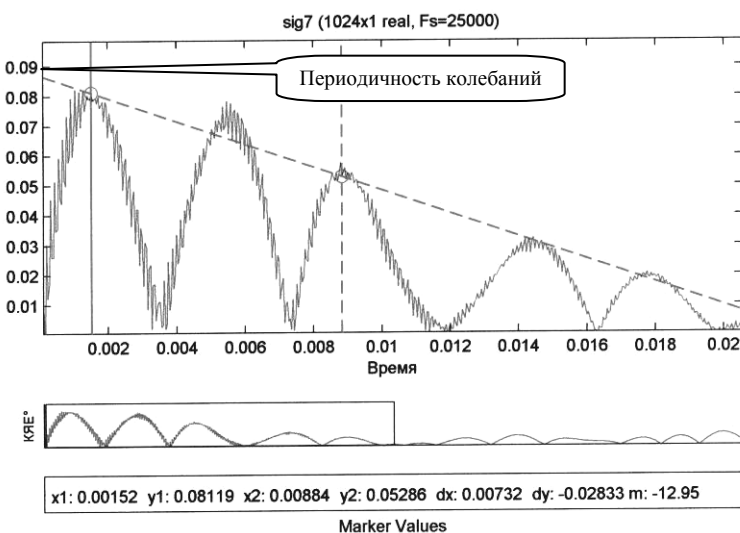


Рис. 8. Амплитудно-временной анализ логарифмического декремента затухания низкочастотного отраженного сигнала от соколеблющейся массы грунта вокруг сваи (плавное затухание сигнала – больший объем соколеблющейся массы грунта)

массы грунта и большей несущей способности сваи.

Таким образом, амплитудно-временной анализ обработки отраженного низкочастотного сигнала в колебательном контуре «свая + соколеблющаяся масса грунта вокруг ее ствола» позволяет дать интегральную качественную оценку несущей способности испытываемой сваи (рис. 9). Для относительной количественной оценки несущей способности сваи необходимо выполнить сравнительный анализ по описанной методике со сваями, для которой проводились испытания статической нагрузкой.

В данном случае применяется следующая схема испытаний:

1. Для свайного поля под строящееся здание (сооружение) проводят стандартные испытания сваи статической нагрузкой (ГОСТ 5686–94) и определяют расчетную нагрузку на сваю (см. рис. 2).

2. Для этой же сваи выполняют геофизические низкочастотные импульсные испытания (экспресс-метод). Оценивают соколеблющуюся массу грунта, объем которой соответствует расчетной нагрузке на сваю и зависит от свойств грунтов.

3. Испытания экспресс-методом проводят для всех свай на данной площадке. Полученные объемы соколеблющейся массы грунта сравнивают с объемом испытанной сваи. Относительные изменения данных величин позволяют оценить расчетную нагрузку,

которую фактически несет любая свая на данной площадке (рис. 10).

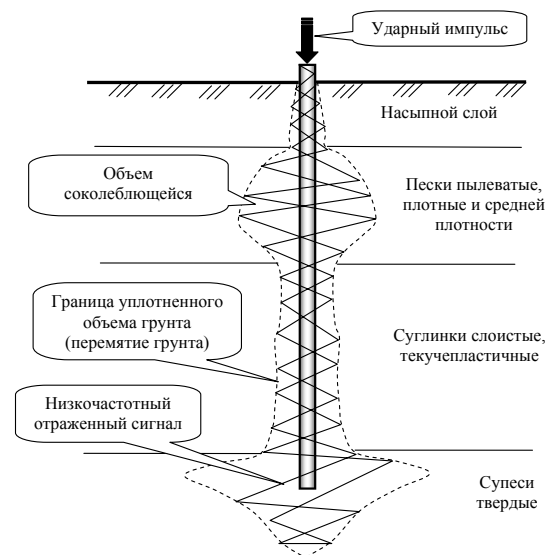


Рис. 9. Схема геофизического способа (экспресс-метода) испытания сваи импульсным воздействием

Таким образом, используя геофизический способ (экспресс-метод) испытания сваи импульсным воздействием, можно определить несущую способность (расчетную нагрузку) практически для каждой сваи на строительной площадке. Это позволяет проектировщику оценить будущую реализацию проектного решения в полном объеме и с наибольшей вероятностью. Зная фактическую несущую

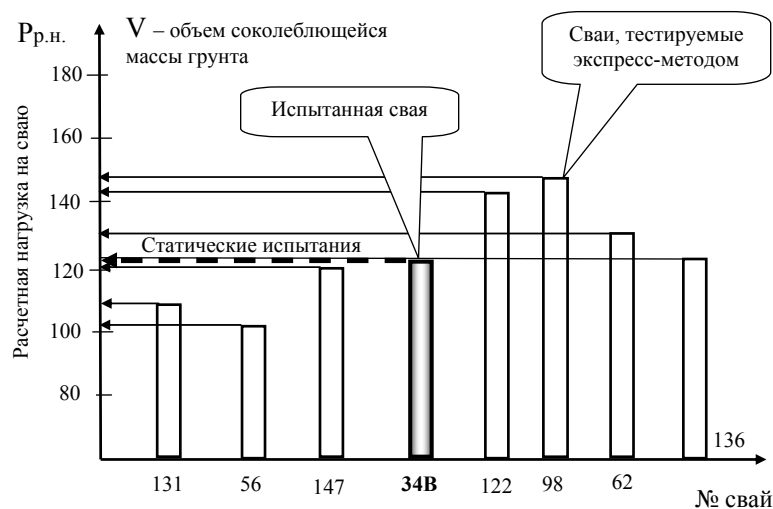


Рис. 10. Схема относительного анализа по определению расчетной нагрузки на сваю при использовании экспресс-метода

способность каждой сваи под запроектированное сооружение, можно дать обоснованное и надежное решение по работе надземных конструкций здания. В случае необходимости при совместном расчете каркаса здания и свайного основания (с учетом фактического

исполнения) могут быть внесены коррективы в еще не выполненный каркас здания.

Представляется, что предлагаемый метод позволит улучшить информативность исполнительских работ по свайному основанию и надежность эксплуатации всего сооружения в целом.