

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
ФГУП «ВНИИОФИ»



И.С. Филимонов

« 04 » 2022 г.

**«ГСИ. Приборы для контроля свай Pundit PI8000.
Методика поверки»**

МП 014.Д4-22

Главный метролог
ФГУП «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода
« 11 » 04 2022 г.

Главный научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»

В.Н. Крутиков
« 04 » 2022 г.

Москва
2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений.....	3
3 Требования к условиям проведения поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	5
7 Внешний осмотр средства измерений.....	5
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
9 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	6
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	6
11 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	12
12 Оформление результатов поверки.....	16
Приложение А	17
Приложение Б.....	21

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок приборов для контроля свай Р18000 (далее – приборы).

1.2 Приборы предназначены для измерений интервалов времени распространения звуковых и ультразвуковых колебаний в бетоне и длины свай.

1.3 По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 2-2021 в соответствии с государственной поверочной схемой (далее - ГПС), утверждённой приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (далее - Росстандарт) от 29.12.2018 г. № 2840 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм», к ГЭТ 1-2018 в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 31.07.2018 г. № 1621 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты». Поверка прибора выполняется методом прямых измерений.

1.4 Метрологические характеристики прибора указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины свай (при скорости 3400 м/с), м	от 0,85 до 48,45
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений длины свай (при скорости 3400 м/с), %	
- в диапазоне от 0,85 до 8,50 м включ.	±5,0
- в диапазоне св. 8,50 до 48,45 м	±0,5
Диапазон измерений интервалов времени, мс	от 0,5 до 28,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений интервалов времени, %	
- в диапазоне от 0,5 до 5,0 мс включ.	±5,0
- в диапазоне св. 5,0 до 28,0 мс	±0,5

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции первичной и периодической поверок

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений		-	10
Определение диапазона и относительной погрешности измерений интервалов времени и длины свай	да	да	10.1
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2.3 Поверка прибора прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, а прибор признают не прошедшим поверку.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа;
- напряжение переменного тока (220 ± 20) В;
- частота переменного тока (50 ± 1) Гц.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 Лица, допускаемые к проведению поверки, должны пройти обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений, изучить устройство и принцип работы средств поверки по эксплуатационной документации.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяются средства, указанные в таблице 3.

5.2 Средства поверки должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке.

5.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого прибора с требуемой точностью.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.3 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С;</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с погрешностью не более ± 3 %;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 96 до 104 кПа с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа;</p> <p>Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 195 до 245 В с относительной погрешностью не более ± 1 %;</p> <p>Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 45 до 55 Гц с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,1$ Гц.</p>	<p>Измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп», рег. № 32014-06;</p> <p>Мультиметр цифровой U1241B, рег. № 41432-10</p>
п. 10.1 Определение диапазона и относительной погрешности	Эталоны единицы времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и	Генератор сигналов сложной формы AFG3022 (далее – генератор). Рег. № 32620-06

измерений интервалов времени и длины сваи	метрологии № 1621 от 31.07.2018 г. в диапазоне частот генерируемых сигналов синусоидальной формы от 1 до 4 кГц с относительной погрешностью установки частоты ± 1 ppm и в диапазоне устанавливаемых амплитуд различных форм сигнала на нагрузке 50 Ом (размах) от 10 мВ до 1,0 В с абсолютной погрешностью установки амплитуды $\pm (1\% \text{ от величины } +1 \text{ мВ})$.	
п. 10.1 Определение диапазона и относительной погрешности измерений интервалов времени и длины сваи	Средства измерений длины по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2840 от 29.12.2018 г., применяемые в качестве эталона (с указанием наименований эталонов согласно локальной поверочной схеме и обозначения документа, ее содержащей) в диапазоне измерений расстояний от 0,05 до 4,00 м с абсолютной погрешностью $\pm 1,0$ мм.	Дальномер лазерный Leica DISTO X310 (далее – дальномер). Рег. № 55021-13
Вспомогательное оборудование		
п. 10.1	Приведены в приложении Б.	Импактор поверочный
	Сваи квадратного сплошного сечения цельные типа С или СЦ без наконечника по ГОСТ 19804-2021. Диапазон значений длины от 1 до 3 м. Скорость распространения ультразвуковых колебаний 3400 м/с.	Две бетонные сваи (опорная и контрольная)

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Работа с прибором и средствами поверки должна проводиться согласно требованиям безопасности, указанным в их нормативно-технической и эксплуатационной документации.

6.2 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности согласно ГОСТ 12.3.019-80.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие приборов следующим требованиям:

- комплектность прибора должна соответствовать его руководству по эксплуатации (далее – РЭ);
- должны отсутствовать явные механические повреждения, влияющие на работоспособность прибора;
- должна присутствовать маркировка приборов.

7.2 Прибор считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если соответствует требованиям, приведенным в пункте 7.1.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Если прибор и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, то их выдерживают при этих условиях не менее часа, или времени, указанного в эксплуатационной документации.

8.2 Подготовить прибор и средства поверки к работе в соответствии с их РЭ.

8.3 Провести контроль условий поверки, используя средства измерений, удовлетворяющие требованиям, указанным в таблице 3.

8.4 Включить датчик, нажав и удерживая кнопку включения. Включить планшетный компьютер, удерживая кнопку включения.

8.4.1 После включения планшетного компьютера, запустить приложение «Pundit Impact», нажав на соответствующую иконку в списке приложений.

8.4.2 На открывшемся главном экране приложения, нажать кнопку «Probe».

8.4.3 На открывшемся экране «Wireless Probe» отобразится список «AVAILABLE» с доступными для подключения датчиками. Выбрать из списка «AVAILABLE» необходимый датчик по его заводскому номеру, нажав кнопку «Connect».

8.5 Нажать кнопку «< Home», затем кнопку «Create New (+)».

8.5.1 Установить датчик прибора на бетонную поверхность контрольной или опорной сваи, плотно прижав к ней приёмную поверхность датчика. Необходимо удерживать датчик прибора на бетонной поверхности сваи до тех пор, пока не будет нажата кнопка завершения измерений.

8.5.2 На экране планшетного компьютера нажать кнопку записи сигналов «(●)».

8.5.3 Ударить импактором из комплекта прибора по бетонной поверхности контрольной или опорной сваи, на которую установлен датчик.

8.6 После появления сигналов на временной развертке на экране планшетного компьютера нажать кнопку завершения измерений «(■)».

8.7 Прибор считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если на временной развертке на экране планшетного компьютера присутствуют сигналы.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Включить планшетный компьютер, удерживая кнопку включения.

9.2 После включения планшетного компьютера, запустить приложение «Pundit Impact», нажав на соответствующую иконку в списке приложений.

9.3 После загрузки ПО нажать кнопку «About». Прокрутить экран вниз до упора.

9.4 Прочитать номер версии ПО в правом нижнем углу экрана. Проверить идентификационные данные ПО на соответствие значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО в ультразвуковом режиме

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Pundit Impact
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.2
Цифровой идентификатор ПО	-

9.5 Прибор считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО прибора соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона и относительной погрешности измерений интервалов времени и длины свай

10.1.1 Измерить дальномером длину контрольных (опорных) бетонных свай. Измерения выполнить десять раз, рассчитать среднее арифметическое значение согласно пункту 11.1.1.

10.1.2 Включить датчик, нажав и удерживая кнопку включения. Включить планшетный компьютер, удерживая кнопку включения.

10.1.3 После включения планшетного компьютера, запустить приложение «Pundit Impact», нажав на соответствующую иконку в списке приложений.

10.1.4 На открывшемся главном экране приложения, нажать кнопку «Probe».

10.1.5 На открывшемся экране «Wireless Probe» отобразится список «AVAILABLE» с доступными для подключения датчиками. Выбрать из списка «AVAILABLE» необходимый датчик по его заводскому номеру, нажав кнопку «Connect».

10.1.6 Нажать кнопку «< Home», затем кнопку «Create New (+)».

10.1.7 Нажать кнопку «⚙️». Изменить значения параметров на панели меню в соответствии с таблицей, представленной ниже.

Название списка параметров	Наименование параметра	Значение параметра
Measuring Presets	Mode	Pile Integrity
Waveform Processing	Velocity (m/s)	3400
	Time Gain Compensation (dB/ms)	0
	High Pass Filter (Hz)	Off
	Low Pass Filter (Hz)	Off
Auto Detection	Top & Bottom	On
Preferences	Units	Metric

10.1.8 Нажать кнопку «i» для активации вкладки «Info i». Для параметра «Expected Length (m)» установить значение соответствующее среднему арифметическому значению длины опорной сваи (для сваи с большей длиной), измеренному дальномером.

10.1.9 Скрыть панель меню, нажав кнопку «x».

10.1.10 Установить датчик прибора на торцевую поверхность опорной сваи, плотно прижав к ней приёмную поверхность датчика. Необходимо удерживать датчик прибора на торцевой поверхности до тех пор, пока не будет нажата кнопка завершения измерений.

10.1.11 На экране планшетного компьютера нажать кнопку записи сигналов «●».

10.1.12 Ударить импактором из комплекта прибора по торцевой поверхности опорной сваи, на которую установлен датчик. После появления графика с сигналами на временной развертке на экране планшетного компьютера повторить удар импактором. На экране планшетного компьютера добавится ещё один график с сигналами (отображается серым цветом) и усредненный график по двум ударам (отображается желтым цветом). Повторить операцию ещё три раза для того, чтобы на экране планшетного компьютера отобразился усредненный график по пяти ударам, затем нажать кнопку завершения измерений «■» (рисунок 1).

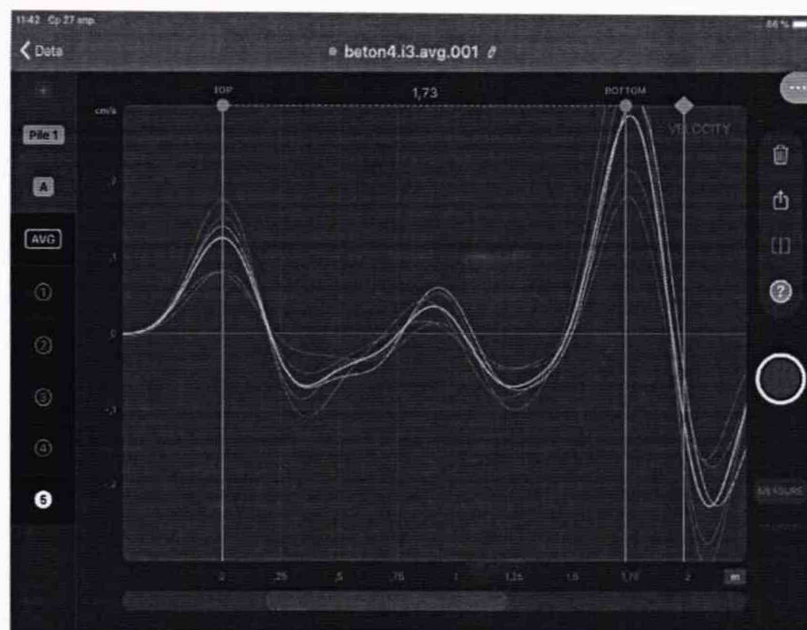


Рисунок 1

10.1.13 Нажать кнопку «**AVG**», чтобы на временной развертке оставался только усредненный график по пяти ударам (рисунок 2).

10.1.14 Увеличить масштаб временной развертки до максимума при помощи жеста «разведения пальцев».

10.1.15 Установить курсор «ТОР» на максимум первого сигнала.

10.1.16 Установить курсор «БОТТОМ» на максимум сигнала, отраженного от противоположной торцевой поверхности опорной сваи, как показано на рисунке 2.

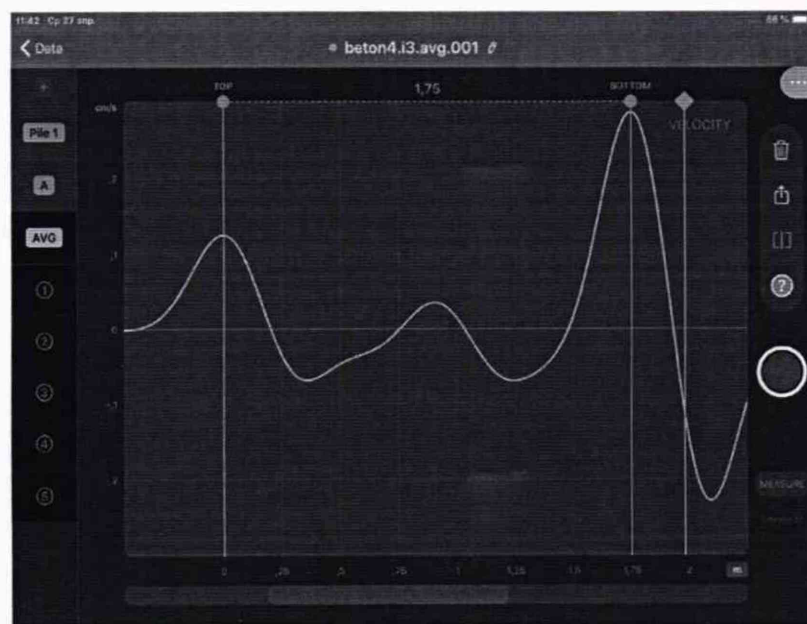



Рисунок 2

10.1.17 Нажать кнопку «**...**» для открытия меню, затем нажать кнопку «**⚙️**». В списке параметров выбрать «Waveform Processing» и нажать кнопку «Calibrate» в строке «Auto Velocity». После этого, курсоры «БОТТОМ» и «VELOCITY» на временной развертке должны совпасть, и значение параметра «Velocity (m/s)» изменится.

10.1.18 Установить датчик прибора на торцевую поверхность контрольной сваи (с меньшей длиной), плотно прижав к ней приёмную поверхность датчика. Необходимо

удерживать датчик прибора на торцевой поверхности до тех пор, пока не будет нажата кнопка завершения измерений.

10.1.19 На экране планшетного компьютера нажать кнопку записи сигналов «».



10.1.20 Ударить импактором из комплекта прибора по торцевой поверхности контрольной сваи, на которую установлен датчик. После появления графика с сигналами на временной развертке на экране планшетного компьютера повторить удар импактором. На экране планшетного компьютера добавится ещё один график с сигналами (отображается серым цветом) и усредненный график по двум ударам (отображается желтым цветом). Повторить операцию ещё три раза для того, чтобы на экране планшетного компьютера отобразился усредненный график по пяти ударам, затем нажать кнопку завершения измерений «».

10.1.21 Увеличить масштаб временной развертки до максимума при помощи жеста «разведения пальцев».

10.1.22 Установить курсор «TOP» на максимум первого сигнала.

10.1.23 Установить курсор «BOTTOM» на максимум сигнала, отраженного от противоположной торцевой поверхности контрольной сваи. Вверху экрана между курсорами «TOP» и «BOTTOM» отобразится измеренное значение длины контрольной сваи. Зафиксировать измеренное значение длины контрольной сваи.



10.1.24 Измерения по пунктам 10.1.18 – 10.1.23 повторить 10 раз.


10.1.25 Нажать кнопку «» для открытия меню, затем нажать кнопку «». В списке параметров выбрать «Waveform Processing» и установить значение «3400» для параметра «Velocity (m/s)».

10.1.26 Включить импактор поверочный (приложение Б). Подключить выход генератора ко входу усилителя импактора поверочного.

10.1.27 Установить сигнал на генераторе: синус, пачка, 30 циклов, частота 2 кГц, фаза 180°, амплитуда 80 мВ*, синхронизация – внешняя.

*значение должно быть согласовано со входным трактом используемого усилителя импактора поверочного.


10.1.28 Нажать кнопку «» для активации вкладки «Info ». Для параметра «Expected Length (m)» установить значение «4».

10.1.29 Скрыть панель меню, нажав кнопку «».

10.1.30 Установить датчик прибора на излучающую поверхность импактора поверочного, плотно прижав к ней приёмную поверхность датчика. Необходимо удерживать датчик прибора на излучающей поверхности импактора поверочного до тех пор, пока не будет нажата кнопка завершения измерений.

10.1.31 На экране планшетного компьютера нажать кнопку записи сигналов «».

10.1.32 Запустить сигнал с генератора, нажав на нём кнопку ручного запуска «Trigger».

10.1.33 После появления сигналов на временной развертке на экране планшетного компьютера нажать кнопку завершения измерений «» (рисунок 3).

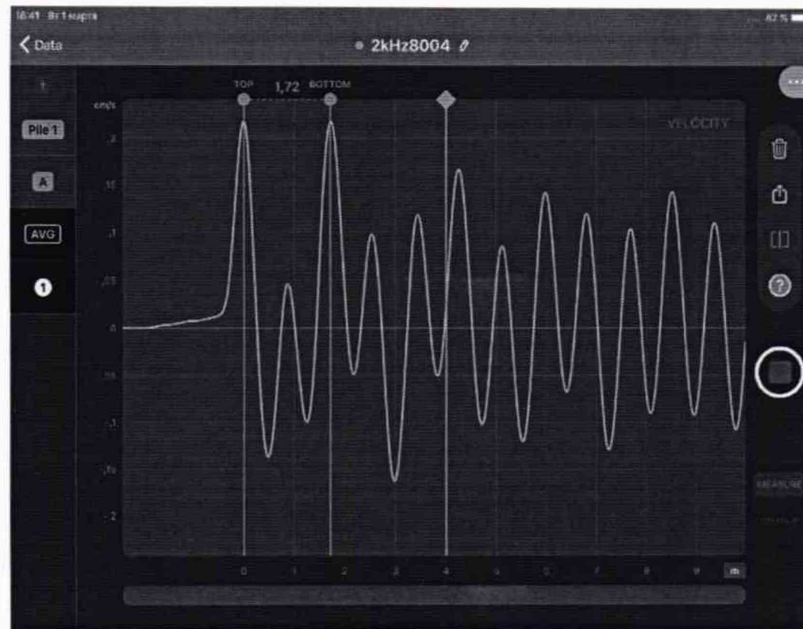


Рисунок 3

10.1.34 Увеличить масштаб временной развертки до максимума при помощи жеста «разведения пальцев».

10.1.35 Переключить шкалу измерений в режим измерения времени, нажав на кнопку «m» в правом нижнем углу шкалы. Значение, указанное на кнопке, должно измениться с «m» на «ms».

10.1.36 Установить курсор «TOP» на максимум первого сигнала.

10.1.37 Активировать временной курсор, нажав в любую часть развертки, затем переместить его на максимум второго сигнала. В низу экрана рядом с курсором отобразится измеренное значение интервала времени (рисунок 4). Зафиксировать измеренное значение интервала времени.

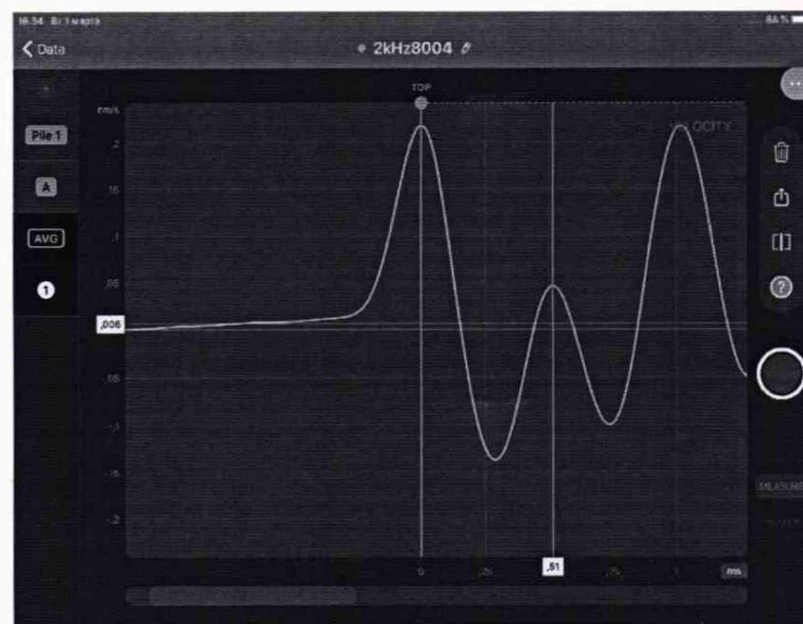


Рисунок 4

10.1.38 Установить курсор «БОТТОМ» на максимум второго сигнала. Вверху экрана между курсорами «TOP» и «БОТТОМ» отобразится измеренное значение длины сваи (рисунок 5). Зафиксировать измеренное значение длины сваи.

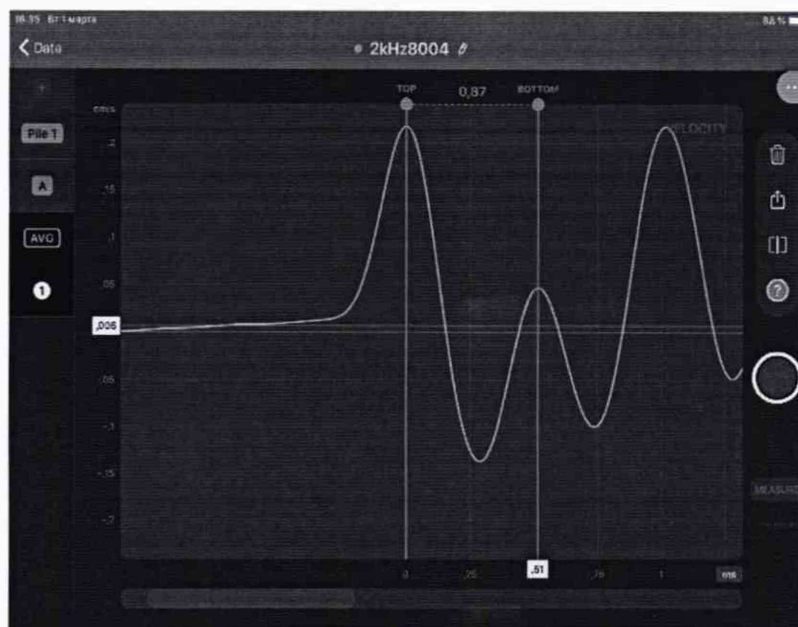


Рисунок 5

10.1.39 Выполнить пункты 10.1.37 – 10.1.38 для 3, 5 и 11 сигналов, при необходимости перемещаясь по временной развертке и используя жесты «сведения-разведения пальцев». Измерения должны происходить при установленном максимальном масштабе временной развертки.

10.1.40 Нажать кнопку «<Back» («<Data»), затем кнопку «Create New ⊕» («⊕»).

10.1.41 Выполнить пункты 10.1.28 – 10.1.40 ещё четыре раза.

10.1.42 Для сигнала, установленного на генераторе, задать количество циклов: 100.

10.1.43 Нажать кнопку «<Back» («<Data»), затем кнопку «Create New ⊕» («⊕»).

10.1.44 Выполнить пункты 10.1.29 – 10.1.36. Параметр «Expected Length (m)» должен оставаться не заданным для отображения полной временной развертки (рисунок 6).

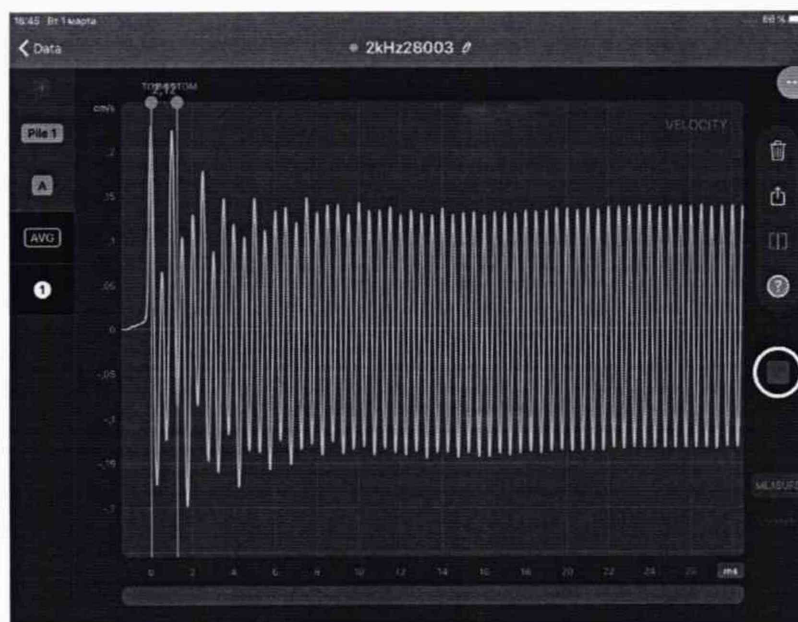


Рисунок 6

10.1.45 Выполнить пункты 10.1.37 – 10.1.38 для 21, 41 и 57 сигналов, при необходимости перемещаясь по временной развертке и используя жесты «сведения-разведения пальцев». Измерения должны происходить при установленном максимальном масштабе временной развертки.

10.1.46 Выполнить пункт 10.1.38 для 58 сигнала, при необходимости перемещаясь по временной развертке и используя жесты «сведения-разведения пальцев». Измерения должны происходить при установленном максимальном масштабе временной развертки.

10.1.47 Выполнить пункты 10.1.43 – 10.1.46 ещё четыре раза.

10.1.48 Произвести обработку результатов измерений в соответствии с пунктом 11.1.

11 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям

11.1 Расчет относительной погрешности измерений интервалов времени и длины сваи

11.1.1 Расчет относительной погрешности измерений длины бетонной контрольной (опорной) сваи

11.1.1.1 Результатом измерений длины контрольной (опорной) сваи, измеренной дальномером по пункту 10.1.1, является среднее арифметическое длины контрольной (опорной) сваи \bar{l} , м, по десяти измерениям:

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}, \quad (1)$$

где l_i – значение i -го измерения, м;

n – количество измерений.

11.1.1.2 Рассчитать и занести в протокол поверки среднее квадратическое отклонение (СКО) измерений длины контрольной сваи S , м, по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где l_i – значение i -го измерения, м;

\bar{l} – среднее арифметическое значение длины контрольной сваи, м;

n – количество измерений.

11.1.1.3 Проверить наличие грубых погрешностей и, при необходимости, исключить их. Для этого вычислить и занести в протокол поверки критерии Граббса G_1, G_2 :

$$G_1 = \frac{|l_{\max} - \bar{l}|}{S}, \quad G_2 = \frac{|l_{\min} - \bar{l}|}{S}, \quad (3)$$

где l_{\max} – максимальное значение результата измерений длины контрольной сваи, м;

l_{\min} – минимальное значение результата измерений длины контрольной сваи, м.

Если $G_1 > G_T$, то l_{\max} , м, исключают, как маловероятное значение, если $G_2 > G_T$, то l_{\min} , м, исключают, как маловероятное значение (критическое значение критерия Граббса при десяти измерениях $G_T = 2,482$).

Если количество оставшихся результатов измерений длины контрольной сваи стало меньше десяти, повторить пункт 10.1.1, чтобы количество измерений без грубых погрешностей оставалось равным десяти.

11.1.1.4 Рассчитать и занести в протокол поверки СКО среднего арифметического длины контрольной сваи S_i , м, по формуле:

$$S_i = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

где S - СКО результата десяти измерений длины контрольной сваи, м;
 n - количество измерений.

11.1.1.5 Рассчитать и занести в протокол поверки доверительные границы ε , м, случайной погрешности оценки длины контрольной сваи при $P=0,95$:

$$\varepsilon = t \cdot S_i, \quad (5)$$

где $t = 2,262$ - значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числа результатов измерений, равным десяти;

S_i - СКО среднего арифметического длины контрольной сваи, м.

11.1.1.6 Рассчитать и занести в протокол поверки значение СКО неисключенной систематической погрешности (НСП) S_Θ , м, серии измерений длины контрольной сваи по формуле:

$$S_\Theta = \frac{\Delta_\Sigma}{\sqrt{3}}, \quad (6)$$

где Δ_Σ - абсолютная погрешность дальномера, м, указанная в протоколе поверки.

11.1.1.7 Рассчитать и занести в протокол поверки суммарное среднее квадратическое отклонение оценки длины контрольной сваи S_Σ , м, по формуле:

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\Theta^2 + S_i^2}, \quad (7)$$

где S_Θ - среднее квадратическое отклонение НСП серии измерений длины контрольной сваи, м;

S_i - СКО среднего арифметического длины контрольной сваи, м.

11.1.1.8 Рассчитать и занести в протокол поверки значение абсолютной погрешности Δ , м, серии измерений длины контрольной сваи по формуле:

$$\Delta = K \cdot S_\Sigma, \quad (8)$$

где K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, который рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\varepsilon + \Delta_\Sigma}{S_i + S_\Theta}, \quad (9)$$

где ε - доверительные границы случайной погрешности оценки длины контрольной сваи, м;

Δ_Σ - абсолютная погрешность дальномера, м, указанная в свидетельстве о поверке (протоколе поверки);

S_i - СКО среднего арифметического длины контрольной сваи, м;

S_{\ominus} – среднее квадратическое отклонение НСП серии измерений длины контрольной сваи, м.

11.1.1.9 Рассчитать и занести в протокол поверки отклонение от рассчитанного значения длины контрольной сваи Δl_c , м, по формуле:

$$\Delta l_c = \bar{L}_{измс} - \bar{l}, \quad (10)$$

\bar{l} – среднее арифметическое значение длины контрольной сваи, измеренное дальномером, м;

$\bar{L}_{измс}$ – среднее арифметическое значение длины контрольной сваи, измеренное прибором, м.

11.1.1.10 Рассчитать и занести в протокол поверки абсолютную погрешность измерений длины контрольной сваи Δl , м, по формуле:

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_c^2 + \Delta^2}, \quad (11)$$

где Δl_c – отклонение от рассчитанного значения длины контрольной сваи, м;

Δ – рассчитанная по формуле (8) абсолютная погрешность измерений длины контрольной сваи, м.

11.1.1.11 Рассчитать и занести в протокол поверки относительную погрешность измерений длины контрольной сваи δ , %, по формуле:

$$\delta l = \frac{\Delta l}{\bar{l}} \cdot 100 \quad (12)$$

Δl – абсолютная погрешность измерений длины контрольной сваи, м;

\bar{l} – среднее арифметическое значение длины контрольной сваи, измеренное дальномером, м.

11.1.2 Расчет относительной погрешности измерений интервалов времени

11.1.2.1 Рассчитать значение интервала времени $T_{номп}$, мс, для максимумов 2, 3, 5, 11, 21, 41 и 57 сигналов:

$$T_{номп} = \frac{n-1}{F}, \quad (13)$$

F – частота сигнала, установленная на генераторе, кГц ($F = 2$ кГц);

n – номер сигнала.

11.1.2.2 Рассчитать и занести в протокол поверки среднее арифметическое значение интервала времени, измеренное прибором $\bar{T}_{измп}$, мс, по формуле:

$$\bar{T}_{измп} = \frac{\sum_{j=1}^k T_j}{k} \quad (14)$$

где T_j – значение j -го измерения интервала времени, мс;

k – количество измерений.

11.1.2.3 Для каждого сигнала рассчитать среднее арифметическое значение интервала времени $\bar{T}_{измп}$, мс, по формуле (14).

11.1.2.4 Для каждого сигнала рассчитать относительную погрешность измерений интервалов времени δT_n , %, по формуле:

$$\delta T_n = \frac{\bar{T}_{изм} - T_{номп}}{T_{номп}} \cdot 100 \quad (15)$$

$T_{номп}$ – значение интервала времени для максимума n -ого по счёту сигнала, мс;

$\bar{T}_{изм}$ – среднее арифметическое значение интервала времени, измеренное прибором, мс;

n – номер сигнала.

11.1.3 Расчет относительной погрешности измерений длины сваи

11.1.3.1 Рассчитать значение длины сваи $L_{номп}$, м (при скорости 3400 м/с) для максимумов 2, 3, 5, 11, 21, 41, 57 и 58 сигналов:

$$L_{номп} = \frac{n-1}{F} \cdot \frac{V}{2000}, \quad (16)$$

F – частота сигнала, установленная на генераторе, кГц ($F = 2$ кГц);

V – скорость ультразвуковой волны ($V = 3400$ м/с);

n – номер сигнала.

11.1.3.2 Рассчитать и занести в протокол поверки среднее арифметическое значение длины сваи $\bar{L}_{изм}$, м (при скорости 3400 м/с), измеренное прибором по формуле:

$$\bar{L}_{изм} = \frac{\sum_{j=1}^k L_j}{k} \quad (17)$$

где L_j – значение j -го измерения длины сваи, м;

k – количество измерений.

11.1.3.3 Для каждого сигнала рассчитать среднее арифметическое значение длины сваи $\bar{L}_{изм}$, м, по формуле (17).

11.1.3.4 Для каждого значения задержки рассчитать относительную погрешность измерений длины сваи δL_n , м (при скорости 3400 м/с) по формуле:

$$\delta L_n = \frac{\bar{L}_{изм} - L_{номп}}{L_{номп}} \cdot 100 \quad (18)$$

$L_{номп}$ – значение длины сваи для максимума n -ого по счёту сигнала, м;

$\bar{L}_{изм}$ – среднее арифметическое значение длины сваи, измеренное прибором, м;

n – номер сигнала.

11.1.4 Прибор считается прошедшим операцию поверки по пункту 10.1 с положительным результатом, если результаты измерений соответствуют таблице 6.

Таблица 5 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины сваи (при скорости 3400 м/с), м	от 0,85 до 48,45
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений длины сваи (при скорости 3400 м/с), %	
- в диапазоне от 0,85 до 8,50 м включ.	±5,0
- в диапазоне св. 8,50 до 48,45 м	±0,5
Диапазон измерений интервалов времени, мс	от 0,5 до 28,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений интервалов времени, %	
- в диапазоне от 0,5 до 5,0 мс включ.	±5,0
- в диапазоне св. 5,0 до 28,0 мс	±0,5

11.2 Прибор считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом. В ином случае прибор считается прошедшим поверку с отрицательным результатом и не допускается к применению.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений может быть оформлено свидетельство о поверке в установленной форме.

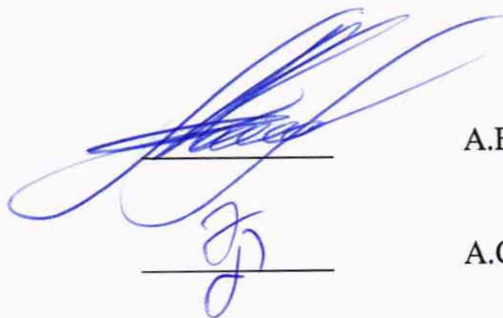
12.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений может быть оформлено извещение о непригодности в установленной форме с указанием причин непригодности.

12.4 Сведения о результатах поверки (как положительные, так и отрицательные) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Разработчики:

Начальник отдела
ФГУП «ВНИИОФИ»

Инженер 1 категории
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Иванов

А.С. Крайнов

Приложение А
(рекомендуемое)
ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

ПРОТОКОЛ первичной/периодической поверки №
от « _____ » _____ **20** года

Средство измерений: _____
 Заводской номер: _____
 Год выпуска: _____
 Состав: _____
 Принадлежащее: _____
 Поверено в соответствии с методикой поверки: _____

При следующих значениях влияющих факторов:

Температура окружающей среды _____;
 Атмосферное давление _____;
 Относительная влажность _____;
 Напряжение переменного тока _____;
 Частота переменного тока _____;

С применением эталонов: _____

Результаты поверки:

A.1 Внешний осмотр _____
 A.2 Проверка идентификации ПО _____
 A.3 Опробование _____
 A.4 Результаты определения метрологических характеристик:

10.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений интервалов времени и диапазона измерений длины свай

Таблица 1 – Измеренные по п. 10.1.1 значения длины свай и определение абсолютной погрешности измерений длины свай

Измеренное значение длины свай, м									
l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}

Продолжение таблицы 1

Среднее арифметическое значение длины свай, измеренной дальномером, м	СКО результата измерений длины свай, м	Критерии Граббса ($Gt \leq 2,482$)	СКО среднего арифметического длины свай, м	Доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины при $P=0,95$, м	Абсолютная погрешность дальномера, м	СКО неисключенной систематической погрешности (НСП) серии измерений, м	Суммарное СКО оценки длины свай, м	Абс. погрешность серии измерений длины свай, м	Коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, м
---	--	--------------------------------------	--	---	--------------------------------------	--	------------------------------------	--	---

Таблица 2 – Измеренные прибором значения длины сваи и определение относительной погрешности измерений длины сваи

Измеренное значение длины сваи, м									
$L_{изм1с}$	$L_{изм2с}$	$L_{изм3с}$	$L_{изм4с}$	$L_{изм5с}$	$L_{изм6с}$	$L_{изм7с}$	$L_{изм8с}$	$L_{изм9с}$	$L_{изм10с}$

Продолжение таблицы 2

Среднее арифметическое значение длины сваи, измеренной прибором, м	Отклонение от рассчитанного значения длины сваи, м	Абсолютная погрешность измерений длины сваи, м	Относительная погрешность измерений длины сваи, %

Таблица 3 – Определение относительной погрешности измерений интервалов времени

Номер сигнала	Номинальное значение интервала времени, мс	Измеренное значение интервала времени, мс	Среднее арифметическое значение интервала времени, мс	Относительная погрешность измерений интервалов времени, %
2				
3				
5				
11				
21				

41				
57				

Таблица 4 – Определение относительной погрешности измерений длины сваи (при скорости 3400 м/с)

Номер сигнала	Номинальное значение длины сваи (при скорости 3400 м/с), м	Измеренное значение длины (при скорости 3400 м/с), м	Среднее арифметическое значение длины сваи (при скорости 3400 м/с), м	Относительная погрешность измерений длины сваи (при скорости 3400 м/с), %
2				
3				
5				
11				
21				
41				

58			

Заклучение: _____

Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Поверитель: _____ / _____ /
 Подпись _____ ФИО

**Приложение Б
(Обязательное)
Импактор поверочный**

Состав импактора поверочного: источник питания; излучатель; усилитель мощности.

1. Источник питания.

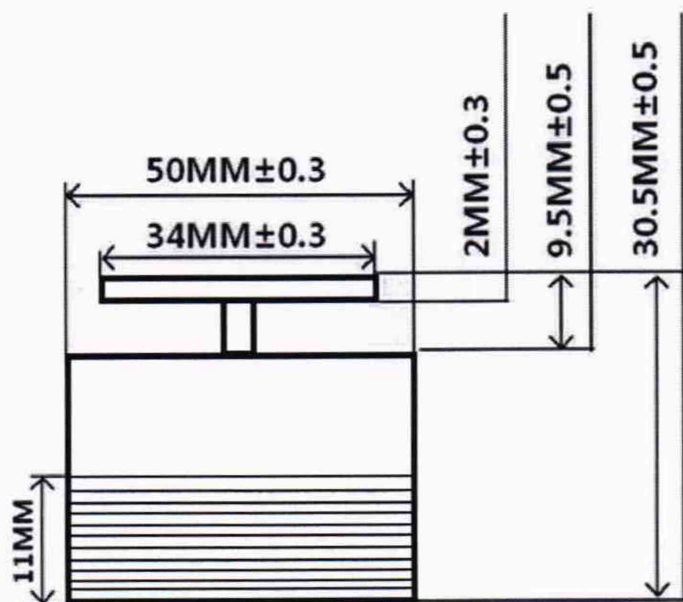
Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Входное напряжение, В	от 110 до 230
Входная частота, Гц	от 50 до 60
Выходное напряжение, В	12
Максимальный выходной ток, А	5

2. Излучатель.

Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Импеданс, Ом	4
Номинальная выходная мощность, Вт	25
Резонансная частота, Гц	60
Частотный диапазон, Гц	от 60 до 15000
Чувствительность, дБ	86
Диаметр штока, мм	34
Диаметр катушки, мм	28
Диаметр излучателя, мм	50



3. Усилитель мощности

Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Напряжение источника питания, В	от 8 до 26
Диапазон входных напряжений, В	от -0,3 до +6,3
Максимальная скорость нарастания выходного напряжения, В/мс	10
Отношение сигнал/шум, дБ	102

Принципиальная схема усилителя мощности:

