ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72171— 2025

СВАИ

Сейсмоакустические методы контроля сплошности бетона и длины свай

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство») — Научно-исследовательским, проектно-изыскательским и конструкторско-технологическим институтом оснований и подземных сооружений имени Н.М. Герсеванова (НИИОСП им. Н.М. Герсеванова) при участии специалистов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ им. М.В. Ломоносова), Центра геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ЦГЭМИ ИФЗ РАН), Общества с ограниченной ответственностью «ОЗИС-Венчур» (ООО «ОЗИС-Венчур»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 июля 2025 г. № 659-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ДЕЙСТВУЕТ ВЗАМЕН ПНСТ 804—2022

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Общие положения 2
5 Оборудование для проведения испытаний 3
6 Подготовка к проведению испытаний 4
7 Методика проведения испытаний 4
8 Обработка и интерпретация данных 5
9 Оформление результатов испытаний 6
10 Техника безопасности и охрана труда 7
Приложение А (рекомендуемое) Методика обработки данных 8
Приложение Б (обязательное) Методика интерпретации данных 9
Приложение В (справочное) Возможности и ограничения сейсмоакустических методов 11
Приложение Г (справочное) Метод сейсмоакустического профилирования с общим пунктом возбуждения сигнала 12
Приложение Д (справочное) Параллельный сейсмический метод 13
Приложение Е (справочное) Метод анализа частотной характеристики/спектра мобильности 15
Библиография 16

Введение

Настоящий стандарт разработан в целях обеспечения соблюдения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Настоящий стандарт разработан авторским коллективом АО НИЦ «Строительство» — НИИОСП им. Н.М. Герсеванова (руководитель темы — канд. техн. наук Р.Ф. Шарафутдинов, ответственные исполнители: канд. техн. наук С.А. Рытов, канд. техн. наук А.А. Чуркин) при участии МГУ им. М.В. Ломоносова (канд. физико-матем. наук В.В. Капустин), ЦГЭМИ ИФЗ РАН (И.Н. Лозовский), ООО «ОЗИС-Венчур» (канд. техн. наук А.В. Улыбин).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВАИ

Сейсмоакустические методы контроля сплошности бетона и длины свай

Piles. Low strain impact test methods for pile integrity and length assessment

Дата введения —2026—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на железобетонные буронабивные, забивные, вдавливаемые, набивные сваи, баретты и устанавливает порядок проведения неразрушающего контроля длины и сплошности бетона свай сейсмоакустическими методами. Положения настоящего стандарта распространяются на исследования, выполняемые на этапе строительства или обследования конструкций.

1.2 Настоящий стандарт допускается применять при контроле сплошности материала и длины металлических свай-труб, деревянных свай.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 12.3.053 Система стандартов безопасности труда. Строительство. Ограждения предохранительные временные. Общие технические условия

СП 45.13330 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 46.13330 «СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы»

СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **акустическая аномалия:** Значительное изменение амплитуды/частотного состава сигнала, которое не интерпретируется в качестве импульса, соответствующего возбуждению упругих волн или отражению от нижнего торца сваи.

Издание официальное

Примечание — Акустическая аномалия может свидетельствовать о наличии нарушения сплошности или заметной неоднородности.

3.2

дефект: Отдельное несоответствие конструкции какому-либо параметру, установленному проектом или нормативным документом.

[ГОСТ Р 71039—2023, пункт 3.3]

3.3

интерпретация данных: Этап обработки данных, выполняемый для представления выводов о длине и сплошности бетона конструкций.

[Адаптировано из ГОСТ Р 71039—2023, пункт 3.5]

3.4

обработка данных: Совокупность процедур, выполняемых для подготовки зарегистрированных данных к интерпретации.

[ГОСТ Р 71039—2023, пункт 3.7]

3.5 **накопление сигналов:** Способ повышения отношения сигнал/помеха, заключающийся в суммировании сигналов, зарегистрированных на одной точке измерения или на одном объекте контроля.

3.6 **полезный сигнал:** Компоненты зарегистрированного сигнала, содержащие информацию о длине сваи и нарушениях сплошности бетона.

3.7 **помеха (шум):** Изменение амплитудного или частотного состава зарегистрированного сигнала, которое не интерпретируется в качестве полезного сигнала.

3.8 **сплошность бетона:** Свойство сваи, заключающееся в отсутствии значительных дефектов, расположенных в стволе.

3.9 **ударный источник:** Молоток или иной инструмент, используемый для импульсного возбуждения упругих волн.

