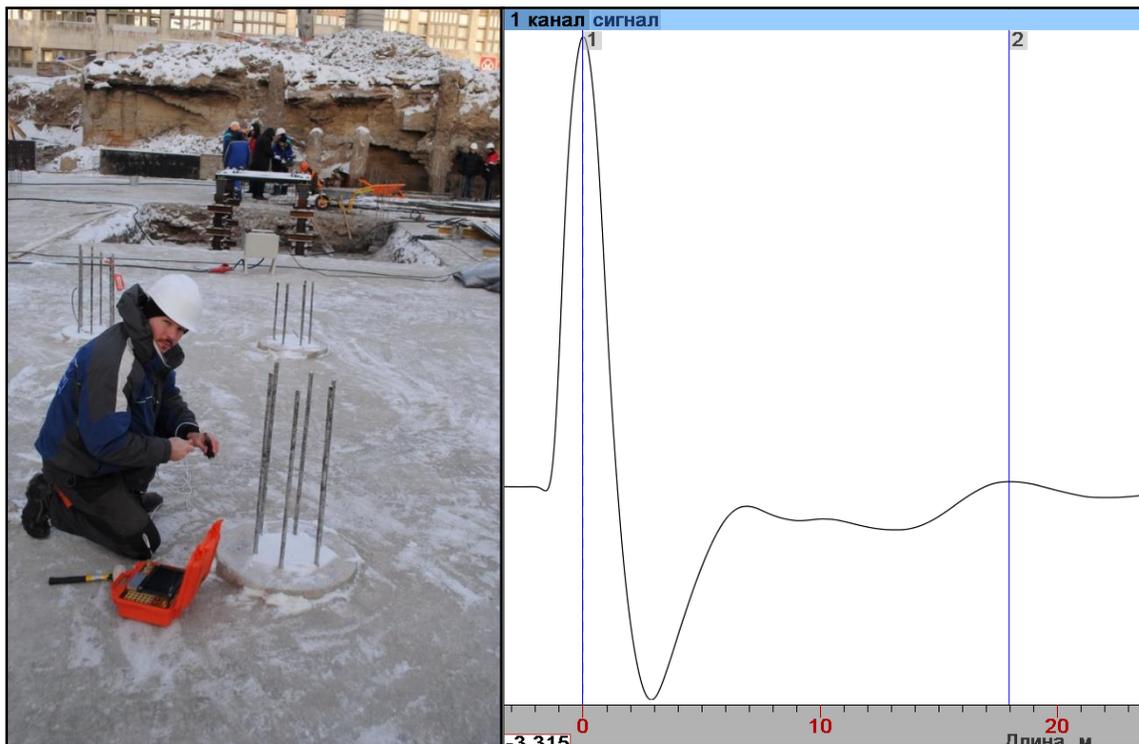




# Диагностика свай сейсмоакустическим методом. «Мифы и реалии»



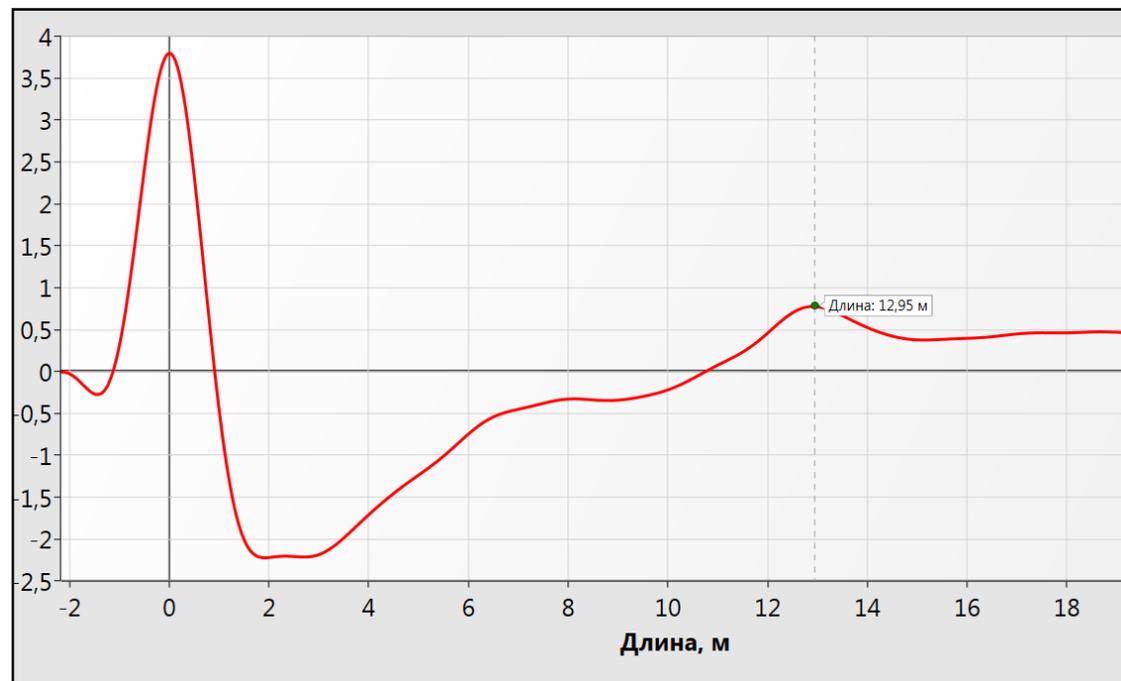
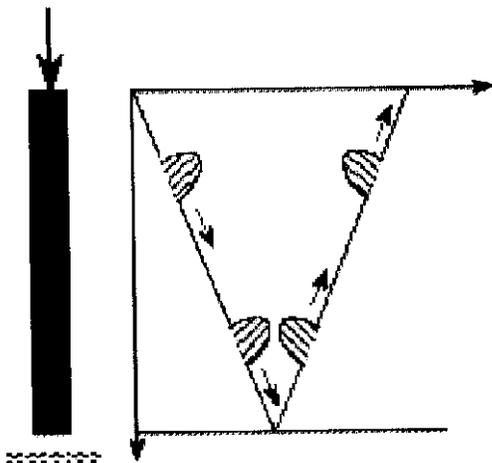
**Улыбин Алексей  
Владимирович**

*Генеральный директор  
ООО «ОЗИС-Венчур», к.т.н*



## Теоретические основы метода:

Сейсмоакустический метод контроля свай (SIT) основан на возбуждении в оголовке сваи низкодеформативного акустического импульса и регистрации волн отклика (эха), отраженного от различных объектов, встречающихся по пути движения волн в стволе (конца сваи, дефектов, стыка, смены грунтовых условий).





**Миф №1:**  
«Метод «шарлатанский» и в реальности не работает!»



## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИБОРАМИ ДИАГНОСТИКИ СВАЙ

СТЕРЛЯДЕВ А.А.  
ДРЕСВЯННИКОВА Е.А.  
магистрант

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

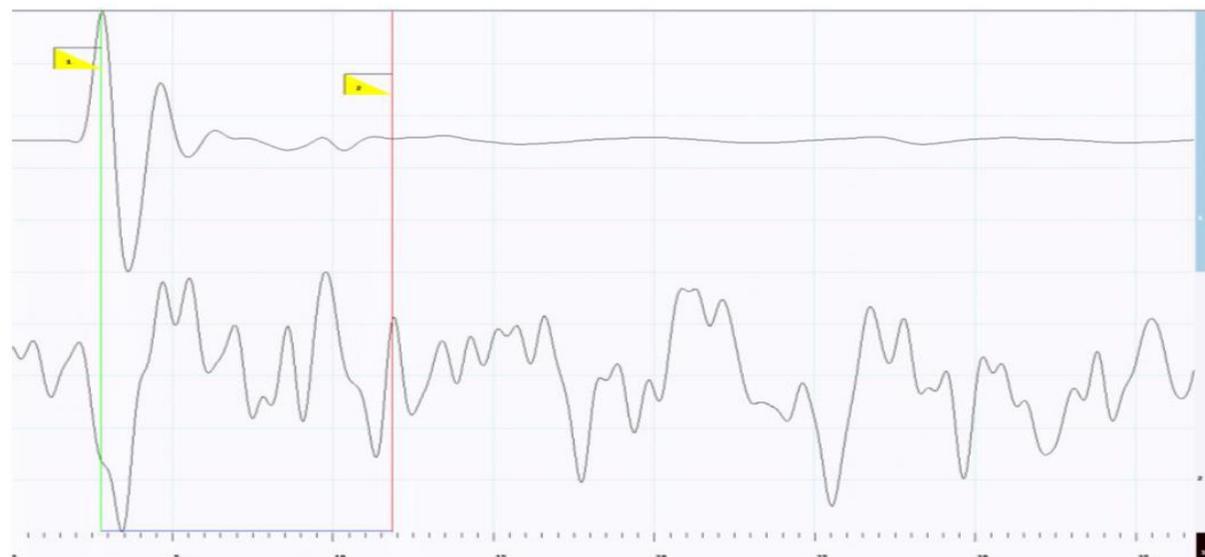


Рис. 1. Результаты измерения на дисплее прибора «ИДС-1»

Работа прибора основана на спектральном анализе собственных частот сваи. Колебания возбуждаются с помощью удара резинового молотка (удары наносились сбоку). Длины вычисляются на интересующих частотах при известной скорости распространения упругих колебаний в теле сваи. Сейсмоприемник устанавливается сбоку сваи на расстоянии 0,6-1,2 м. от нижнего края ростверка, включается режим регистрации и производится удар по свае. Прибор производит регистрацию сигнала, по которому рассчитывается сеймоспектр колебаний исследуемой сваи.



Подводя итог использования поверхностного **метода ультразвукового эхо** при обследовании свайных фундаментов для определения глубины залегания свай можно сформулировать следующие выводы:

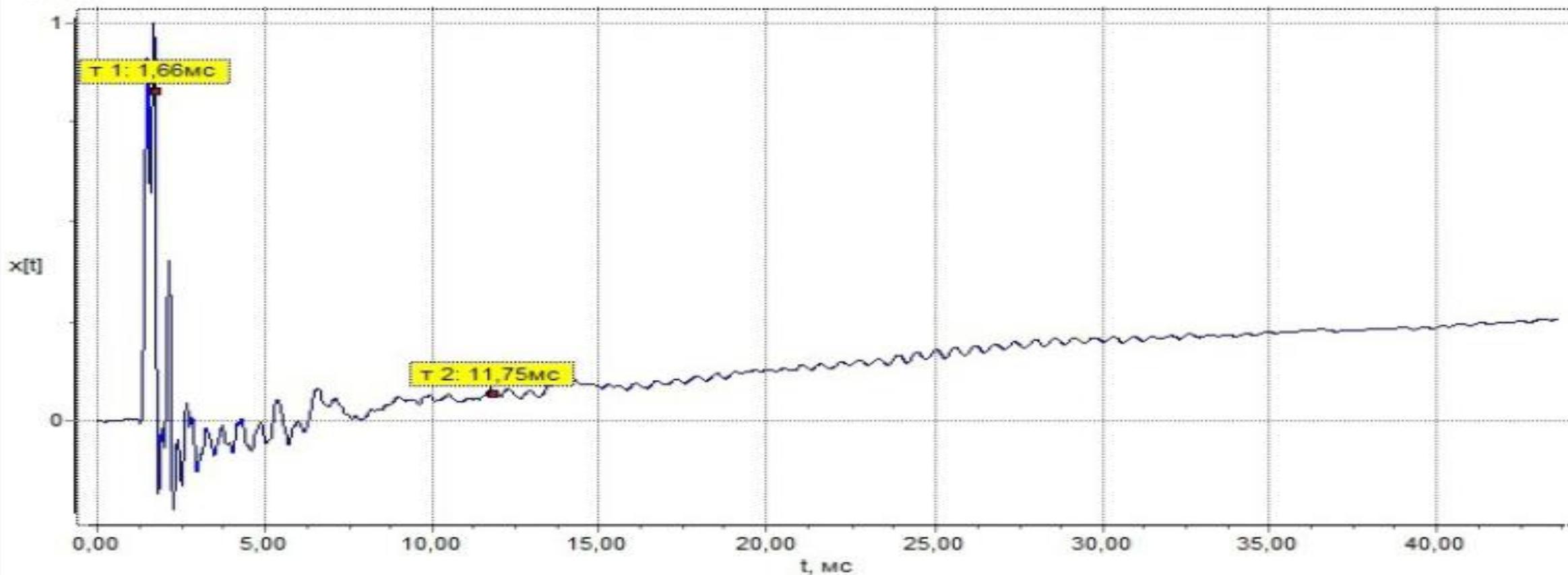
1. **Из двух вариантов для дальнейшего использования выбраны наименьшие по двум вариантам средние значения длины для каждой из испытываемых свай. Таким образом определены следующие показатели длин: свая № 1 – 15,04 м, свая № 2 – 11,92 м, свая № 3 – 12,2 м. При условии расположения площадки размещения датчиков и приложения ударной нагрузки на 0,5 м ниже подошвы ростверка диапазон определенных длин будет находиться в ряду: 15,54, 12,42 и 12,7 м. В целях унификации принята длина свай – 12 м.**

Измерение по времени получения сигнала				Измерение по спектру частот			
Номер точки	Время сигнала, с	Разность времени между сигналами, с	Рассчитанная длина сваи, м	№ точки	Частота в экстремуме, Гц	Разность частот между экстремумами, Гц	Рассчитанная длина сваи, м
<b>Свая 1 в осях В/1</b>							
1	2.11			1	1099		
2	13.12	11.01	22.02	2	1206	107	18.92
3	19.36	6.24	12.48	3	1291	85	23.82
4	24.68	5.32	10.64	4	1579	288	7.03
5				5			
<i>Среднее значение</i>			15.04	<i>Среднее значение</i>			16.59



$$H = V * |t_2 - t_1| / 2 = 3750,0 \text{ м/с} * 10,09 \text{ мс} / 2 = 18,92 \text{ м}$$

Сигнал

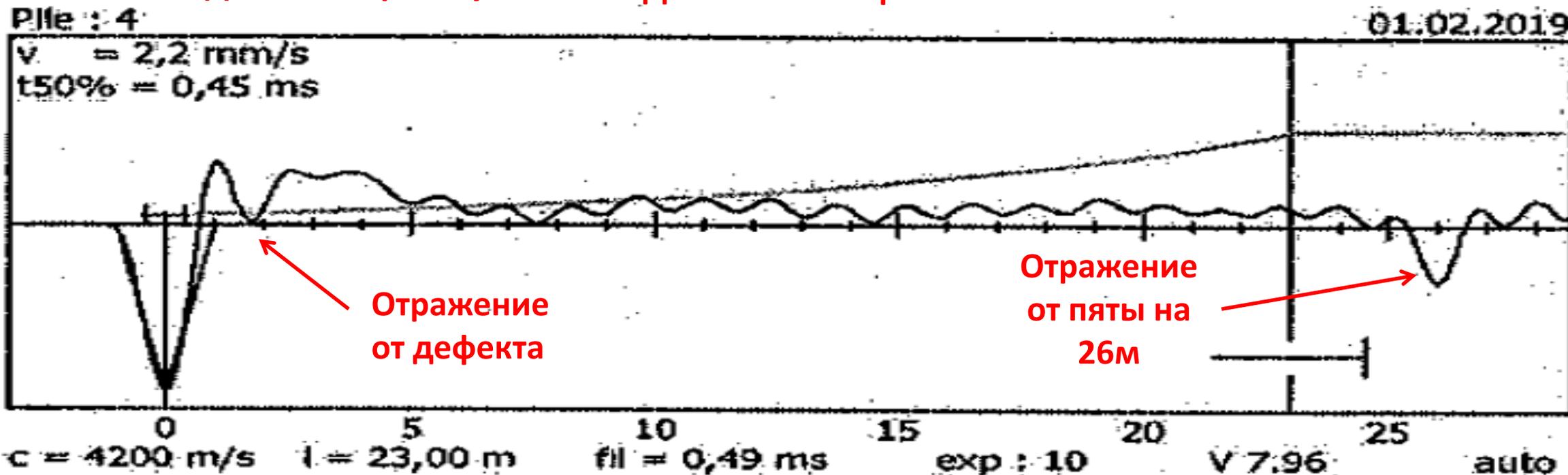




4	25	350x350	23,00	23,00	Локальные изменения в сечении распространения волны упругого сжатия отсутствуют ( <u>дефектов материала ствола свай не обнаружено</u> )
---	----	---------	-------	-------	---

Длина по проекту

Длина по измерениям



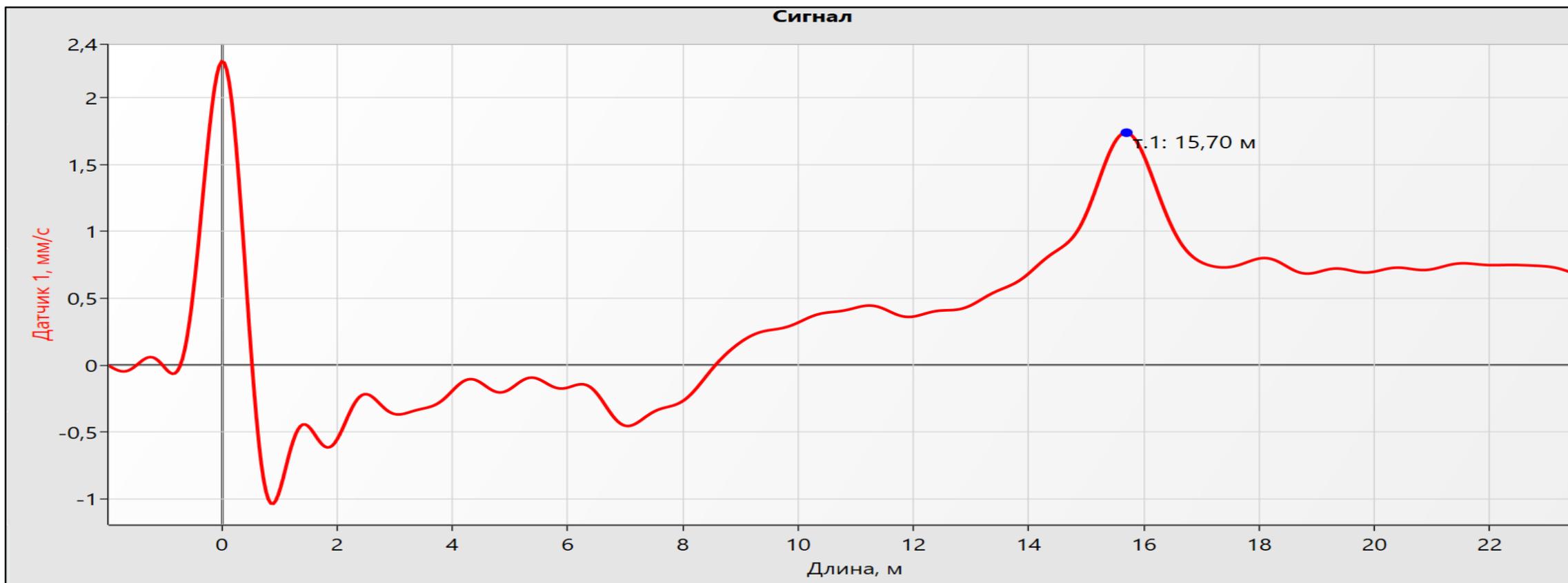


## Опыт «ОЗИС-Венчур»: Рефлектограмма с забивной сваей длиной 12 м





## Опыт «ОЗИС-Венчур»: Рефлектограмма с забивной сваи длиной 16 м





## Опыт «ОЗИС-Венчур»: Рефлектограмма с забивной сваи длиной 26 м (12+14)





## Опыт «ОЗИС-Венчур»: Рефлектограмма с буронабивной сваи длиной 11,5 м



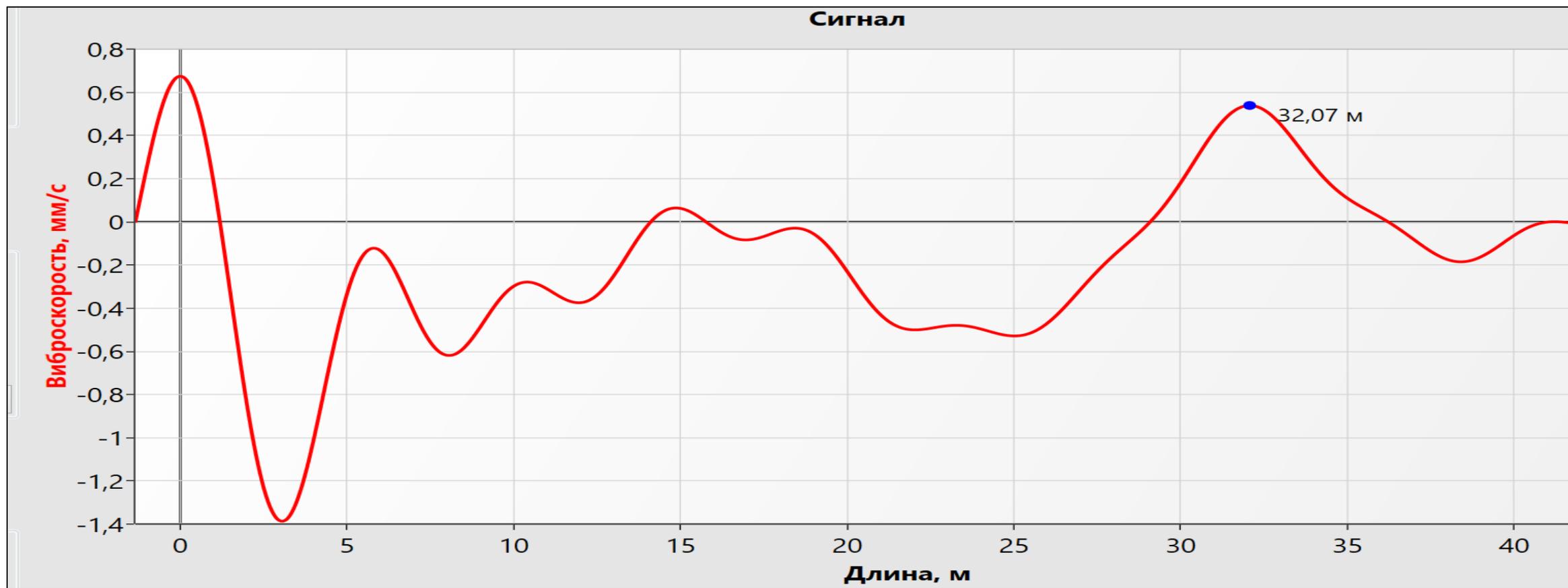


## Опыт «ОЗИС-Венчур»: Рефлектограмма с буронабивной сваи длиной 23 м





## Опыт «ОЗИС-Венчур»: Рефлектограмма с буронабивной сваи длиной 32,0 м





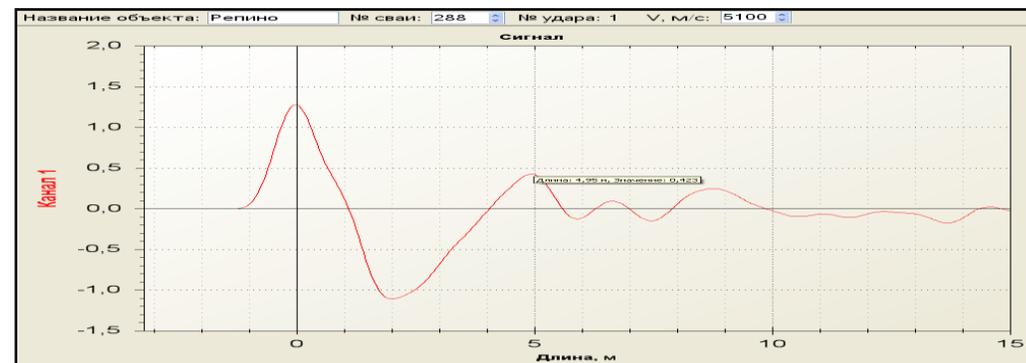
## **Миф №2:** **«Метод можно применять только для ЖБ свай»**



## Шпунт Ларсен в анкерной стенке причала

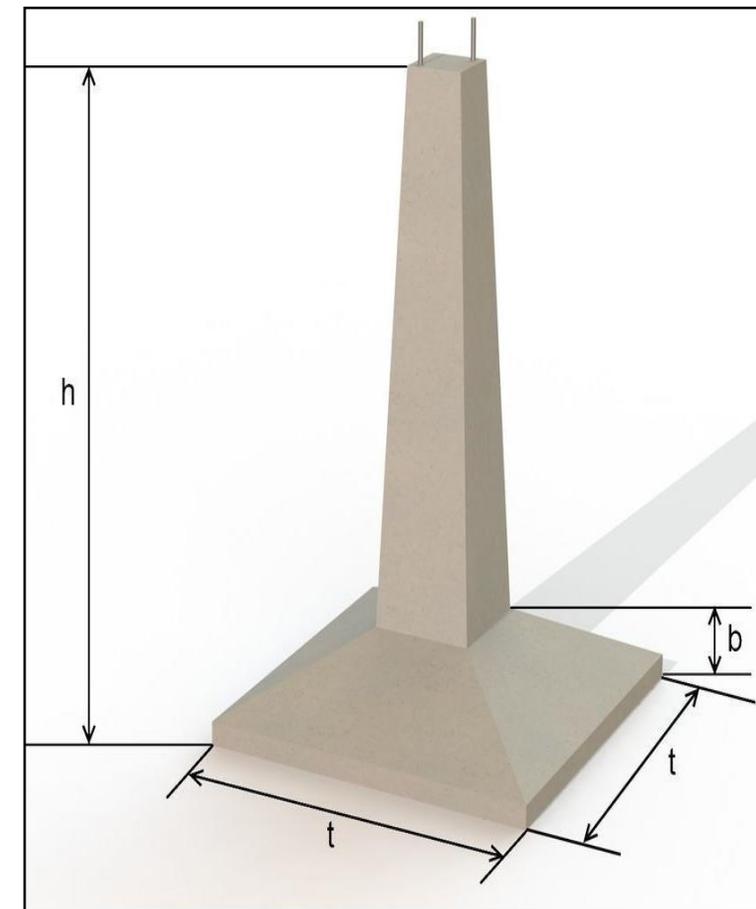
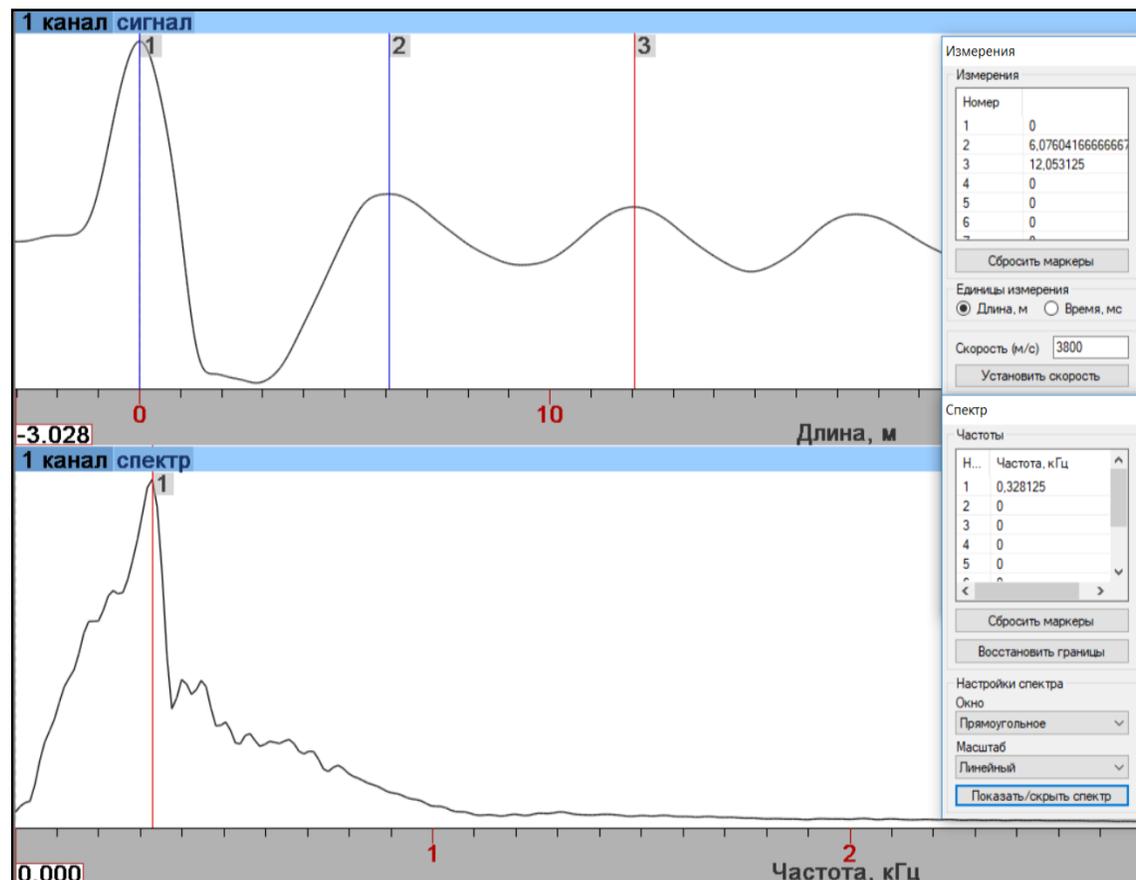


## Трубовая опоры защитных экранов



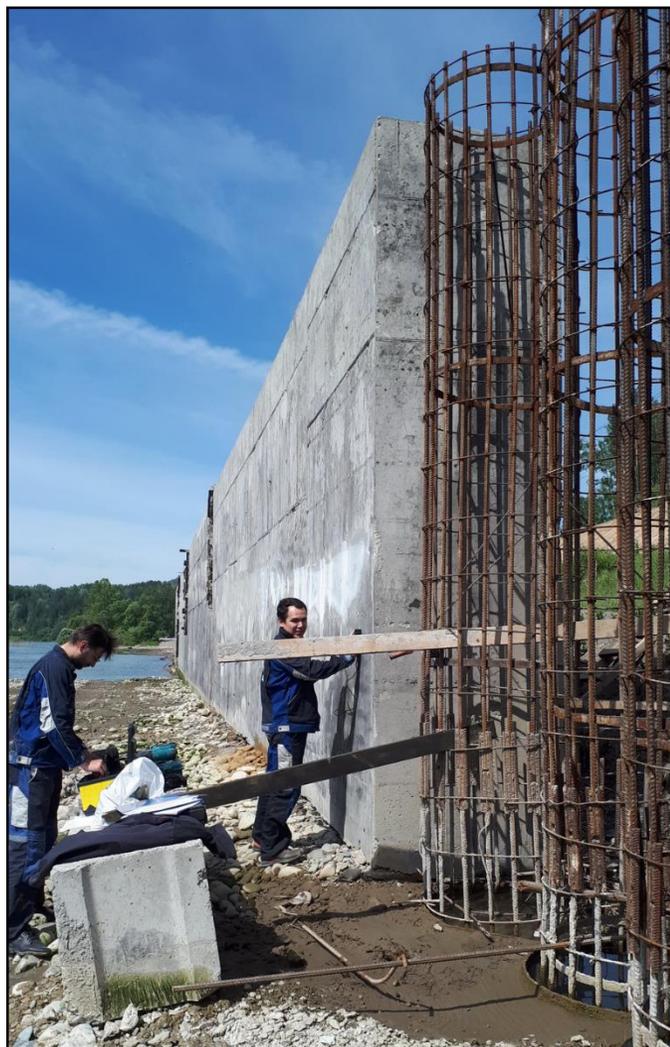


## Опора ЛЭП якорного типа





## Подпорная стена – ростверк на бурокасательных сваях с обсадными трубами





## **Миф №3:** **«Нельзя определить длину составных свай»**



## Забивная составная свая: 8 + 12 м (ЖК «Весна-3»)





## Забивная составная свая: 8 + 12 м (ЖК «Гамма»)





## Забивная составная свая: 12 + 14 м (ЖК «Елизаровский»)





## **Миф №4:**

«Нельзя обнаружить дефект на глубине до 2 м...

... Нельзя определить длину, если есть значительный дефект»

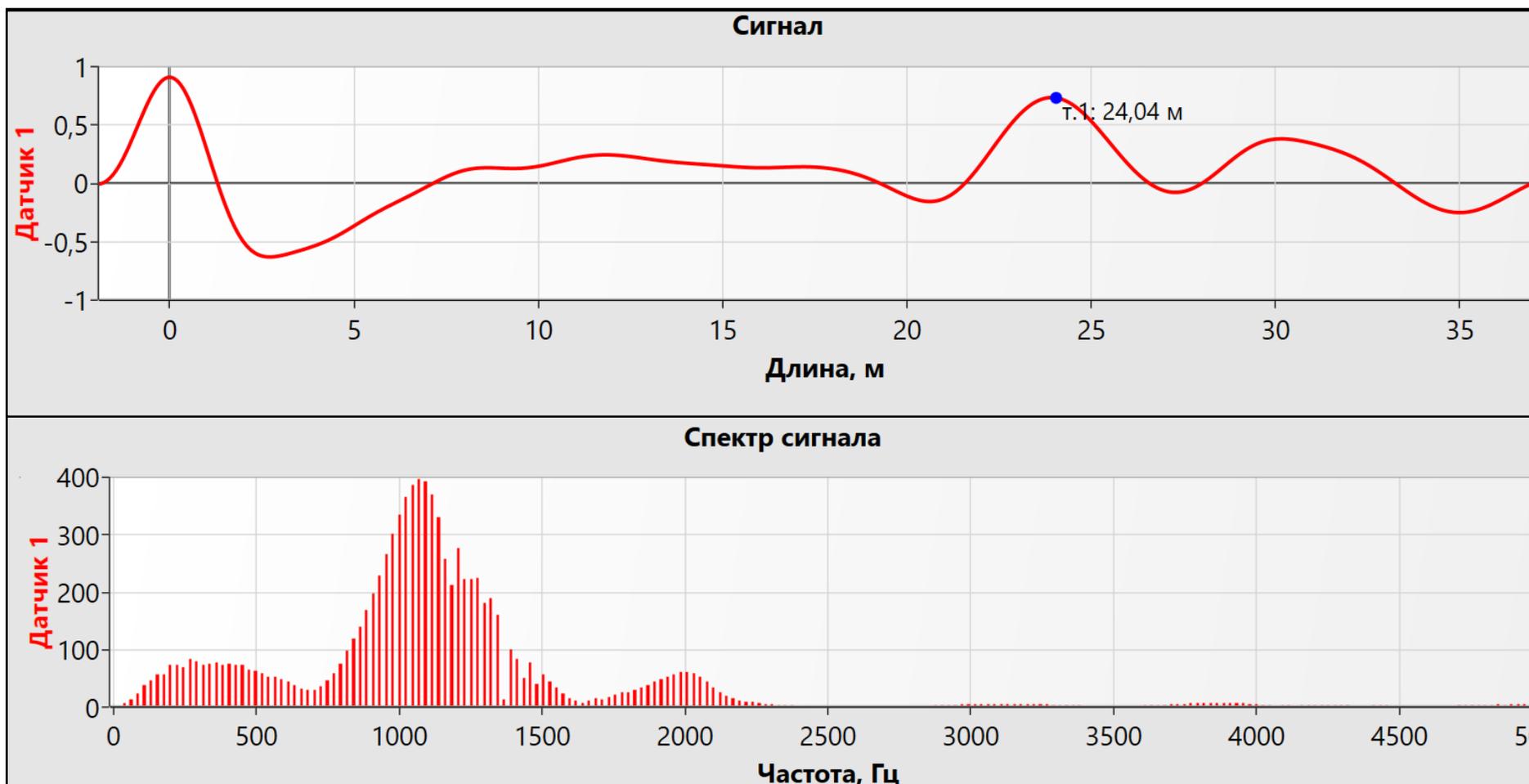


## Контроль сплошности забивных составных свай длиной $10+14 = 24$ м





## Контроль сплошности забивных составных свай длиной $10+14 = 24$ м





## Контроль сплошности забивных составных свай длиной $10+14 = 24$ м



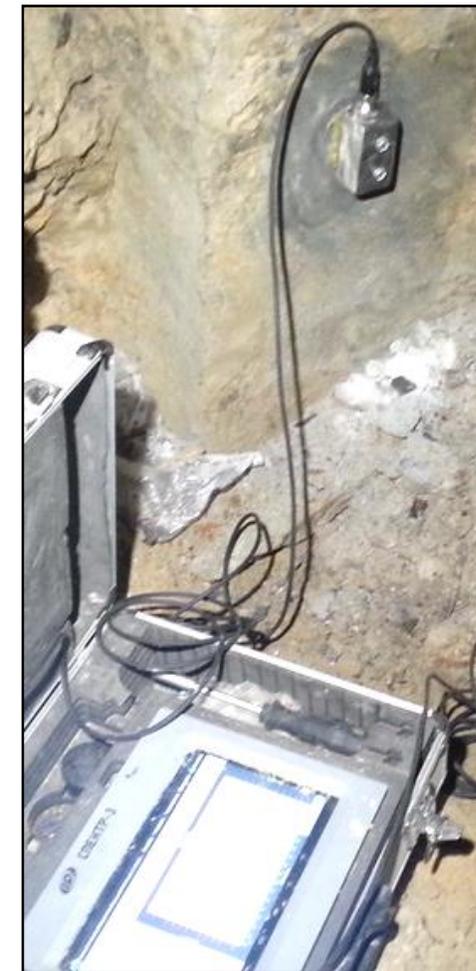
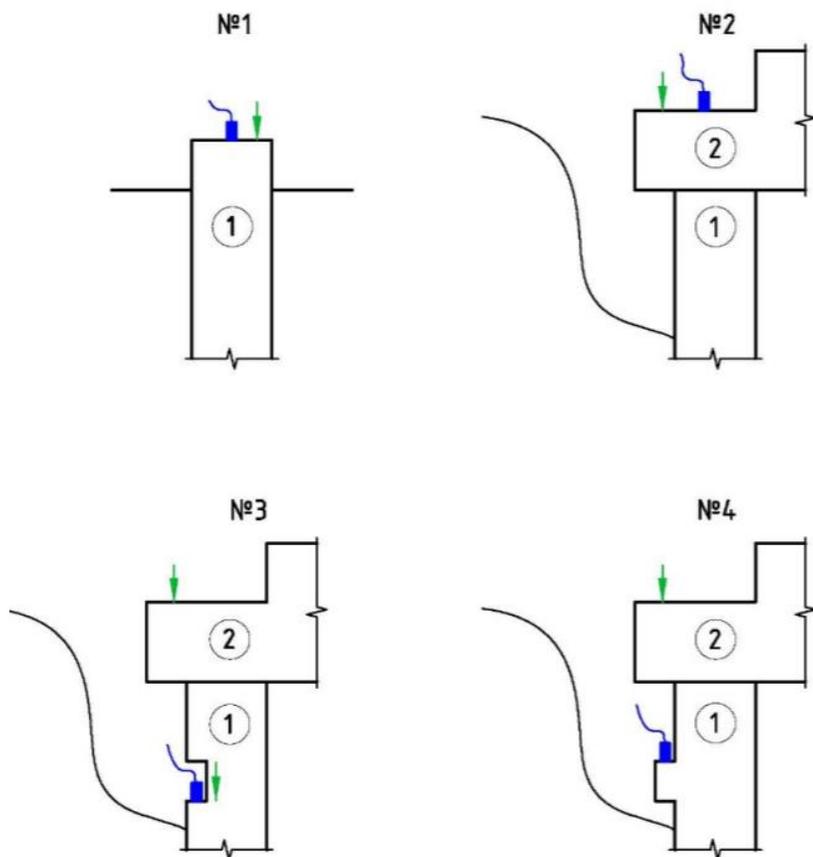
Трещина раскрытием 0,3 мм  
на глубине 1,6 м



## **Миф №5:** **«Нельзя исследовать сваю, если на ней устроен ростверк»**



## Варианты установки датчика



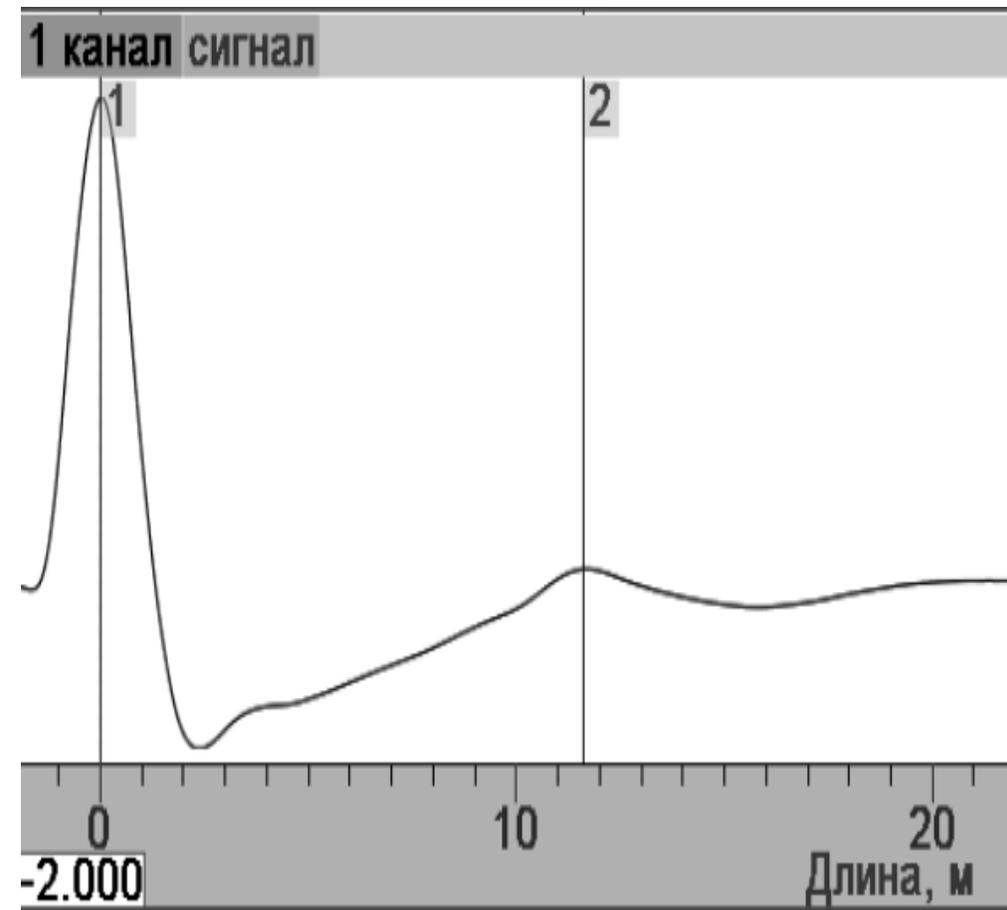


## Балочный ростверк: датчик на ростверке



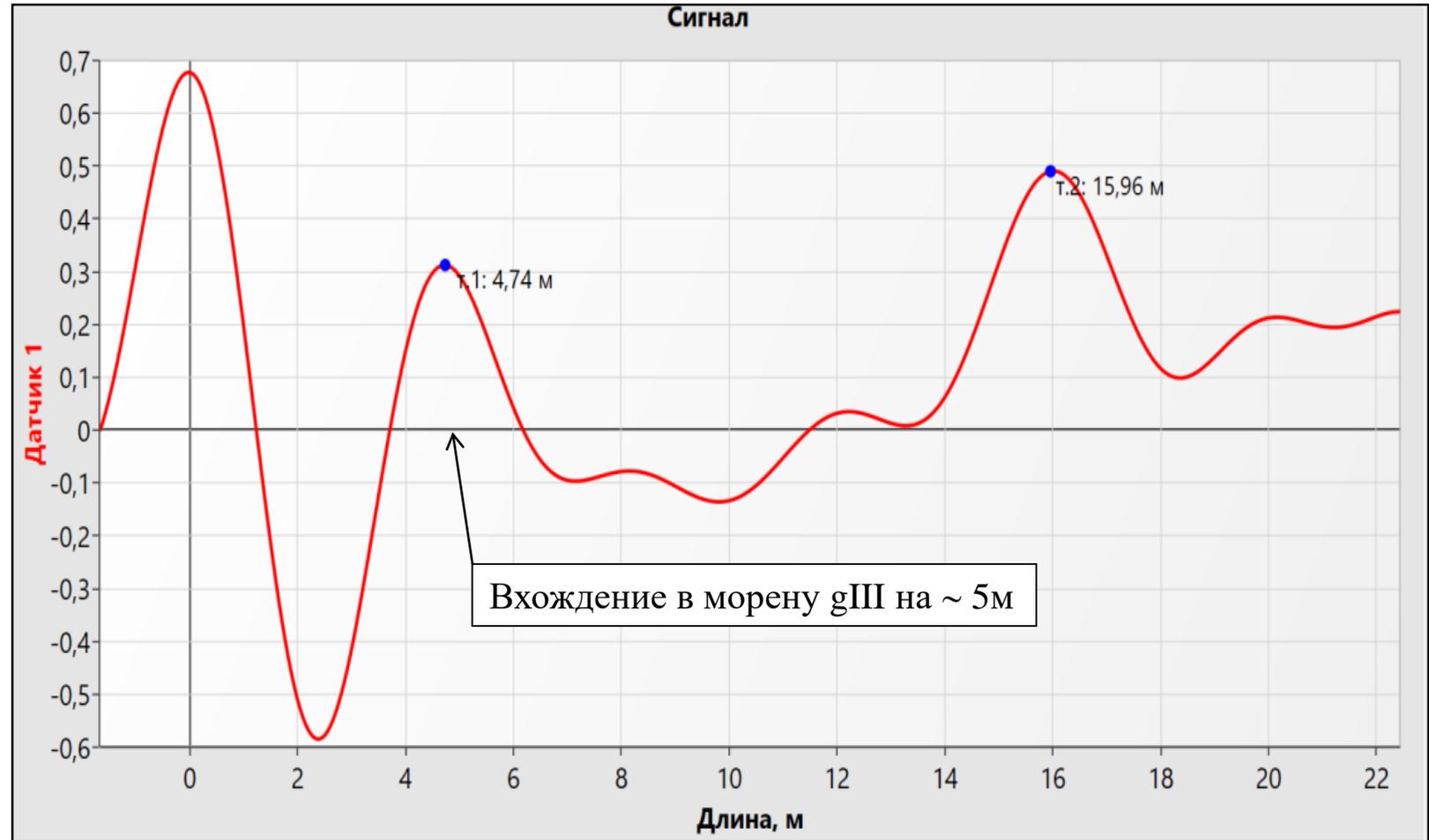


## Ленточный ростверк: датчик в штрабе



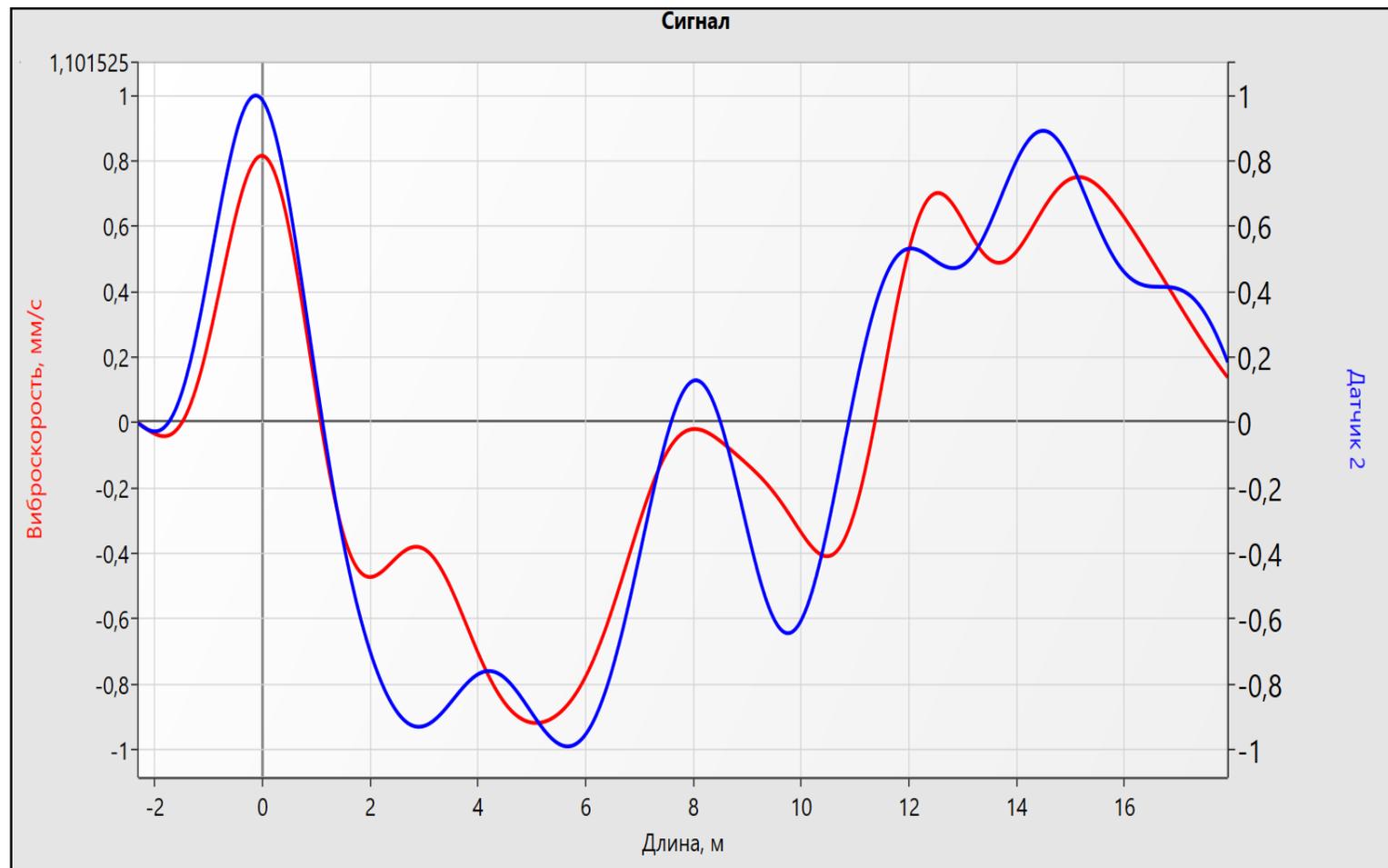


## Столбчатый ростверк: датчик на уступе



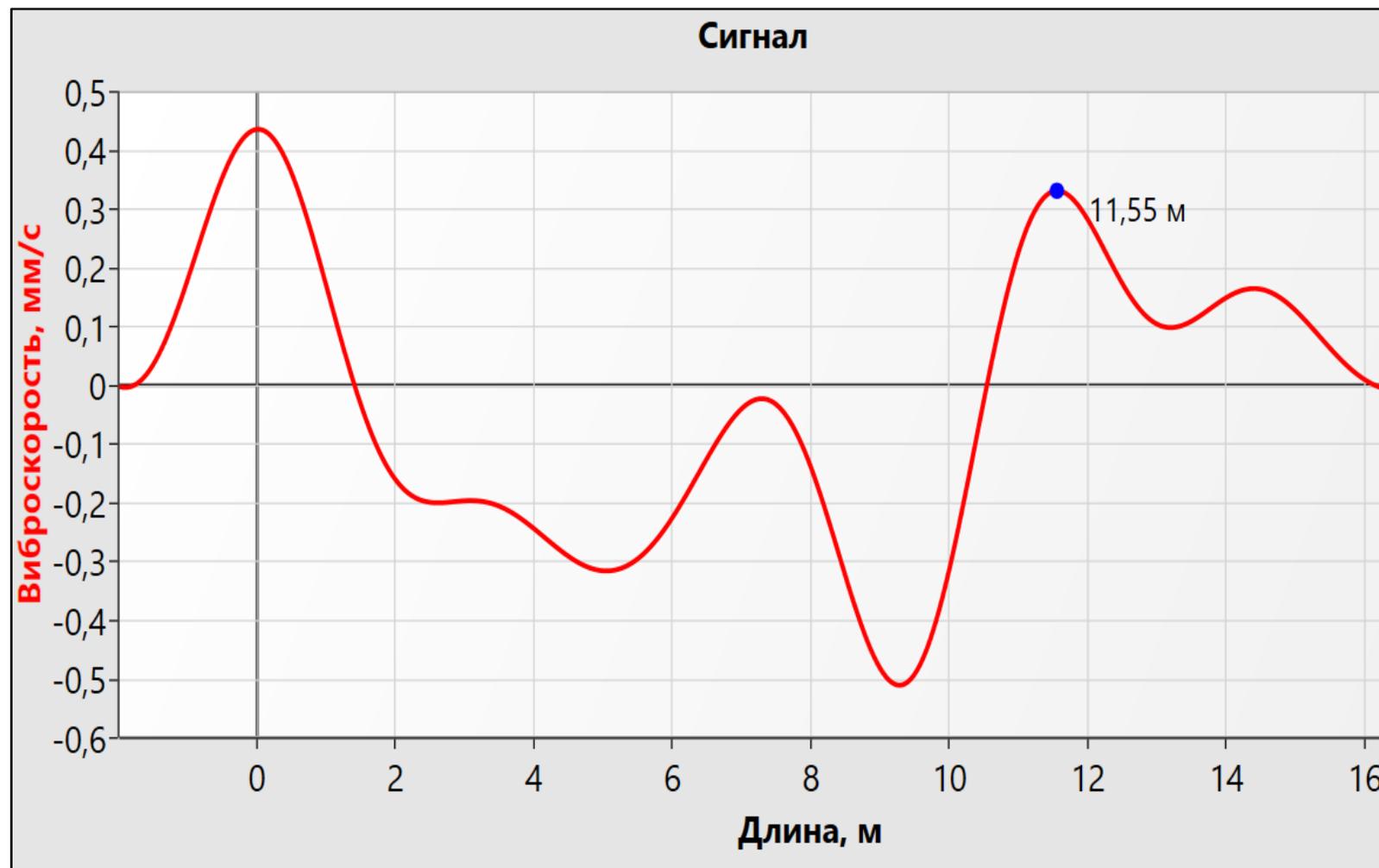


## Столбчатый ростверк: датчик на консоли



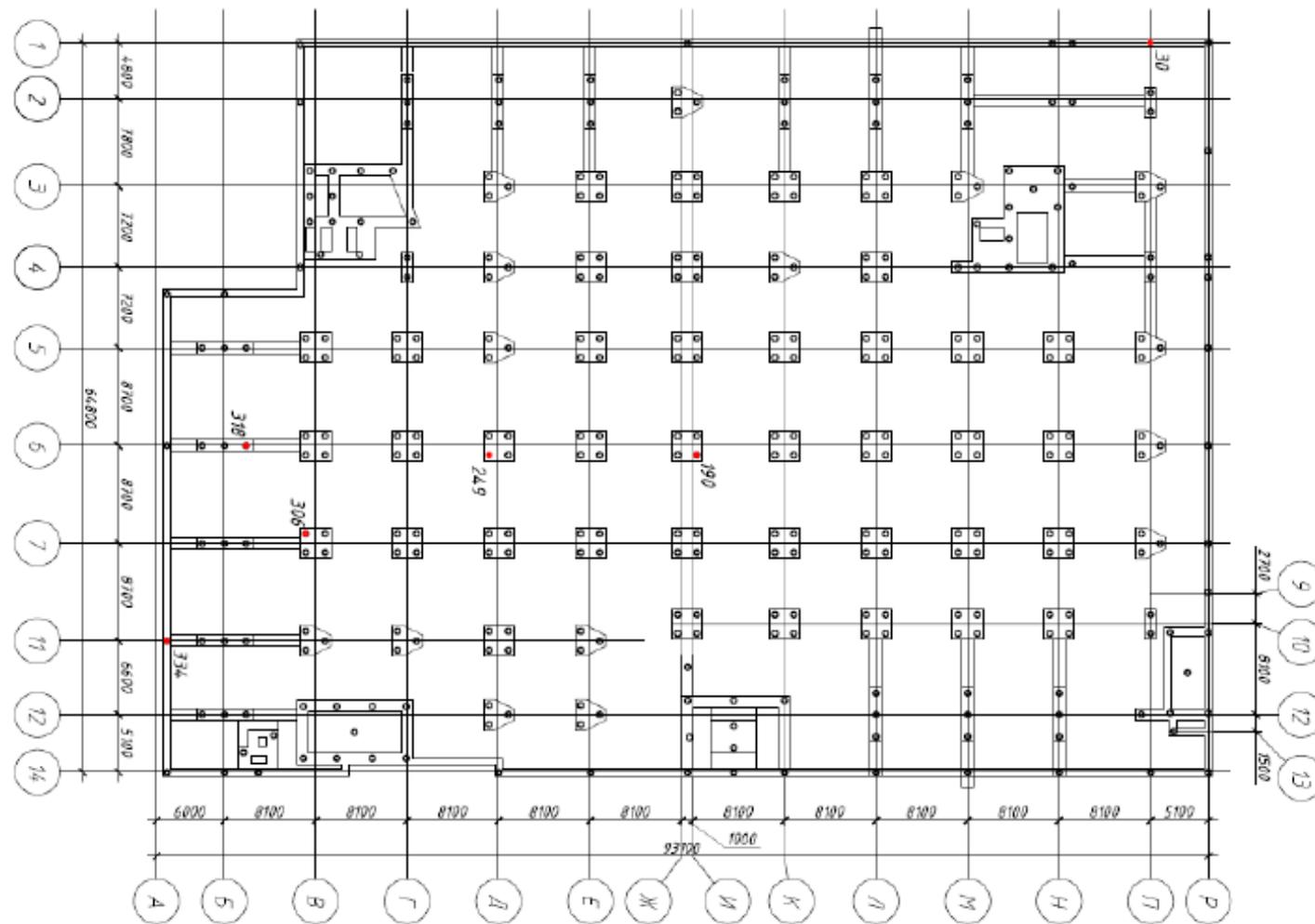
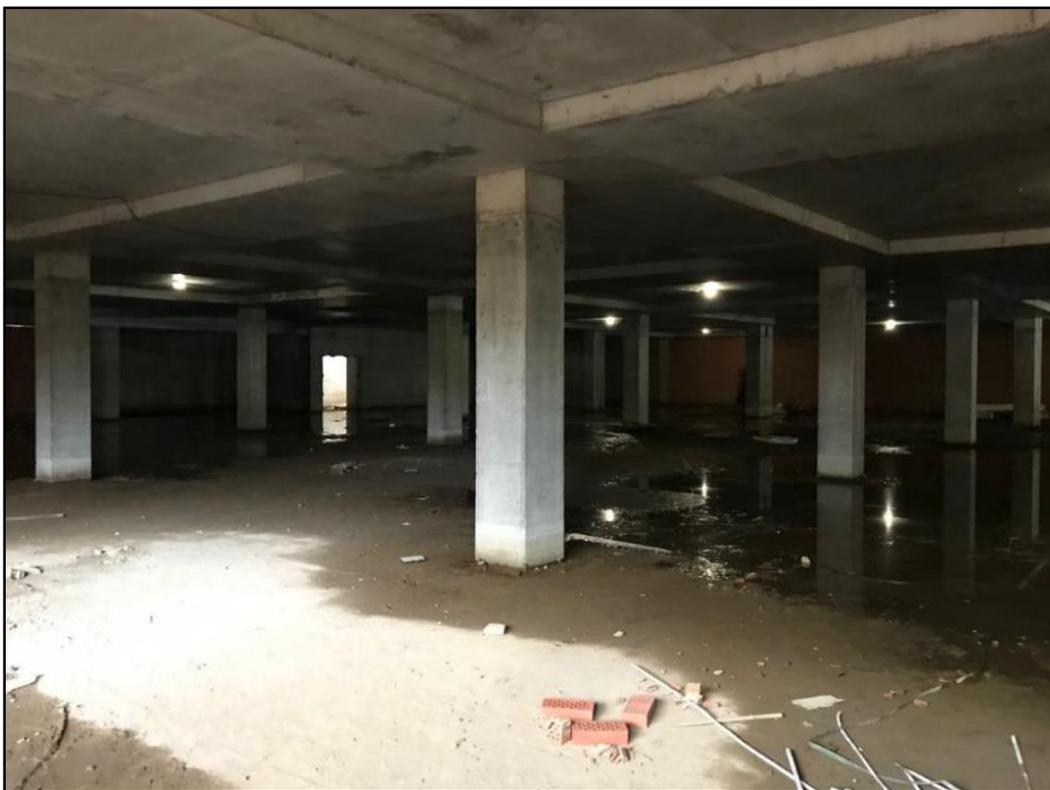


## Плитный ростверк: датчик на ростверке





## Столбчатый ростверк с плитой пола по верху





## Столбчатый ростверк с плитой пола по верху

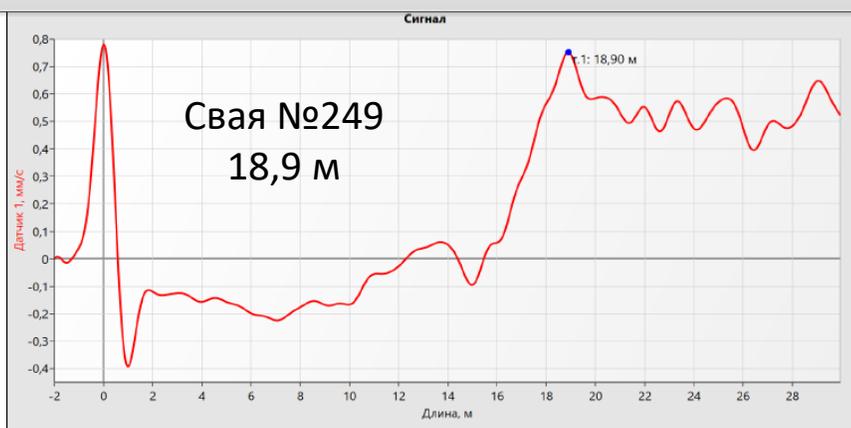


Рис. П4.3. Свая №249

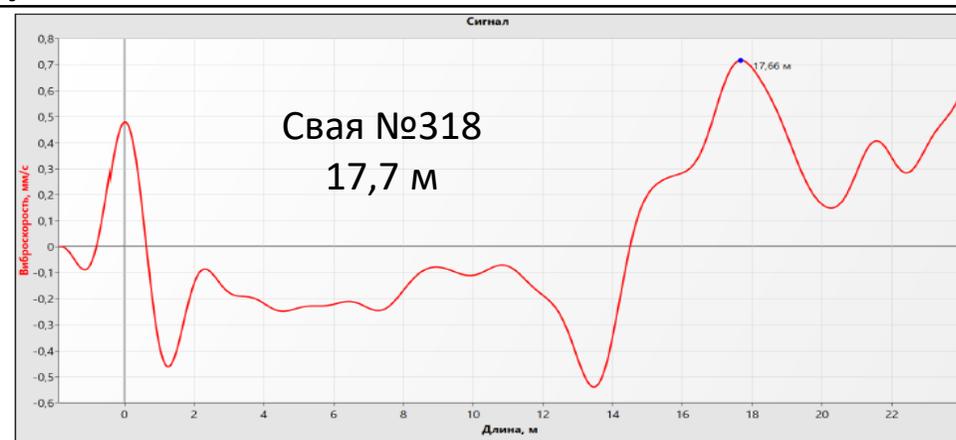


Рис. П4.5. Свая №318

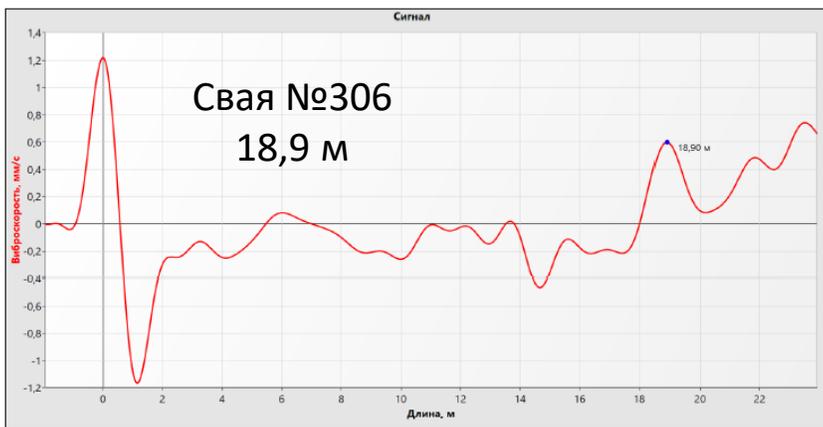


Рис. П4.4. Свая №306

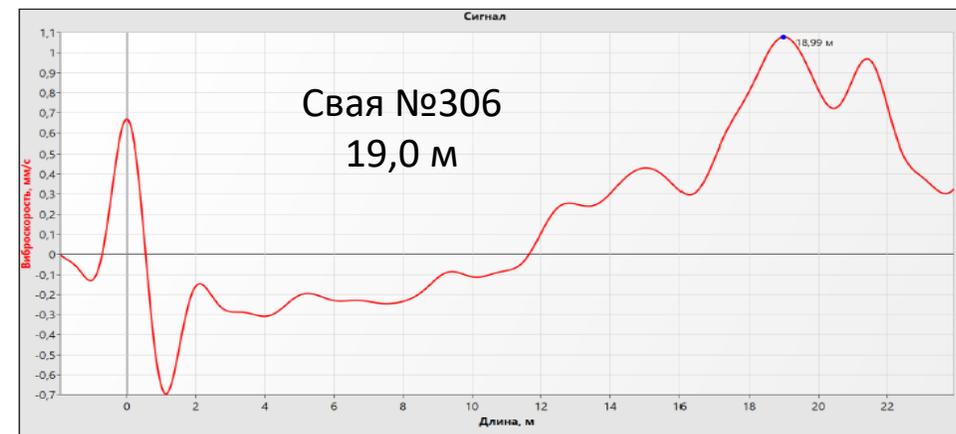


Рис. П4.6. Свая №306





## **Миф №6:** **«Марка прибора играет решающую роль»**



**Pile Echo Tester (PET)**  
PileTest Ltd, United Kingdom



**SIT**  
Profound BV, Netherlands



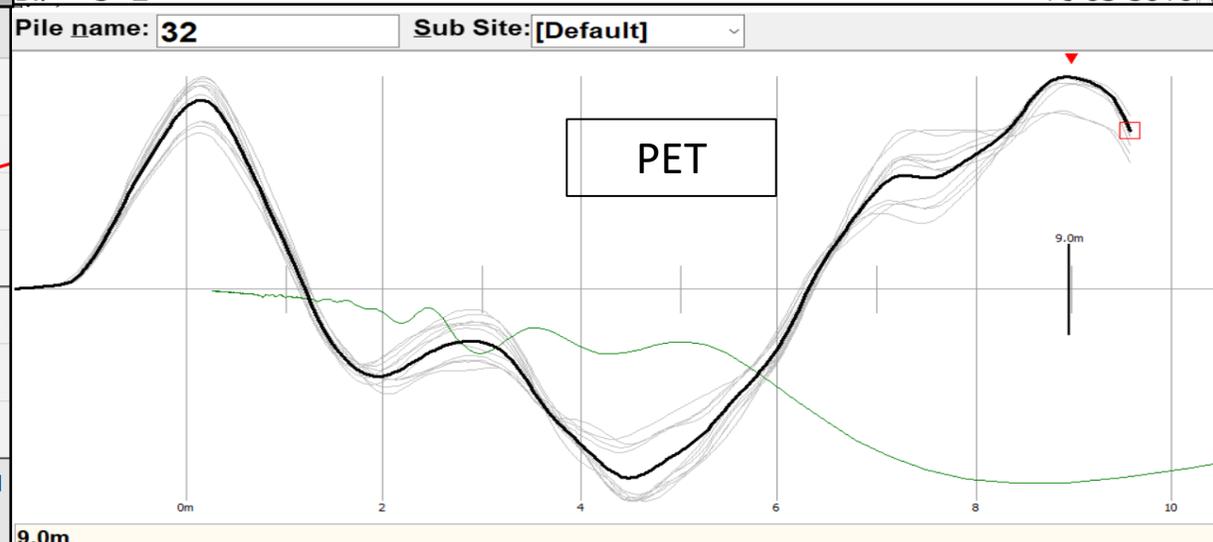
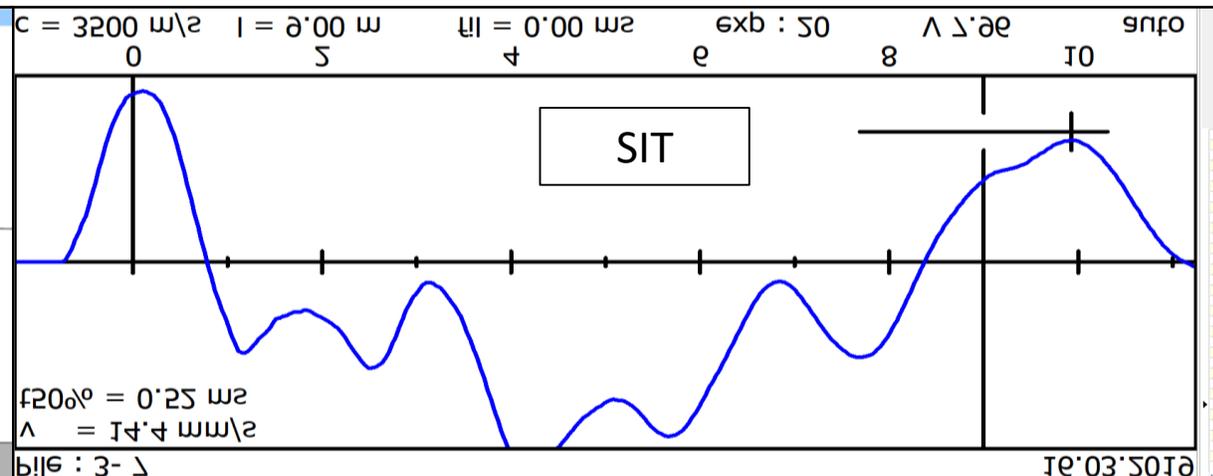
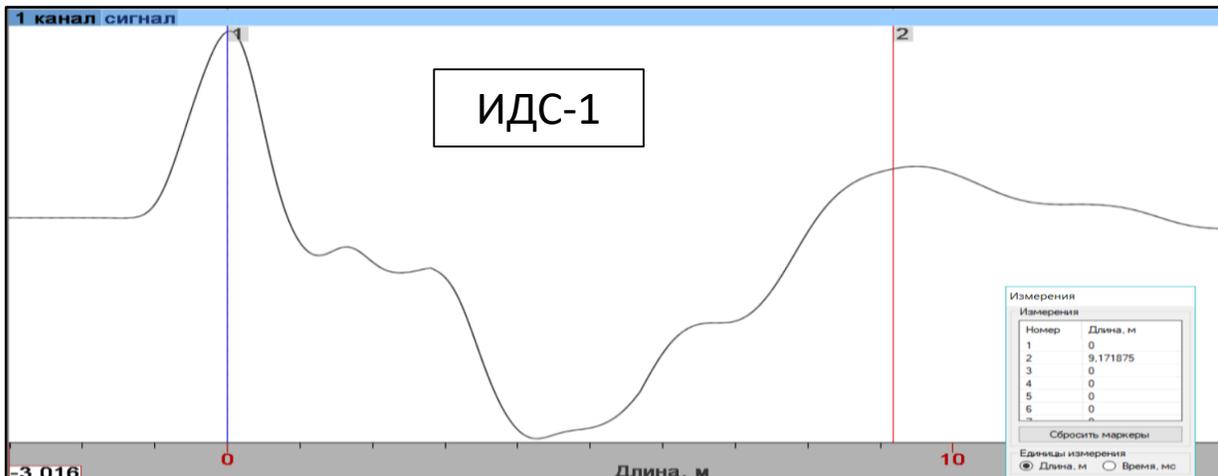
**NDE 360**  
Olson Instruments Ltd, USA



**ИДС-1**  
ООО «Логис»,  
Москва



**СПЕКТР-4**  
ООО «Интерприбор»,  
Челябинск





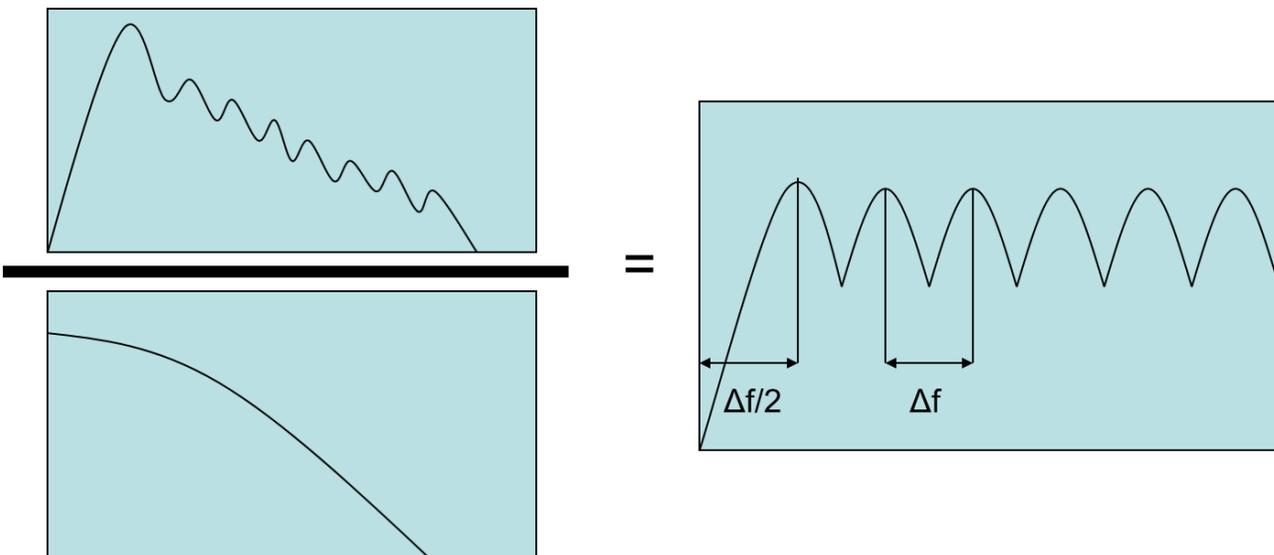
## Отличительные особенности (возможности) приборов и ПО

Наименование прибора	Удобство работы «в поле»	Удобство обработки данных на ПК	Отображение спектра сигнала	Фильтрация спектра «в ручном режиме»	Наличие функции «Подвижность»
<b>ИДС-1</b> ООО «Логис», Москва	-	-	+	+	-
<b>Спектр -4</b> ООО «Интерприбор», Челябинск	+	+	+	+	-
<b>PET</b> PileTest Ltd, United Kingdom	+	+	+	-	-
<b>SIT</b> Profound BV, Netherlands	+	+	-	-	-
<b>NDE 360</b> Olson Instruments Ltd, USA	-	-	+	+	+

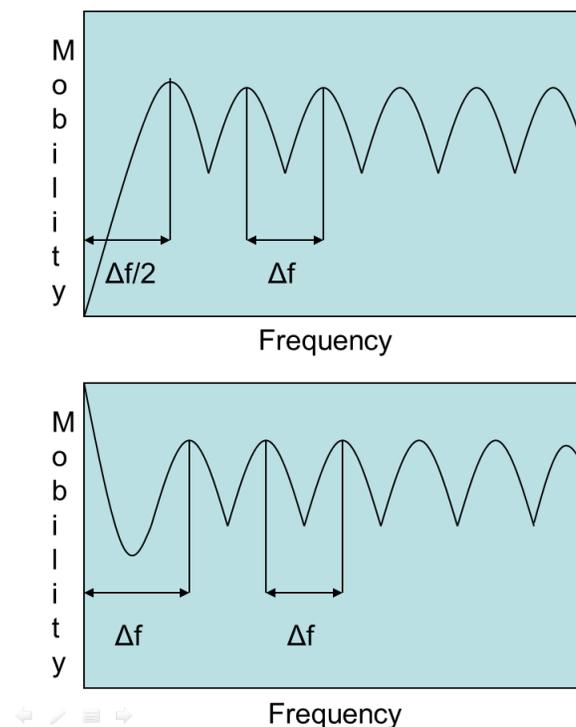


Из презентации Л.Д.Олсона (Olson Instruments, USA):

# TRANSFER FUNCTIONS: Mobility



## MOBILITY: FREE vs. FIXED



**FIXED:**  
Trough at 0 Hz  
Peak at  $\Delta f/2$

**FREE:**  
Peak at 0 Hz  
Trough at  $\Delta f/2$



## Теоретические возможности использования анализа «**Подвижности**» свай

1. Определение условий опирания пяты сваи: стойка / висячая;
2. Выявление потенциально дефектных свай по сравнению их Подвижности / Жесткости;
3. Оценка качества сваи на основании сравнения теоретического значения Подвижности с фактически измеренной.



Из описания прибора PIT-FV (PileDynamics, USA):

2) An **instrumented hammer** must be used if it is necessary to calculate the **Dynamic Stiffness**

Dynamic Stiffness is defined as

$$Z(f_0) = \frac{F(f_0)}{V(f_0)} = \frac{2\pi f_0}{M(f_0)}$$

where  $\frac{V(f_0)}{2\pi f_0}$  is the displacement (velocity divided by frequency) at a low frequency  $f_0$ .

$Z(f_0)$  may therefore be considered a pseudo-static stiffness. **By comparing the stiffness of various shafts, it is possible to single out the one with the lowest stiffness.** This is the weakest shaft, and therefore might have a defect.

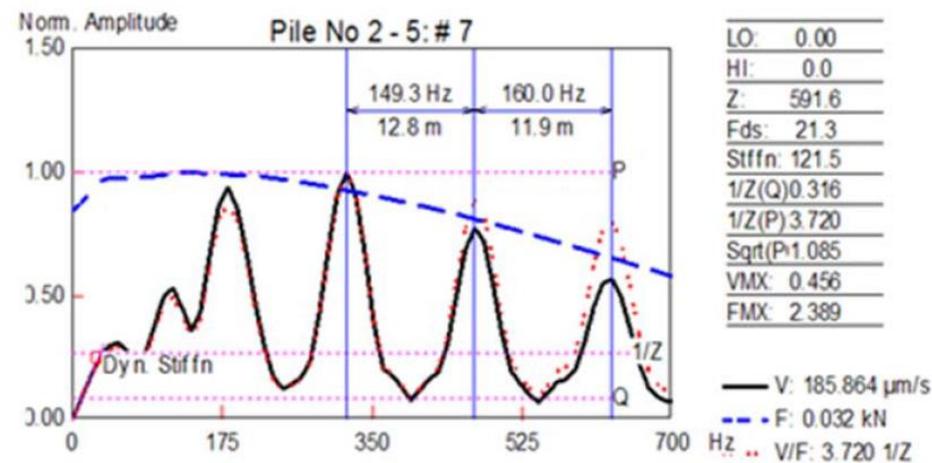


Figure 3: Mobility plot with dynamic stiffness



Из статьи к прибору TDR-2 (Testconsult Limited, United Kingdom):

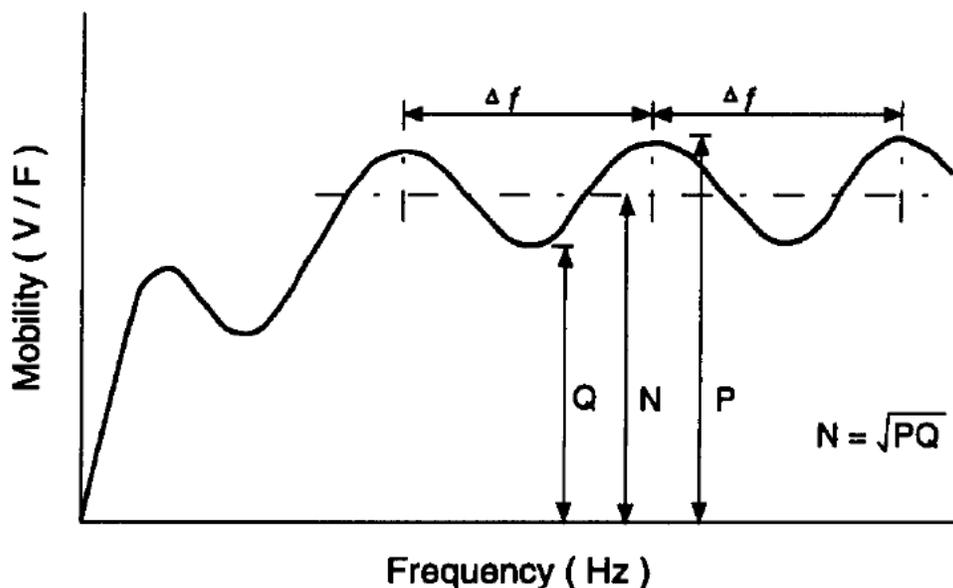


FIG. 2. Ideal Mobility Plot

The shaft mobility  $N$  is found by taking the geometric mean of the height of the resonant peaks in the portion of the mobility curve where the shaft response is in resonance and is equal to

$$N = \sqrt{PQ} \quad (2)$$

where  $P$  and  $Q$  = mobilities corresponding to the local maximum and minimum, respectively, of resonant peaks (Fig. 2). Mobility also can be defined theoretically as the inverse of pile impedance (Davis and Robertson 1975; Stain 1982):

$$N = \frac{1}{\rho_c v_c A} \quad (3)$$

where  $\rho_c$  = density of concrete; and  $A$  = cross-sectional area of the shaft. If the actual  $N$  is greater than the theoretical value, it is likely that there is a defect in the shaft caused by a smaller than anticipated cross section (i.e., a neck) or poor concrete quality (low  $\rho_c$  or  $v_c$ ).



## Из инструкции к прибору TDR-2 (Testconsult Limited, United Kingdom):

### 3. Подвижность

Плотность бетона или площадь поперечного сечения сваи (если прочность бетона известна) могут быть вычислены из средней величины **N** подвижности на резонансной части кривой, используя следующую формулу.

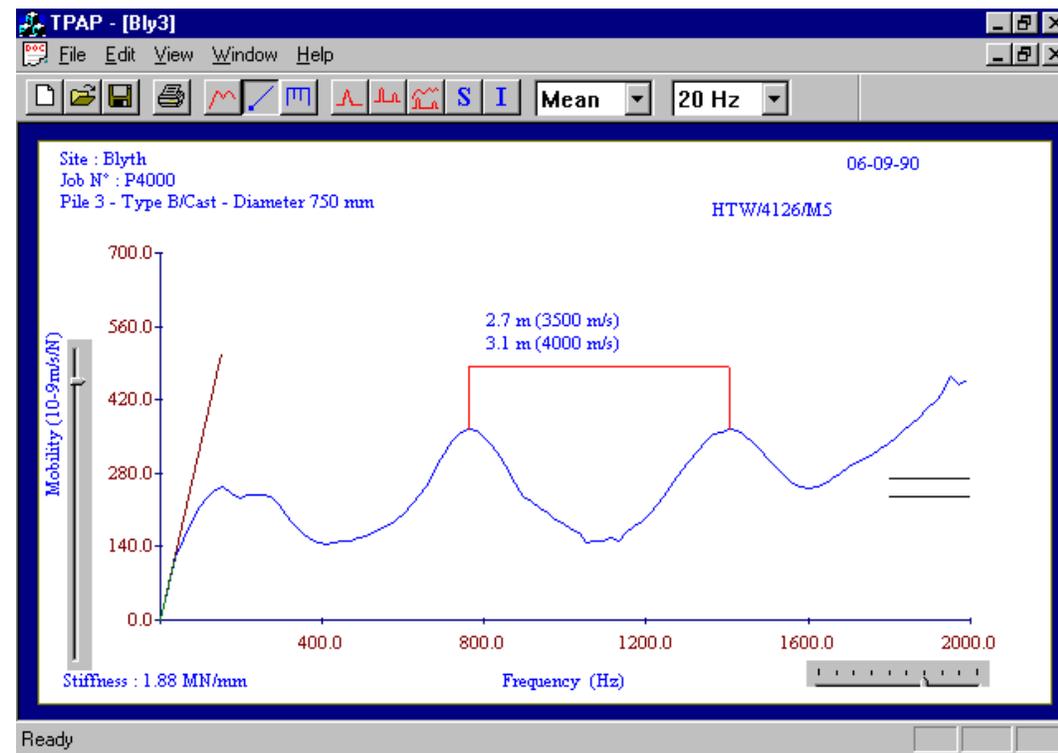
$$\text{Подвижность, } N = 1 / \rho SA$$

Где:

$\rho$  = плотность бетона

$S$  = скорость продольной волны в бетоне

$A$  = площадь поперечного сечения сваи





## **Вывод:**

Сейсмоакустический метод не является простым методом НК и, в реальности, не всегда дает простой и адекватный результат.

Но в опытных руках, при профессиональном подходе позволяет успешно решать задачи диагностики свай:

- различных типов;
- из различных материалов;
- при наличии ростверка (здания) различной конструкции.



## **СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**



**Улыбин Алексей Владимирович**  
к.т.н, генеральный директор ООО «ОЗИС-Венчур»

[o.zis@mail.ru](mailto:o.zis@mail.ru)

+7 (812) 657-12-53

+7 (921) 777-45-16