4 Общие положения

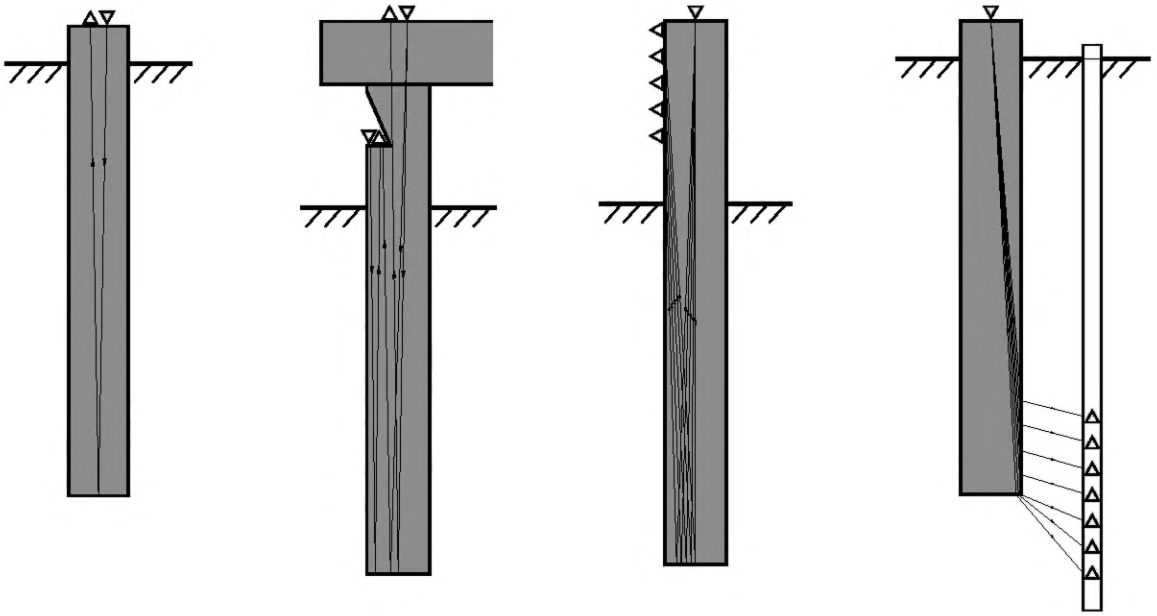
4.1 Контроль сплошности бетона и длины свай сейсмоакустическими методами основан на регистрации искусственно возбуждаемых в стволе сваи упругих волн в целях получения сведений о длине и сплошности бетона сваи (см. [1]). Упругие волны возбуждаются ударным источником, распространяются вдоль ствола сваи, отражаются от неоднородностей ствола сваи и ее подошвы и возвращаются к поверхности оголовка сваи. Регистрация сигналов проводится с помощью датчика, измеряющего ускорение или скорость смещения оголовка сваи. Зарегистрированные данные передаются на персональный компьютер для дальнейшей визуализации, обработки (см. приложение А) и интерпретации (см. приложение Б).

4.2 Исследования должен выполнять специалист, допущенный к проведению неразрушающего контроля сплошности бетона в порядке, установленном действующим законодательством.

4.3 При планировании проведения испытаний необходимо учитывать ограничения области применения сейсмоакустических методов, приведенные в приложении В.

4.4 Контроль сплошности бетона и длины свай может выполняться следующими методами:

- стандартный метод [см. рисунок 1 а)] для свай, не связанных с ростверком;
- метод обследования свай, объединенных с ростверком [см. рисунок 1 б)];
- метод профилирования с общим пунктом возбуждения сигнала (далее — профилирование ОПВ) [см. рисунок 1 в)], описанный в приложении Г;
- параллельный сейсмический метод (ПСМ) [см. рисунок 1 г)], описанный в приложении Д;
- метод анализа частотной характеристики, описанный в приложении Е.



а) Стандартная методика б) Обследование сваи в составе ростверка в) Профилирование ОПВ г) ПСМ

△ — приемник; ▽ — источник; ⟶ — траектории распространения упругих волн;
▭ — железобетон; □ — скважина

Рисунок 1 — Методы сейсмоакустического контроля длины и сплошности свай (см. [1])

4.5 Количество свай в составе свайного фундамента, подлежащих контролю сейсмоакустическими методами, следует определять в соответствии с СП 45.13330 и СП 46.13330.

4.6 Результаты испытаний сейсмоакустическими методами оформляют в виде технического отчета, заключения или протокола.

5 Оборудование для проведения испытаний

5.1 Комплект оборудования для проведения контроля свай сейсмоакустическим методом должен включать в себя набор ударных источников, электронный блок регистрации данных и датчик, измеряющий ускорение или скорость смещения частиц оголовка сваи.

5.2 Необходимо применять несколько, но не менее двух, ударных источников различной массы, с различным материалом бойка. Подбор ударных источников по массе и материалу бойка следует проводить согласно 7.4.

5.3 Электронный блок выполняет регистрацию, хранение, визуализацию и, при необходимости, предварительную обработку сигналов. Разрядность аналого-цифрового преобразователя оборудования для регистрации данных должна быть не менее 12 бит, частота дискретизации — не менее 25 000 Гц. Комплект оборудования должен проводить визуализацию сигналов сразу после регистрации. Конструкцией электронного блока должна быть предусмотрена передача зарегистрированных данных на устройство постоянного хранения информации.

Примечание — Для проведения испытаний с использованием метода анализа частотной характеристики (см. приложение Е) ударный источник должен быть оснащен датчиком, измеряющим силу удара в зависимости от времени и передающим записанный сигнал на электронный блок регистрации (см. [2]).

5.4 Применяемое оборудование должно обладать инструментами метрологического подтверждения работоспособности электронного блока регистрации данных и датчика.

6 Подготовка к проведению испытаний

6.1 Перед проведением испытаний следует выполнить осмотр оголовка сваи. Рекомендуется измерить фактические размеры оголовка сваи и определить состояние поверхности бетона оголовка, однородность структуры бетона, наличие бетонной подготовки, толщину подготовки.

6.2 Проводить испытания буронабивных свай при наличии в верхней части сваи шламового слоя и забивных свай при наличии сквозных трещин в оголовке не допускается. Испытуемая свая должна быть срублена до отметки, соответствующей бетону с ненарушенной сплошностью.

Примечание — Наличие арматурных выпусков может приводить к снижению отношения сигнал/помеха и усложнять интерпретацию зарегистрированных данных, поэтому места установки датчиков и места приложения ударной нагрузки следует выбирать удаленно от выпусков арматуры.

6.3 Для проведения испытаний необходимо обеспечить доступ к оголовку сваи и условия для установки регистрирующих датчиков и возбуждения сигнала.

6.4 На каждые 0,2 м^2 площади оголовка сваи необходимо подготовить не менее одной площадки для установки датчика. Площадки должны быть распределены по площади оголовка, выровнены с помощью угловой шлифовальной машины и очищены от грунта, пыли, жидкости, льда и других посторонних материалов.

Примечание — Для проведения испытаний сваи, включенной в состав ростверка или существующего сооружения, должен быть обеспечен доступ к обследуемой свае для установки датчика. В случае, если датчик не оборудован специализированным креплением, позволяющим надежно зафиксировать его соосно свае, на боковой поверхности конструкции подготавливают штрабу, габариты которой достаточны для приема и возбуждения сигнала.

7 Методика проведения испытаний

7.1 Испытания следует проводить не ранее чем через 7 сут после окончания бетонирования конструкции. В отдельных случаях по согласованию с проектной организацией допускается проводить испытания до достижения 7 сут после окончания бетонирования, но не ранее 3 сут после окончания бетонирования конструкции.

7.2 Перед проведением испытаний необходимо выполнить коммутацию оборудования и проверить его работоспособность согласно предоставленным изготовителем оборудования инструкциям.

7.3 Датчик следует устанавливать на оголовок сваи на предварительно подготовленную площадку таким образом, чтобы измерительная ось датчика была параллельна оси сваи. Для каждой точки приема необходимо выбрать не менее трех точек возбуждения сигнала и с помощью ударного источника выполнить не менее пяти ударов по оголовку конструкции в соответствии с [1]. Количество площадок для установки датчика (точек приема) установлено в 6.4.

Примечание — Дополнительные сведения приведены в [2].

7.4 Количество используемых ударных источников должно составлять не менее двух. Массу и материал ударников принимают в зависимости от конкретных условий на основании пробных испытаний. Следует обеспечить регистрацию сигнала с разрешенными по времени моментом удара и моментом прихода отраженной волны с применением не менее одного из выбранных ударных источников.

7.5 При проведении испытаний сваи, включенной в состав ростверка или существующего сооружения, установка датчика и нанесение удара могут осуществляться одним из следующих способов:

- возбуждение и прием сигнала с поверхности ростверка при известном положении сваи в составе ростверка и мощности ростверка менее 1,0 м [см. рисунок 2 а)];
- прием сигнала с помощью установленной на сваю внешней консоли и возбуждение сигнала с поверхности ростверка или со штрабы, выполненной на боковой поверхности сваи [см. рисунок 2 б)];
- возбуждение и прием сигнала с поверхности штрабы, вырезанной на боковой поверхности сваи под ростверком [см. рисунок 2 в)];
- установка на боковую поверхность сваи датчика со специализированным креплением с возбуждением сигнала с верхней или нижней поверхности ростверка [см. рисунок 2 г)].

Выбор сваи под ростверком, в которой допустимо без риска снижения надежности эксплуатируемого сооружения устраивать штрабу, размер и положение штрабы, должны быть согласованы проектной организацией или заказчиком работ по исследованиям.

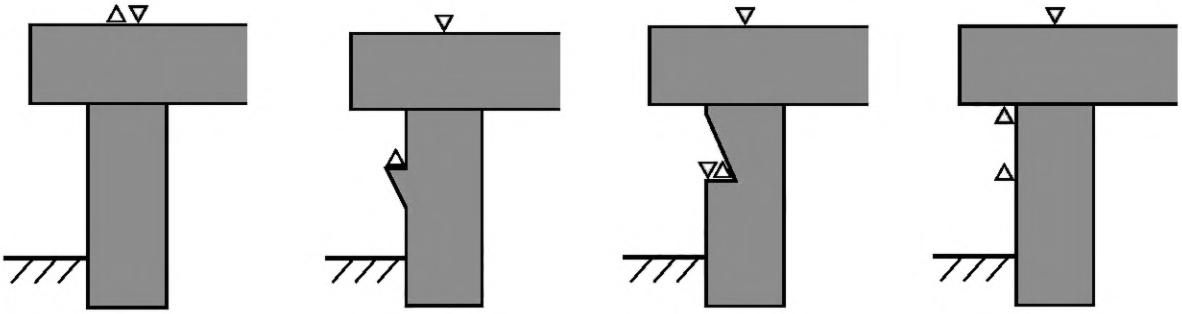


Рисунок 2 — Схемы взаимного расположения источника и приемника при обследовании сваи в составе ростверка

7.6 Каждый зарегистрированный сигнал должен быть снабжен данными об идентификаторе (номере) испытуемой сваи, дате и времени проведения испытаний, применяемом ударном источнике и комментариями (при необходимости), содержащими дополнительную информацию о свае и испытаниях.

8 Обработка и интерпретация данных

8.1 Для каждой из обследованных свай выполняется сортировка сейсмоакустических сигналов с учетом использованного ударного источника для последующего совместного анализа.

8.2 После сортировки данных к ним применяют процедуры обработки для подготовки к интерпретации. Методика обработки зарегистрированных сигналов и способы задания скорости упругих волн приведены в приложении А.

Примечание — При обработке данных рекомендуется выделять сваи, для которых выбранные значения усиления, фильтрации или скорости значительно отличаются от средних значений параметров обработки, установленных для других свай на объекте испытаний.

8.3 Результаты измерений следует представлять в виде совокупностей сигналов или в виде результата их усреднения с указанием идентификаторов исследованных свай, типа использованных ударных источников и отметок моментов прихода целевых отраженных волн.

8.4 Для определения длины и сплошности сваи необходимо выделить (если это возможно) на полученных в результате обработки сигналах импульсы, отраженные от нижнего конца сваи и нарушения сплошности бетона сваи (при наличии).

Примечание — Разрешающая способность метода и достоверность интерпретации данных метода зависят от соотношения сигнал/помеха. В случае низкого соотношения сигнал/помеха однозначное определение длины и контроль сплошности сваи по данным сейсмоакустических методов могут быть затруднены или невозможны.

8.5 Длину сваи или расстояние до источника акустической аномалии при работе с данными во временно́й области [см. рисунок 3 б)] определяют по формуле

$$L = (V \cdot \Delta t)/2, \quad (1)$$

где L — длина сваи/расстояние до источника акустической аномалии, м;

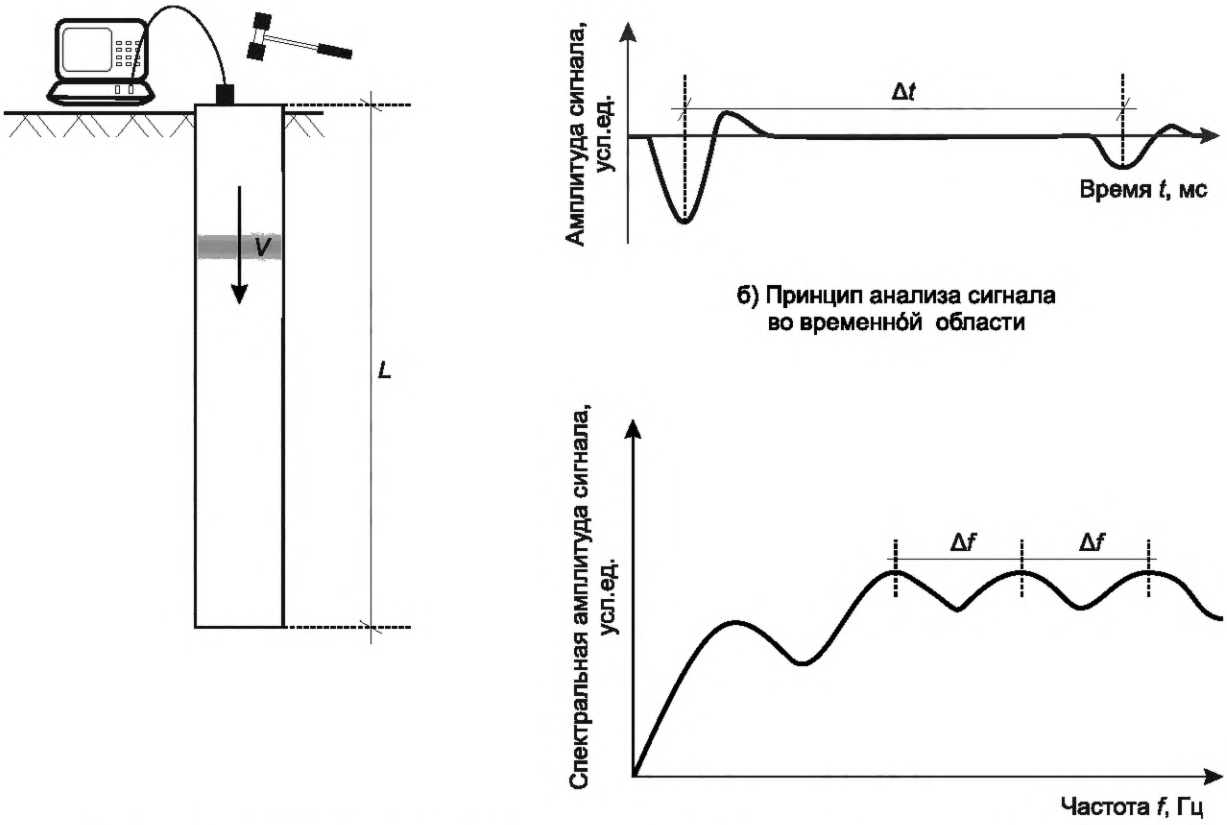
V — скорость стержневой волны в теле сваи, м/с;

Δt — интервальное время от момента удара до прихода отраженной волны, мс.

При наблюдении на спектре зарегистрированного сигнала ярко выраженных резонансных пиков [см. рисунок 3 в)] длину сваи или расстояние до источника акустической аномалии допускается определять по формуле

$$L = V/2\ \Delta f, \quad (2)$$

где Δf — среднее расстояние между соседними резонансными пиками, Гц.



а) Схема сейсмоакустического контроля свай

б) Принцип анализа сигнала во временно́й области

в) Принцип анализа сигнала в частотной области

Рисунок 3

8.6 Интерпретацию данных следует выполнять в соответствии с приложением Б с учетом приложения В.

9 Оформление результатов испытаний

9.1 Результаты испытаний следует оформлять в виде одного из следующих документов: технического отчета, заключения, протокола по результатам испытаний.

9.2 Результаты испытаний должны содержать:

а) сведения об объекте испытаний:
   1) наименование, местоположение, краткое описание объекта испытаний,
   2) информацию об инженерно-геологических условиях (рекомендуется);

б) сведения об испытуемых сваях согласно исполнительной или проектной документации:
   1) идентификацию (номер или условное обозначение) испытуемых свай,
   2) схему расположения свай,
   3) тип и размеры свай (длина и диаметр),
   4) абсолютные отметки верха бетона свай в момент проведения испытаний,
   5) информацию о материале свай,
   6) длину секций (для составных свай);

в) сведения о применяемом оборудовании;

г) сведения о применяемом методе сейсмоакустического контроля;

д) результаты испытаний:
   1) обработанные сигналы во временно́й и/или частотной области с указанием используемых ударных источников и выбранного значения скорости волны,
   2) сейсмограммы профилирования ОПВ (для испытаний по методике профилирования или параллельного сейсмического метода) с выделенными годографами упругих волн,

3) заключение о длине и сплошности бетона испытуемых свай;

е) копию свидетельства о допуске к видам работ в составе инженерных изысканий, влияющих на безопасность объектов капитального строительства;

ж) копию документа, подтверждающего наличие допуска к работам в области инженерных изысканий, и/или аттестат аккредитации испытательной лаборатории.

10 Техника безопасности и охрана труда

10.1 Все работы следует выполнять в соответствии с требованиями [3].

10.2 Ограждение строительной площадки и проходы на нее должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ Р 12.3.053.

10.3 При проведении исследований в предварительно подготовленных шурфах должна быть обеспечена их устойчивость для предотвращения вывалов грунта, а также предусмотрены мероприятия, исключающие попадание в шурф воды, в соответствии с СП 45.13330.

10.4 Все работающие на строительной площадке сотрудники должны быть в защитной каске и спецодежде, в случае производственной необходимости — использовать средства индивидуальной защиты.

10.5 Перед началом работ в условиях производственного риска необходимо выделить опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные или не связанные с характером выполняемых работ.

10.6 Если испытания проводят на действующей строительной площадке, все сотрудники до начала работ должны быть проинструктированы по технике безопасности ответственным представителем заказчика, отвечающим за безопасную организацию работ на данной строительной площадке.

Приложение А
(рекомендуемое)

Методика обработки данных

А.1 Обработка зарегистрированных сигналов должна состоять из следующих основных этапов:

- интегрирование (в случае использования датчика, измеряющего ускорение смещения частиц оголовка сваи);
- контроль качества данных и удаление сигналов неудовлетворительного качества;
- амплитудная коррекция (усиление) — компенсация ослабления сигнала, связанного с потерями энергии возбужденного импульса.

Примечание — Рекомендуется подбирать параметры усиления сигнала таким образом, чтобы амплитуда импульса, соответствующего отражению от нижнего торца сваи, была близка к амплитуде импульса, отвечающего моменту возбуждения волн;

- частотная фильтрация данных (при необходимости) — отделение полезного сигнала от помех и увеличение отношения сигнал/помеха с использованием преобразования Фурье;
- усреднение сигналов (в том числе с помощью двумерной сглаживающей фильтрации);
- определение времени нанесения удара и прихода отраженной волны от нижнего торца сваи/источника акустической аномалии.

Примечание — Для определения времени регистрации целевых импульсов (акустических аномалий, отражения от нижнего конца) рекомендуется выделять их точки экстремума;

- расчет длины сваи и расстояния до акустических аномалий.

Примечание — При необходимости могут быть применены дополнительные средства обработки (вейвлет-анализ и др.). В этом случае применяемые процедуры должны быть описаны в отчете.

А.2 Расчет длины сваи и расстояния до акустических аномалий выполняют по формуле (1). При работе с данными в частотной области применяют формулу (2).

А.3 Скорость распространения упругих волн в свае следует принимать постоянной и определять одним из следующих способов:

- в соответствии с измерениями на сваях с известной длиной;
- по результатам измерений, выполненных по методике профилирования ОПВ;
- с учетом априорной информации о диапазонах изменения скорости распространения упругих волн для конструкций со схожими параметрами геометрии и материала;
- с применением рекомендованных диапазонов значений средней скорости распространения упругих волн согласно А.4.

А.4 В качестве значений средней скорости распространения упругих волн в зависимости от материала допускается использовать следующие диапазоны значений:

- для железобетона 3500—4500 м/с (при наличии информации о классе бетона свай по прочности: бетон классов В20—В35 — 3600—4100 м/с; бетон классов В35 и выше — 4100—4500 м/с);
- металл — 4800—5200 м/с;
- дерево — по результатам измерений скорости на сваях с известной длиной.

Примечание — В случае заполнения внутренней полости стальных свай бетоном и другими материалами скорость распространения упругих волн в свае может быть уточнена по результатам измерений на сваях с известной длиной или по результатам измерений, выполненных по методике профилирования ОПВ (ультрасейсмическим методом).

Приложение Б
(обязательное)

Методика интерпретации данных

Б.1 Интерпретацию данных следует проводить с привлечением сигналов, собранных с применением различных ударных источников, в соответствии со следующими требованиями:

- на полученных в результате обработки сигналах необходимо выделить отражения от нижнего конца сваи и нарушений сплошности бетона сваи (при наличии);
- полученные в результате обработки данные должны быть сопоставлены с набором типовых сигналов для выделения характерных особенностей (см. рисунок Б.1);
- глубина выделенных акустических аномалий должна быть сопоставлена с положением известных границ инженерно-геологических элементов;
- при интерпретации рекомендуется учитывать результаты обследования всех испытанных на объекте свай.

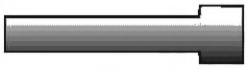
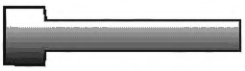
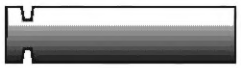
Б.2 При выполнении сплошного контроля сплошности свай и при задании единого значения скорости распространения волн возможен расчет для всех исследованных свай параметра Extra Length Ratio (ELR):

$$\mathbf{ELR} = \frac{L_{изм} - L_{план}}{L_{план}} \cdot \mathbf{100\ \%}, \qquad (Б.1)$$

где $L_{изм}$ — длина сваи, определенная в ходе испытаний;

$L_{план}$ — ожидаемая (проектная) длина сваи.

Б.3 Анализ гистограммы распределения обследованных свай в зависимости от значений ELR позволяет проверить корректность выбора значений стержневой скорости по смещению центрального пика гистограммы вне диапазона ELR (–10 %; 10 %). Сваи, для которых значение параметра располагается вне диапазона (–10 %; 10 %), рекомендуются для дополнительного анализа сигналов во временно́й и частотной областях для уточнения причин отклонения определенных длин от проектных.

Профиль сваи	Описание	Регистрируемый сигнал
	Свая проектной длины с постоянным сечением	
	Свая проектной длины с постоянным сечением, опирающаяся на грунты повышенной акустической жесткости	
	Свая с постоянным сечением, длина которой не соответствует проекту	
	Свая проектной длины с увеличением акустического импеданса в нижней части	
	Свая проектной длины со снижением акустического импеданса в нижней части	
	Свая проектной длины со снижением акустического импеданса в верхней части	
	Свая проектной длины с увеличением акустического импеданса в верхней части	
	Свая проектной длины с локальным увеличением акустического импеданса	
	Свая проектной длины с локальным снижением акустического импеданса	
	Свая проектной длины с локальным увеличением акустического импеданса в верхней части	
	Свая проектной длины с локальным снижением акустического импеданса в верхней части	
	Свая проектной длины с локальным снижением акустического импеданса вблизи оголовка	
	Свая проектной длины с нерегулярным профилем	

— проектные отметки верхнего и нижнего конца сваи

Рисунок Б.1 — Типовые сейсмоакустические сигналы, полученные в результате численного моделирования (см. [1])

Приложение В
(справочное)

Возможности и ограничения сейсмоакустических методов

В.1 Сейсмоакустические методы позволяют обнаруживать и локализовывать по глубине значительные неоднородности ствола сваи, резкие изменения поперечного сечения сваи, а также включения инородного материала в бетоне.

В.2 В случае повышенных значений акустической жесткости вмещающей среды (скальные грунты, плотные глины и др.) и/или повышенных значений отношения длина/диаметр испытуемой сваи не всегда возможно выделение отражения от нижнего конца сваи.

В.3 Сейсмоакустические методы не позволяют:

- контролировать длину и сплошность свай с ненормируемыми по размерам сечения и материалу характеристиками (свай-РИТ; CFA-свай в неоднородных грунтах; грунтоцементных свай).

Примечание — Методы допускается применять для обследования конструкций указанного типа при соответствующем обосновании в программе работ. Обследование грунтоцементных свай сейсмоакустическими методами допускается выполнять с учетом СП 291.1325800.2017 (приложение Д);

- определить сплошность сваи ниже первой значительной акустической аномалии;
- обнаружить нарушения сплошности у нижнего конца сваи (на участке в пределах ≈10 % длины сваи);
- определить геометрические размеры и физические свойства нарушений сплошности.

Приложение Г
(справочное)

Метод сейсмоакустического профилирования с общим пунктом возбуждения сигнала

Г.1 Метод сейсмоакустического профилирования с общим пунктом возбуждения сигнала (профилирование ОПВ, ультрасейсмический метод) применяют для оценки длины и сплошности:

- свай, включенных в состав ростверка;
- свай, доступ к оголовку которых не может быть обеспечен, а также при низкой достоверности результатов контроля с использованием стандартной методики.

Г.2 Для проведения испытаний необходимо обеспечить доступ к участку боковой поверхности сваи протяженностью не менее 2 м с обеспечением возможности установки датчика в нескольких уровнях согласно 7.5.

Г.3 Комплект оборудования для проведения испытаний должен включать в себя систему синхронизации момента нанесения удара и запуска регистрации сигнала.

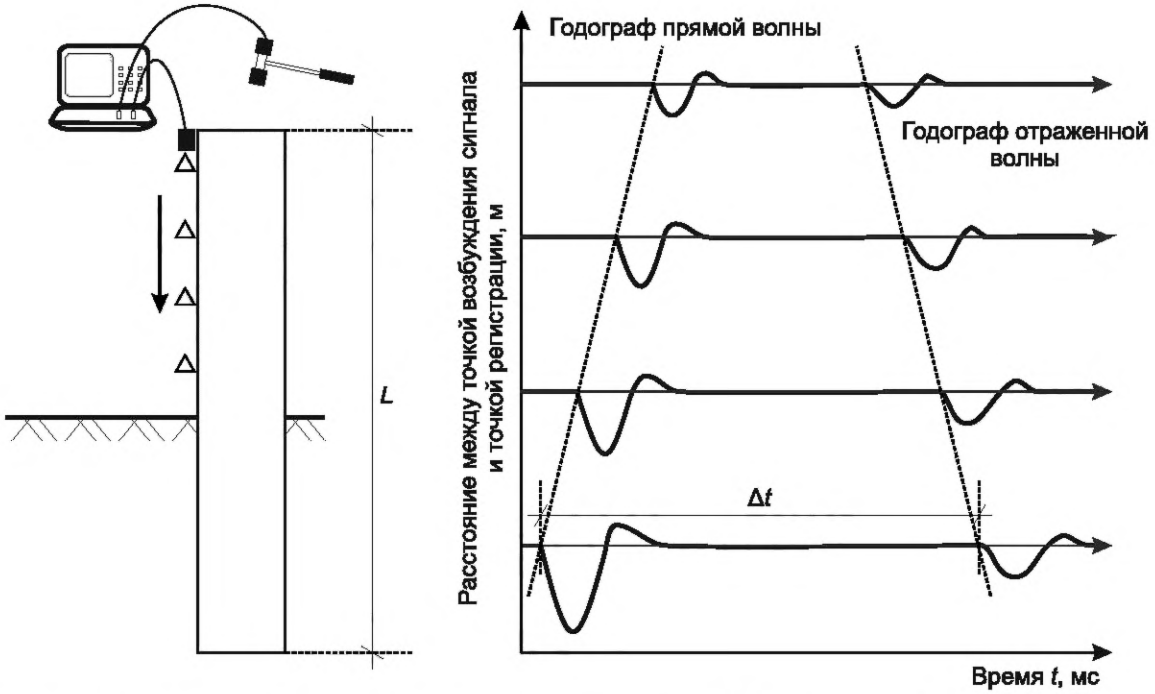
Г.4 При проведении испытаний по методике профилирования ОПВ:

а) положение точки нанесения удара должно оставаться неизменным. Удар следует наносить по поверхности оголовка конструкции или по специально подготовленной площадке на боковой грани конструкции;

б) установку приемника следует осуществлять не менее чем в пяти точках, расстояние между которыми должно составлять от 30 см и более [см. рисунок Г.1 а)]. Для каждого положения приемника необходимо регистрировать серию накоплений;

в) зарегистрированные при профилировании усредненные сигналы после этапа сортировки и отбраковки данных визуализируются совместно в виде сейсмограммы профилирования ОПВ [см. рисунок Г.1 б)]. Для каждого сигнала в составе сейсмограммы выделяют времена прихода (годографы) прямой (распространяющейся от точки возбуждения сигнала до точки регистрации) и отраженной волн;

г) по годографу прямой волны следует определять скорость волны в теле сваи, по годографу отраженной волны — время прихода целевого отражения для использования по формуле (1).



а) Методика профилирования с общим пунктом возбуждения

б) Сейсмограмма профилирования ОПВ

Рисунок Г.1

Приложение Д
(справочное)

Параллельный сейсмический метод

Д.1 ПСМ применяют для оценки длины свай и других заглубленных железобетонных конструкций, в том числе:

- свай, включенных в состав ростверка;
- свай, доступ к оголовку которых не может быть обеспечен, а также при низкой достоверности результатов контроля с использованием стандартной методики.

Д.2 Для проведения испытаний на расстоянии не более 2,0 м от испытуемой сваи необходимо пробурить скважину, глубина которой должна превышать предполагаемую глубину заложения фундамента не менее чем на 3—4 м. Допускается использование полимерных обсадных труб (диаметр труб определяют исходя из габаритов скважинного зонда).

Примечания

1 Для исключения погрешности измерений, связанной с отклонением траектории скважины от вертикали с глубиной, рекомендуется проведение инклинометрических измерений.

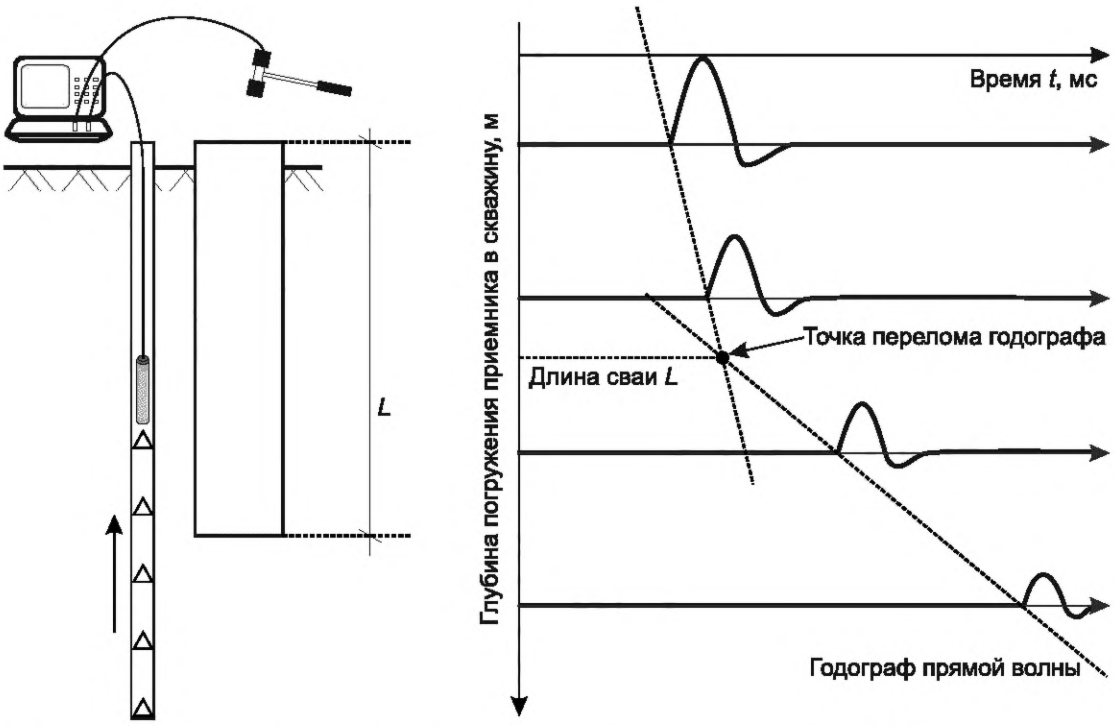
2 Рекомендуется устройство скважины на минимально возможном расстоянии от испытуемой конструкции.

Д.3 Комплект оборудования для проведения испытаний должен включать в себя систему синхронизации момента нанесения удара и запуска регистрации сигнала.

Д.4 В качестве приемника рекомендуется применять скважинный приемник-геофон, оснащенный прижимным устройством, или скважинный приемник-гидрофон.

Д.5 При проведении испытаний параллельным сейсмическим методом:

а) приемник перемещается с фиксированным шагом вдоль оси скважины, начиная от ее нижней отметки [см. рисунок Д.1 а)]. Расстояние между точками измерений не должно превышать 0,5 м. Для каждого положения приемника необходимо регистрировать серию накоплений;



а) Методика параллельного сейсмического метода

б) Сейсмограмма профилирования ОПВ для методики ПСМ

Рисунок Д.1

б) зарегистрированные усредненные сигналы после этапа сортировки и отбраковки данных визуализируются совместно в виде сейсмограммы профилирования ОПВ [см. рисунок Д.1 б)]. На сейсмограммах выделяется годограф прямой волны, на котором по точке перелома/снижения кажущейся скорости отмечается подошва испытуемой конструкции;

в) для учета погрешности в определении времени прихода прямой волны за задержку регистрации момента возбуждения сигнала блоком управления возможно расположение дополнительного контрольного датчика на расстоянии порядка 3—4 м от точки возбуждения сигнала.

Приложение Е
(справочное)

Метод анализа частотной характеристики/спектра мобильности

Е.1 Для проведения испытаний сваи методом анализа частотной характеристики (спектра мобильности) ударный источник должен быть оснащен датчиком, измеряющим силу удара в зависимости от времени (см. 5.3).

Примечание — Дополнительные сведения приведены в [2].

Е.2 В качестве параметра, характеризующего сваю, после этапа сортировки и отбраковки данных рассчитывают кривую мобильности («спектр механического адмиттанса») *M(f)* по формуле

$$M(f) = S(f)/F(f), \quad (E.1)$$

где $S(f)$ — спектр зарегистрированного усредненного сигнала;

$F(f)$ — спектр силовой характеристики ударного импульса, записанный датчиком, установленным на ударном источнике.

Е.3 Спектр мобильности *M(f)* анализируется в частотном окне 0—800 Гц на предмет наличия резонансных пиков, по среднему расстоянию между которыми Δf по формуле (2) определяют длину сваи/расстояние до источника акустической аномалии.

Е.4 Для кривой мобильности возможно рассчитывать следующие параметры:

- среднее значение мобильности в частотном диапазоне 100—800 Гц M_{av};
- угол наклона кривой мобильности в полосе частот 0—40 Гц, «динамическая жесткость» K_d.

Сваи, для которых рассчитанные значения M_{av} и K_d значительно отличаются от средних значений параметров, установленных для других свай на объекте испытаний, рекомендуется выделять для детального анализа.

Библиография

[1] Руководство по контролю качества скрытых работ геофизическими методами при строительстве подземных объектов, включая объекты метрополитена, на территории Москвы. — М.: Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, 2021. — 113 с.

[2] ASTM D5882—16 Стандартный метод испытаний для контроля сплошности глубоких фундаментов методом возбуждения малых напряжений (Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations)

[3] Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 г. № 883н «Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте»

УДК 620.179.17: 624.154:006.354 ОКС 91.200, 93.020

Ключевые слова: свайные фундаменты, методы испытаний, контроль сплошности бетона, определение длины свай, дефектоскопия, неразрушающий контроль, сплошность бетона

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 03.07.2025. Подписано в печать 10.07.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru