



**ОЗИС-Венчур**



Тел./факс:  
+7 (812) 657-12-53



www:  
ozis-venture.ru



Адрес:  
195257, Санкт-Петербург, ул. Вавиловых,  
д. 4, корп. 1, пом. 455

Доклад на VII международной научно-практической конференции  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА И СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ»**

# **Опыт и специфика контроля длины стальных свай-оболочек (трубосвай) сейсмоакустическим методом**

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

**Улыбин Алексей Владимирович**



## Объекты использования стальных трубосвай

### 1. Гидротехнические сооружения





## Объекты использования стальных трубосвай

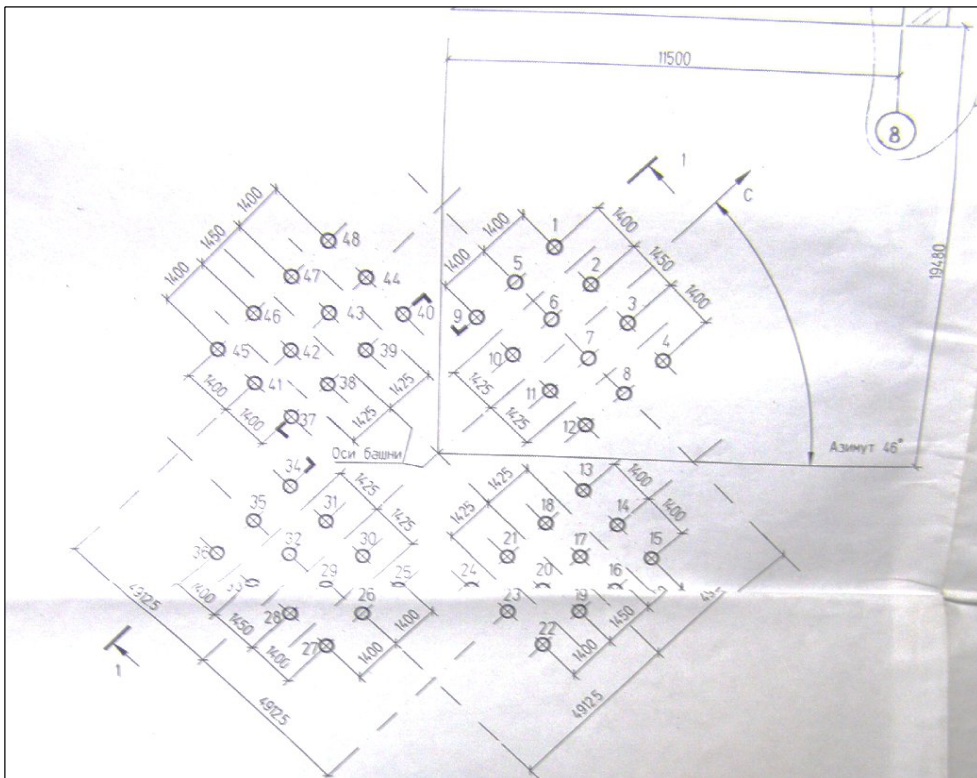
### 2. Различные сооружения на объектах нефтегазодобычи





## Объекты использования стальных трубосвай

### 3. Опоры антенно-мачтовых сооружений





## Объекты использования стальных трубосвай

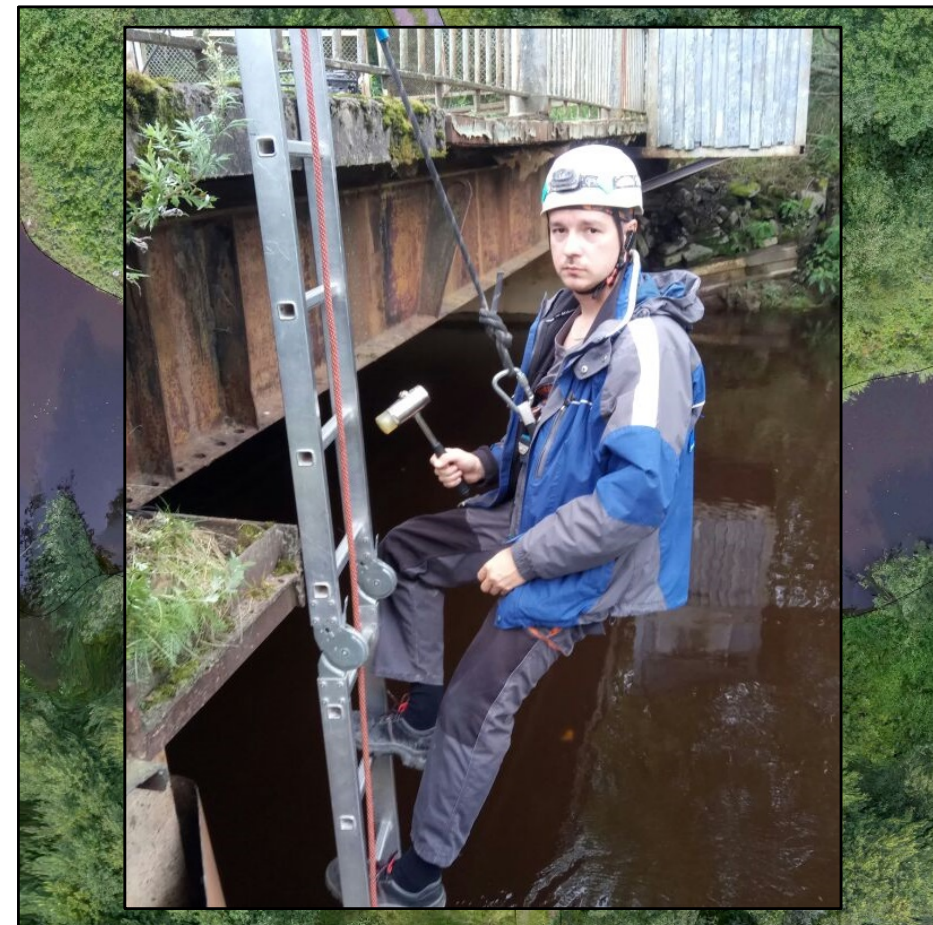
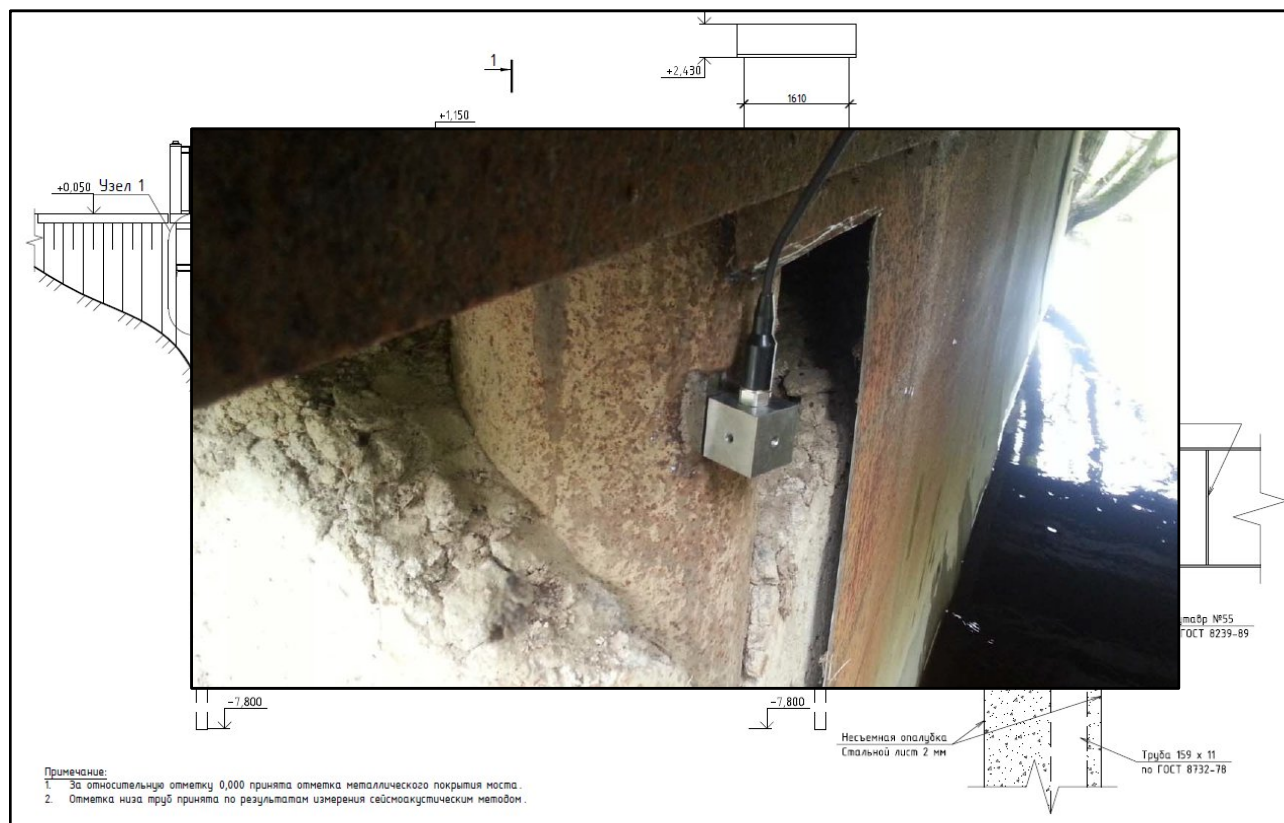
### 4. Объекты транспортной инфраструктуры





## Объекты использования стальных трубосвай

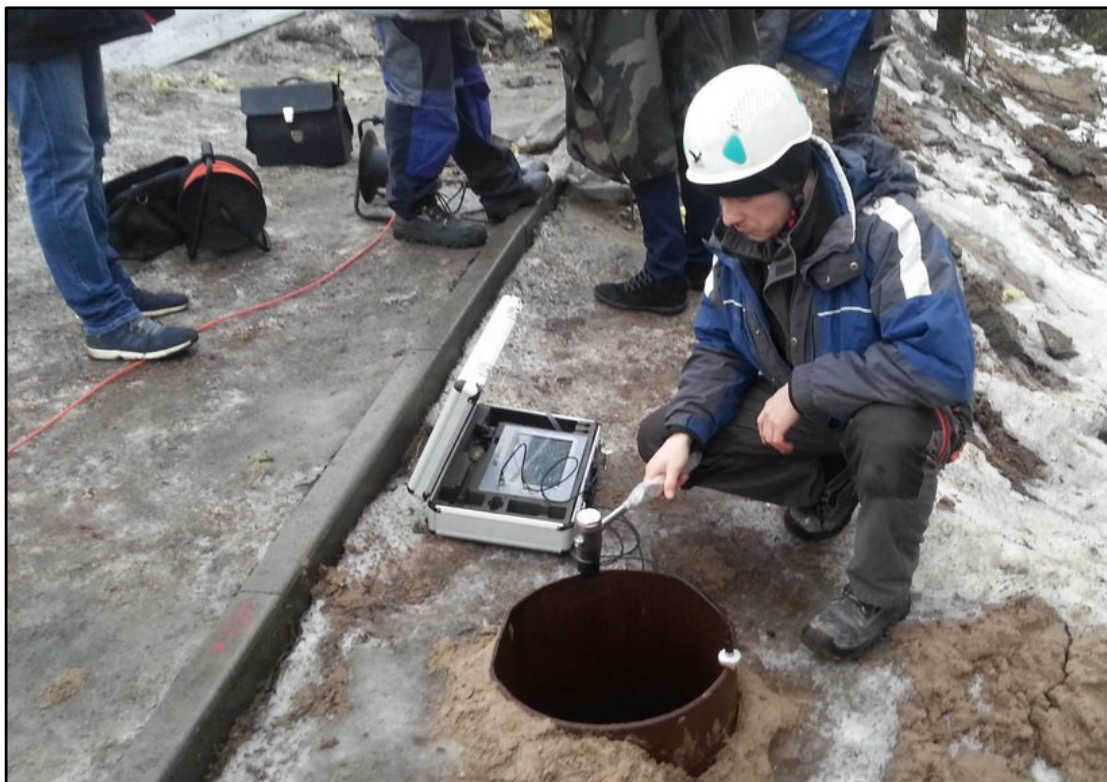
### 4. Объекты транспортной инфраструктуры





## Объекты использования стальных трубосвай

### 5. Опоры трубопроводов, экранов и пр.





## Объекты использования стальных трубосвай

### 6. Буроопускные сваи различных объектов на вечномёрзлых грунтах







## Объекты использования стальных трубосвай

### 7. Винтовые сваи коттеджей и других легких зданий на слабых грунтах





# Объекты использования стальных трубосвай

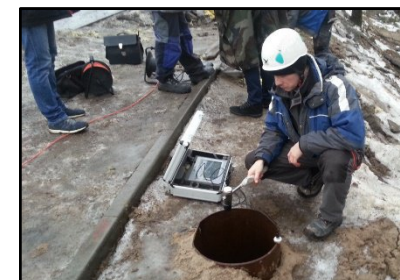
## 8. Сваи усиления фундаментов исторических зданий





## Задачи контроля длины

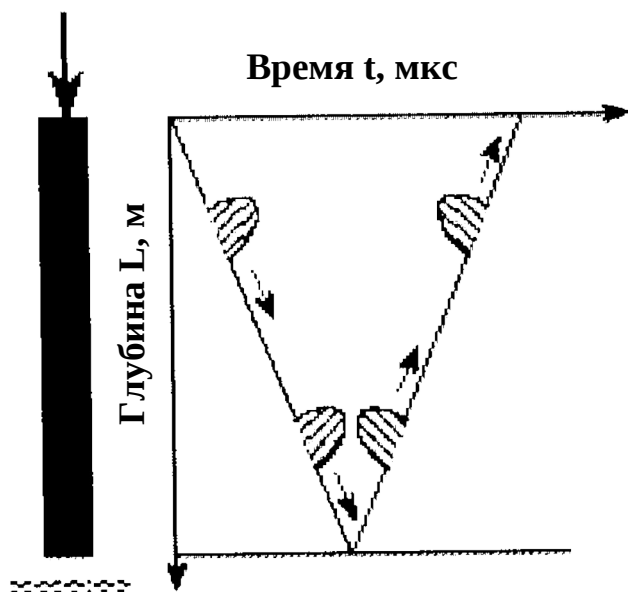
1. **Операционный контроль при строительстве;**
2. **Проверка соответствия проекту при реконструкции и возобновлении строительства недостроенных объектов;**
3. **Выявление конструктивного решения в случае отсутствия проектной документации;**
4. **Контроль длины при наличии деформаций фундамента.**



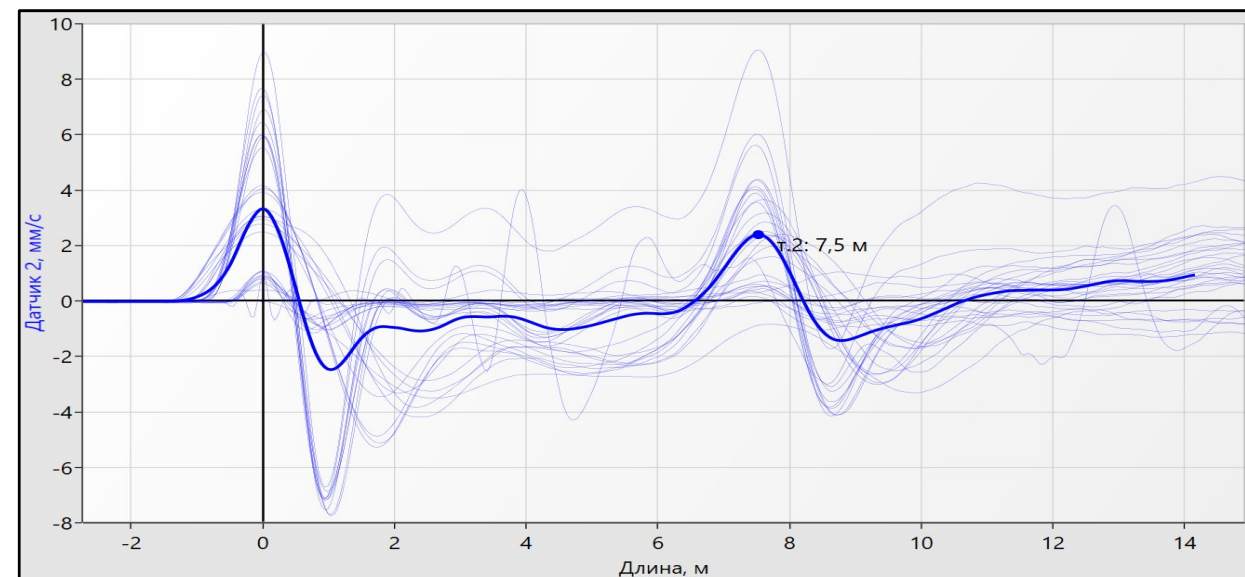


## Сейсмоакустический метод контроля

Основан на возбуждении в оголовке сваи низкодеформативного акустического импульса и регистрации волн отклика (эха), отраженного от различных контрастных границ, встречающихся по пути распространения волн в стволе (конца сваи, дефектов, стыка, смены грунтовых условий и пр.).



«Амплитуда» сигнала



Расстояние  $L = t \cdot V / 2$



## Сейсмоакустический метод контроля

- Метод регламентируется большим количеством зарубежных нормативных документов, в том числе ASTM D5882-16 Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations.
- Российский норматив, регламентирующий данный метод находится в стадии разработки.
- Метод широко применяется во всем мире для сборных и буровых железобетонных свай.
- **Применимость метода для стальных свай часто ставится под вопросом.**



## Фрагмент текста ASTM D5882 1996 г.:

### **4. Significance and Use**

4.1 Low strain integrity testing provides velocity and force (optional) data on structural elements (that is, structural columns, driven concrete piles, cast in place concrete piles, concrete filled steel pipe piles, timber piles, etc.). This data assists evaluation of pile integrity and pile physical dimensions (that is, cross-sectional area, length), continuity, and consistency of the pile material. This test method will give information regarding the pile bearing capacity.

## Фрагмент текста ASTM D5882 2016 г.:

### **4. Significance and Use**

4.1 Low strain impact integrity testing provides acceleration or velocity and force (optional) data on slender structural elements (that is, structural columns, driven concrete piles, cast in place concrete piles, concrete filled steel pipe piles, timber piles, etc.). The method works best on solid concrete sections, and has limited application to unfilled steel pipe piles, H piles, or steel sheet piles. These data assist evaluation of the pile cross-sectional area and length, the pile integrity and continuity, as well as consistency of the pile material, although evaluation is approximate. This test method will not provide



## Фрагмент брошюры к прибору NDE-360 Olson Instruments (США)

### FTG Information & Features

#### Applicable For:

- Drilled Shafts
- Driven Concrete Piles
- Timber Piles

#### Test For:

- Deep Foundation Depth
- Integrity:
  - Cracks
  - Voids
  - Soil/Water Intrusions
  - Uncured or Weak Concrete

## Фрагмент брошюры к прибору SIT Profound (Нидерланды)

# SIT-series Pile Integrity Testing



Sonic Integrity Testing (SIT) is a widely used measurement method to check the integrity of concrete foundation piles. This Low Strain Impact Test is a quick non-destructive method to reduce the risk upon failure of cast-in-situ or prefab piles. With a Profound SIT system you check the pile shaft for defects or irregularities. Measurements can indicate whether the foundation pile will be capable of passing on the load to the bearing layers.

### *Cost-effective*

Pile Integrity Testing is a proven technique to check the integrity of concrete piles in an efficient and cost-effective way before they are incorporated in the final foundation.



Depending on the SIT model, you are able to continuously perform tests between 4 up to 8 hours with the integrated high-performance Lithium battery.

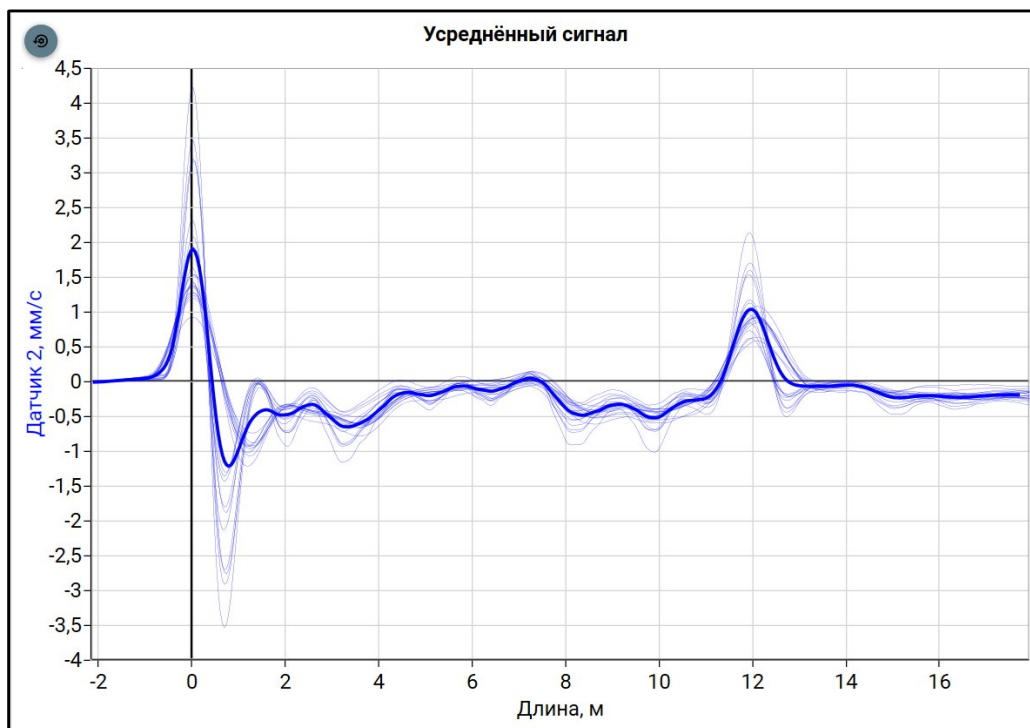


## Факторы, усложняющие контроль стальных свай

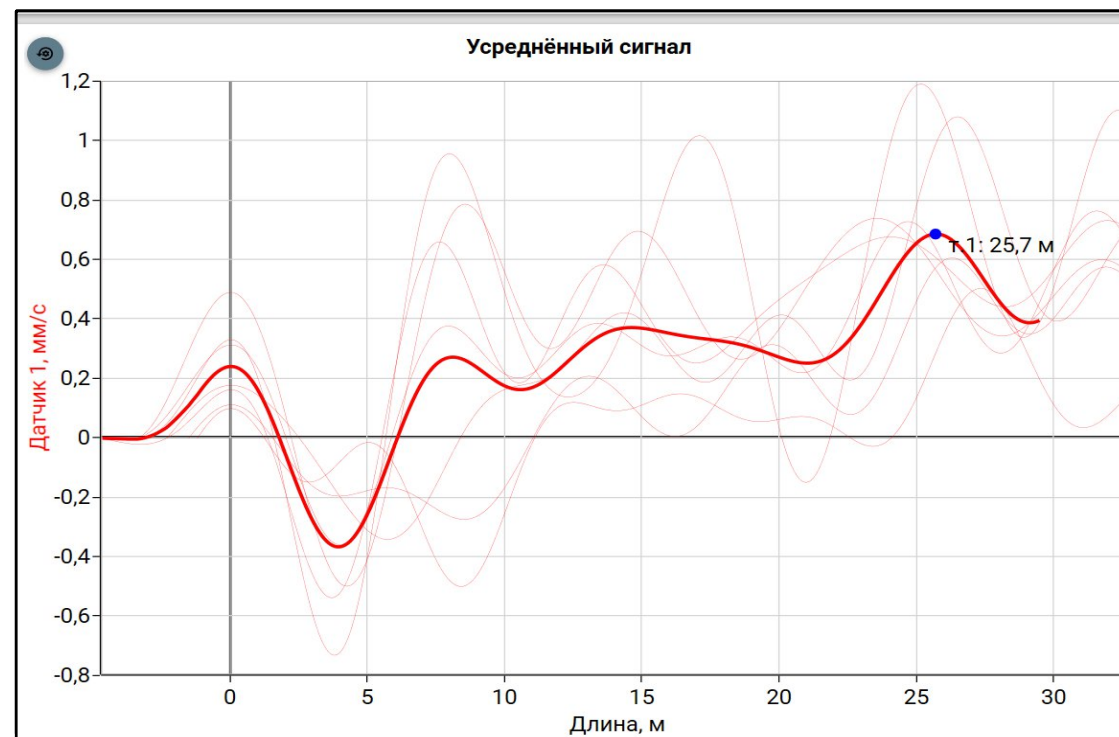




1. Сложность возбуждения в оголовке сваи (без ее заполнения и свободном доступе к торцу) волн преимущественно продольного типа =>  
**нестабильность получаемого сигнала**



Пример сигнала при работе со сборной ж/б сваей

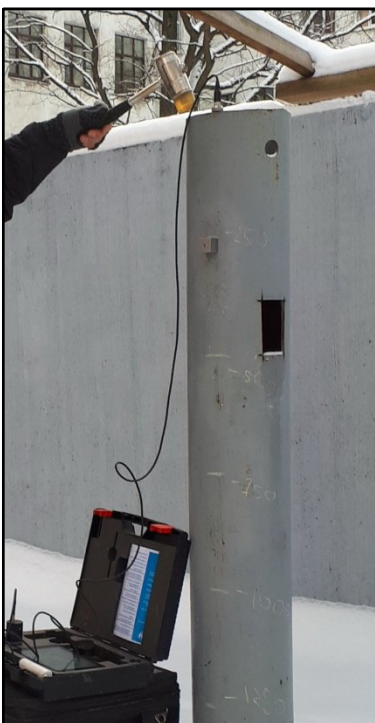


Пример сигнала при работе на свае-оболочке большого диаметра

## 2. Отсутствие участка для установки датчика и нанесения удара при наличии сооружения на свае

### 2.1 Варианты установки датчика

#### 1. Вырезание «окон»



#### 2. Приваривание консоли



#### 3. Установка магнитного датчика





## 2. Отсутствие участка для установки датчика и нанесения удара при наличии сооружения на свае

### 2.2 Варианты нанесения удара

1. Удар в «окне» или по консоли



2. Удар по ростверку сверху



При стальной обвязке удар  
ТОЛЬКО в зоне расположения  
трубы

3. Удар по ростверку снизу =  
«Растяжение» сваи

**Альтернативный  
вариант**



### **3. Значительное влияние на скорость стержневой волны материала заполнения сваи**

- Скорость продольных звуковых волн ( $V$ ) в металле по теоретическим данным составляет  $5000 \pm 100$  м/с
- При заполнения внутренней полости сваи различными материалами (мелкозернистым или тяжелым бетоном, цпс, грунтом основания и др. скорость в свае в целом изменяется и становится неизвестной.
- На практике довольно сложно определить / проверить материал заполнения внутреннего пространства сваи и оценить его свойства.



## Экспериментальные исследования (2013 г. СПбПУ)

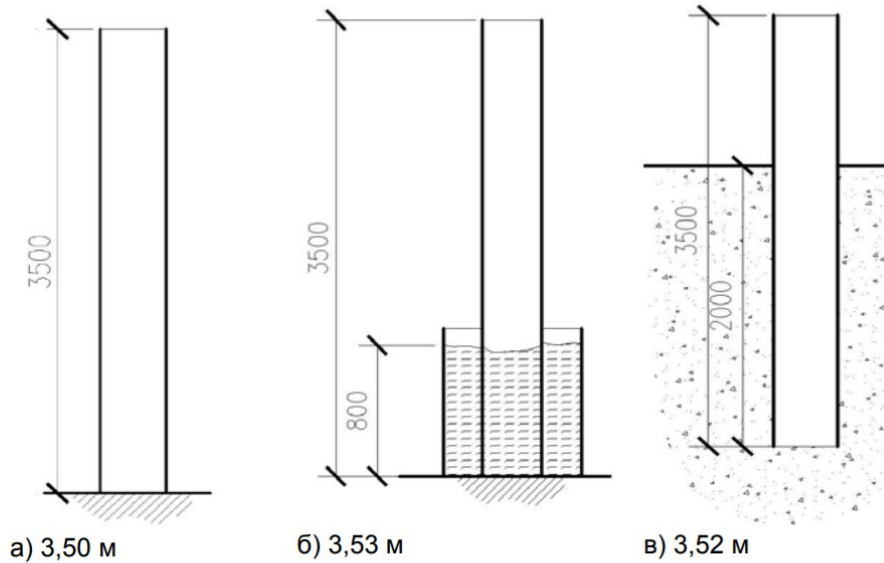
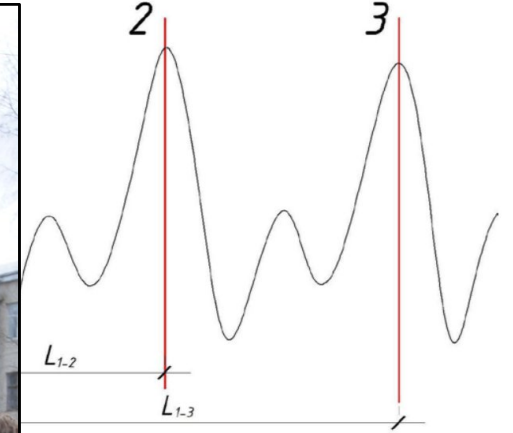


Рисунок 2. Схемы установки сваи и результат измерений длин  
грунте, д) - в грунте (заполнение полости)



... с маркерами, установленными в интересующих пиках



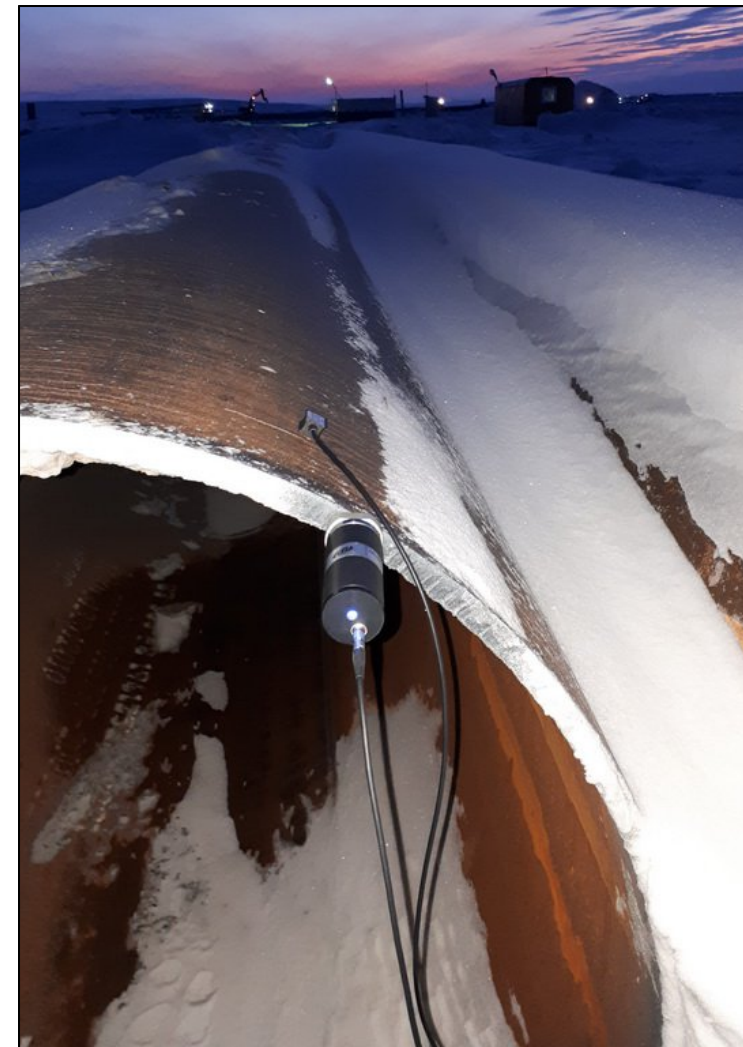
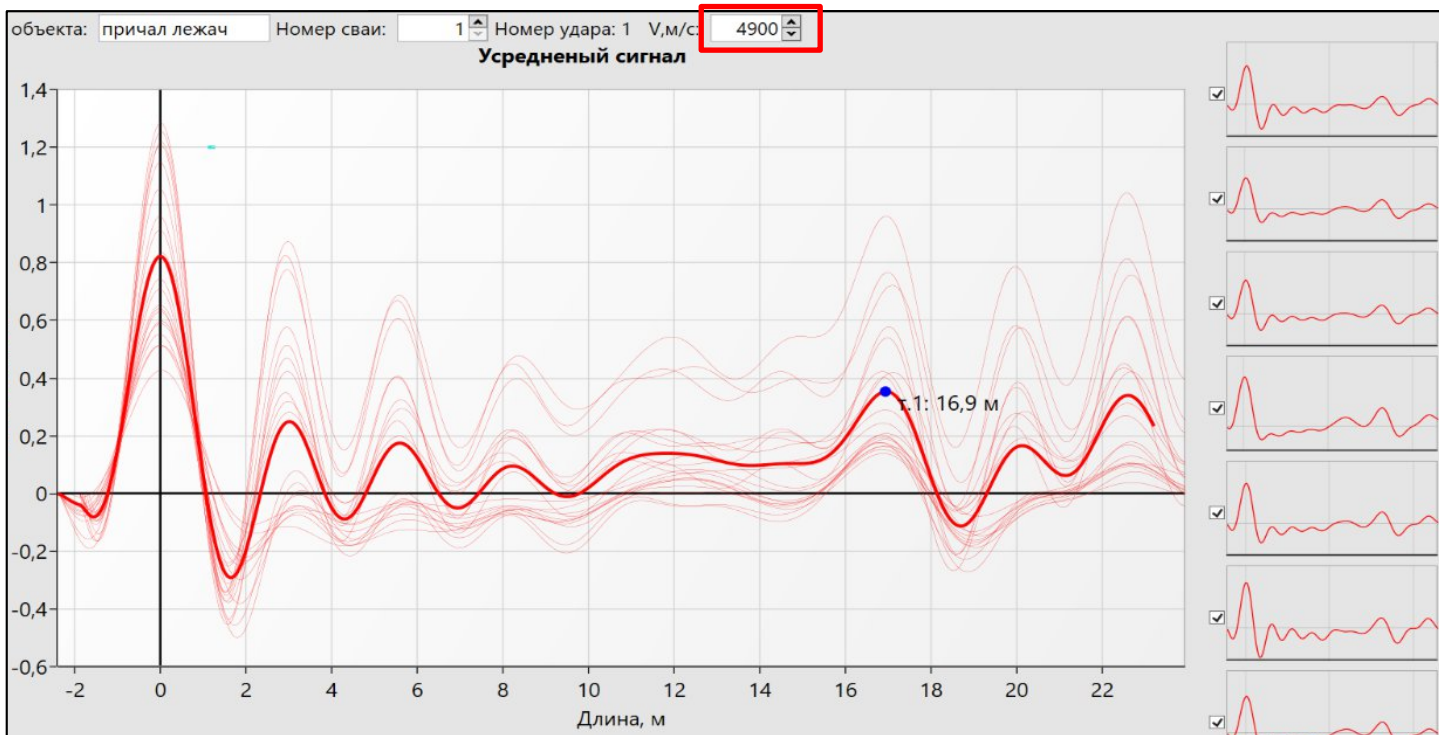
[Корнев В.В., Улыбин А.В.  
Метод контроля длины стальных свай-оболочек]



## Исследования на объекте (2019 г. п-ов Ямал)

**V = 4900 м/с**

Тип свай: забивные сваи-оболочки 1020 мм с заполнением грунтом основания.  
Проектная длина свай 9,0 - 23,0 м

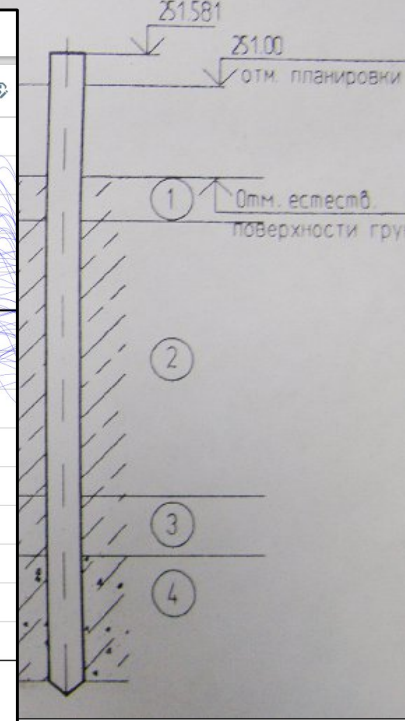
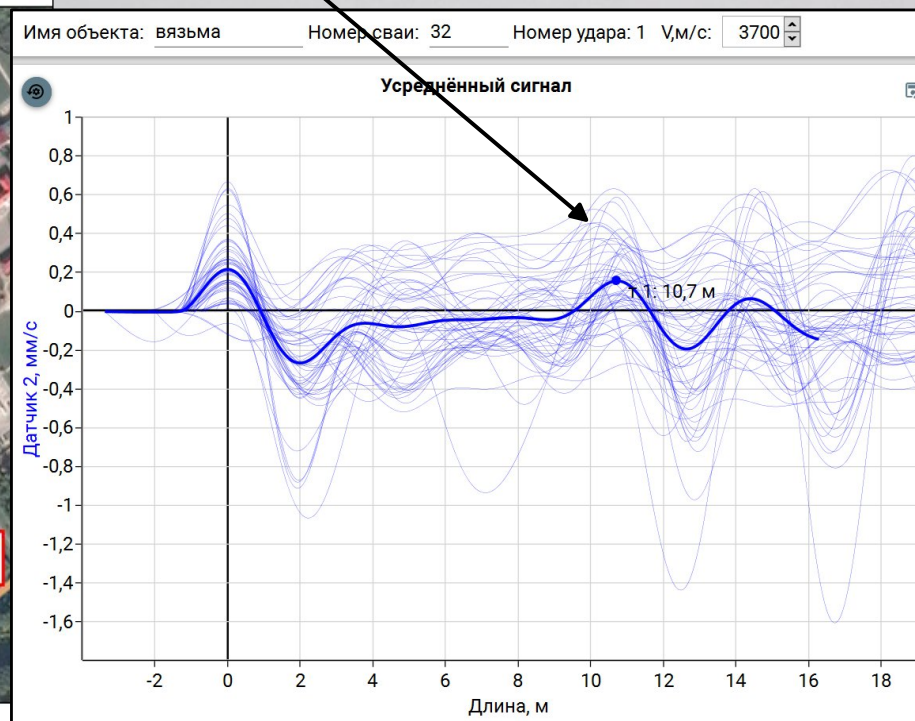
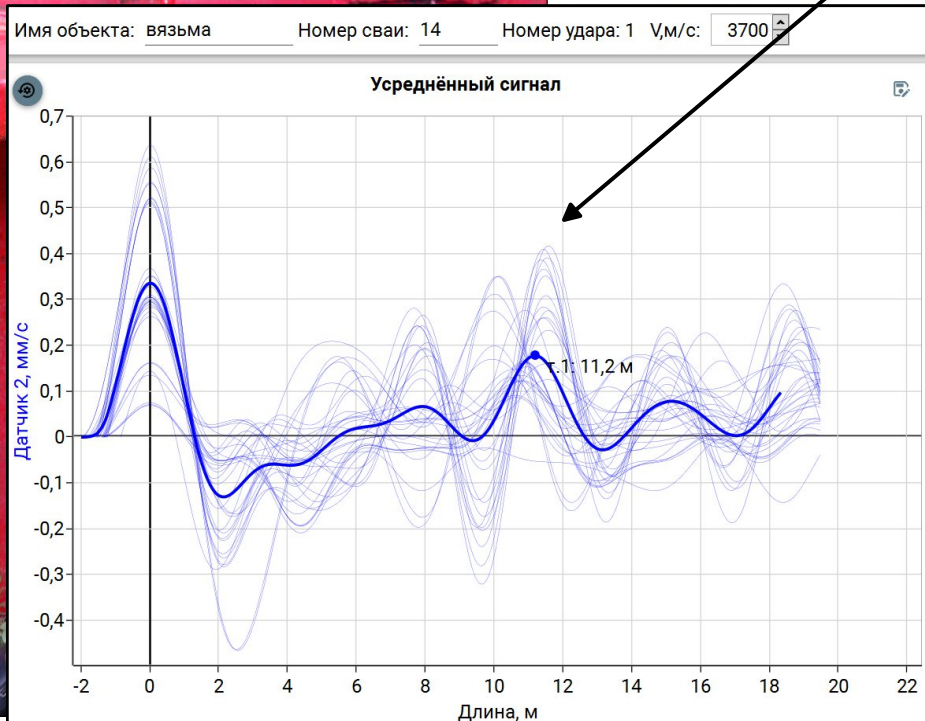
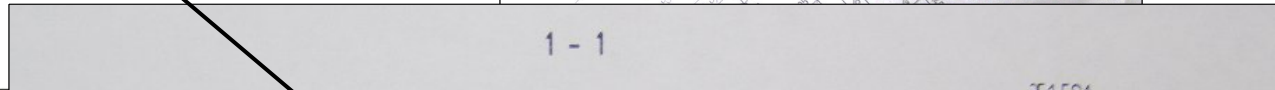
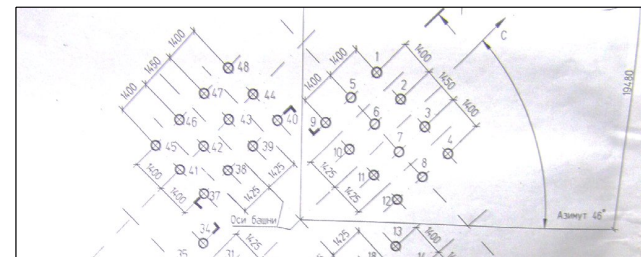




## Исследования на объекте (2019 г. Смоленская область)

Тип свай: забивные сваи-оболочки 530 мм с заполнением «пескобетоном класса В7,5». Проектная длина свай 11,0 м

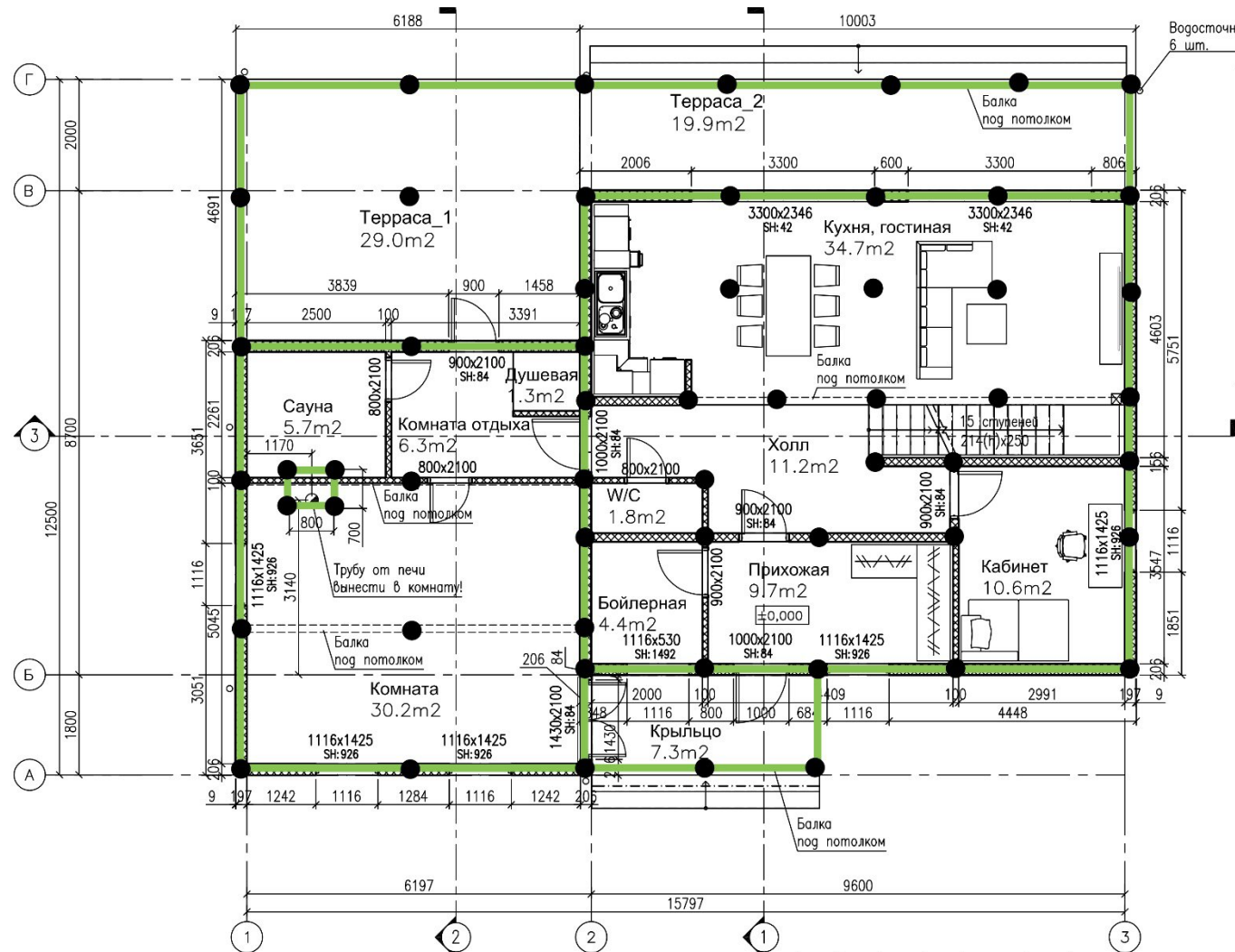
**V = 3700 м/с**





## Исследования на объекте (2019 г. пос. Сяргы, Лен. область)

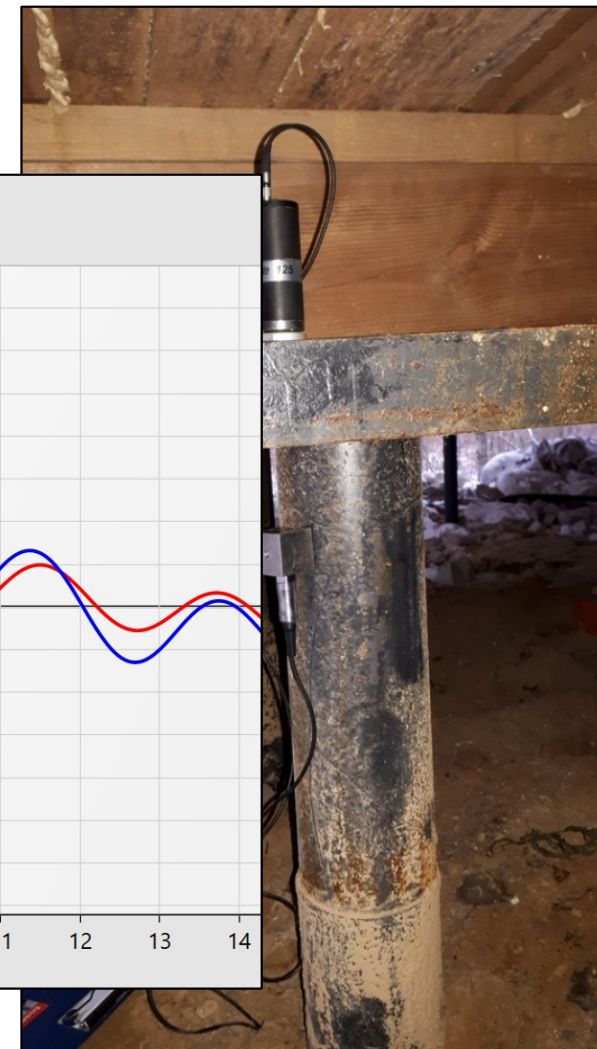
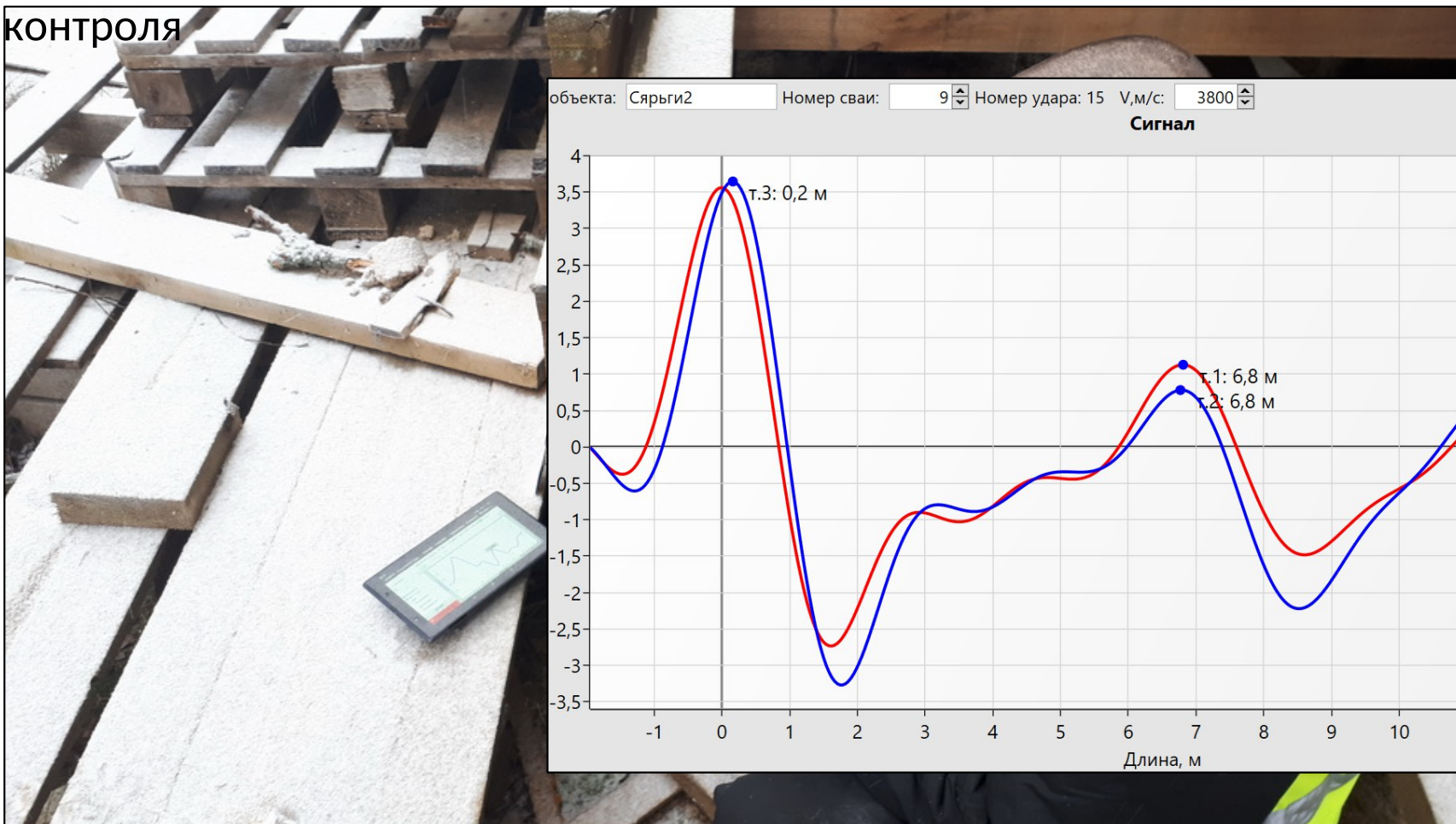
Тип свай: винтовые трубосваи с заполнением ЦПС;  
Количество: 60 шт. Проектная длина: 6,5 м.







## Результаты сейсмоакустического контроля





### Результаты контроля при задании разных скоростей распространения стержневой волны



	5000	3800	
	5,0	3,9	
	X	X	
	7,5	5,7	
	X	X	
	7,5	5,9	Удлинен
	8,6	6,6	Свая
	8,2	6,3	Свая
	X	X	Свая
	8,5	6,5	Свая
	6,2	4,7	
	6,8	5,2	
	6,8	5,1	
	6,1	4,6	
	7,1	5,3	
	6,7	5,1	
	6,9	5,1	
	5,9	4,5	
	7,9	6,1	Отдельно
	5,7	4,3	





## Экспериментальные исследования (2020 г. Лаборатория «ОЗИС-Венчур»)

### Объект исследования

Тип сваи: Стальная труба диаметром 130 мм  
с заполнением мелкозернистым бетоном  
с добавками;

Количество: 1 шт.

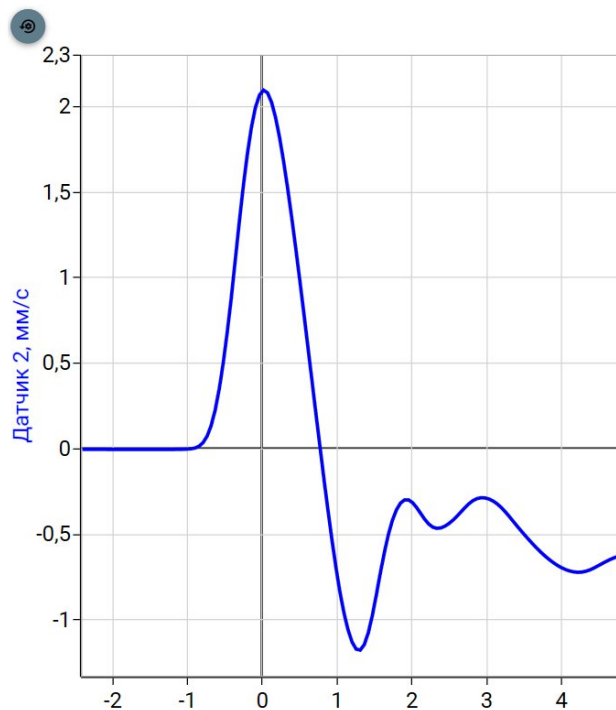
Фактическая длина: 6,2 м.





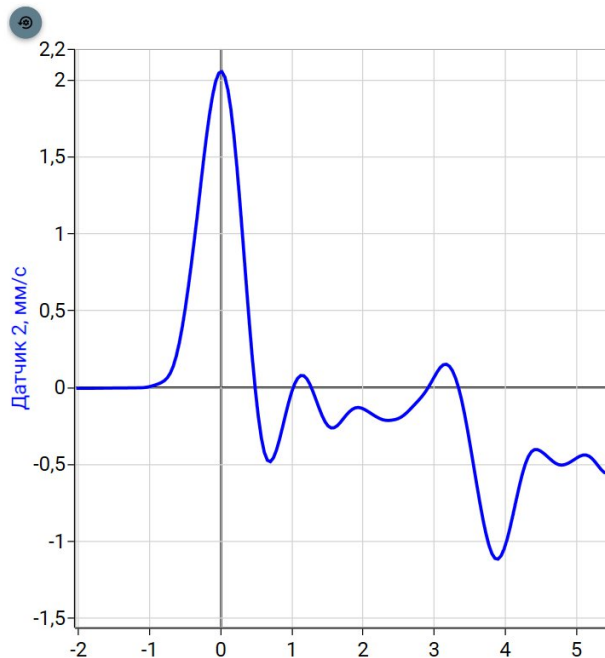
## Динамика изменения скорости стержневой волны в свае

Имя объекта: Свая 401    Номер сваи: труба 30. Номер удара: 22    V, м/с:



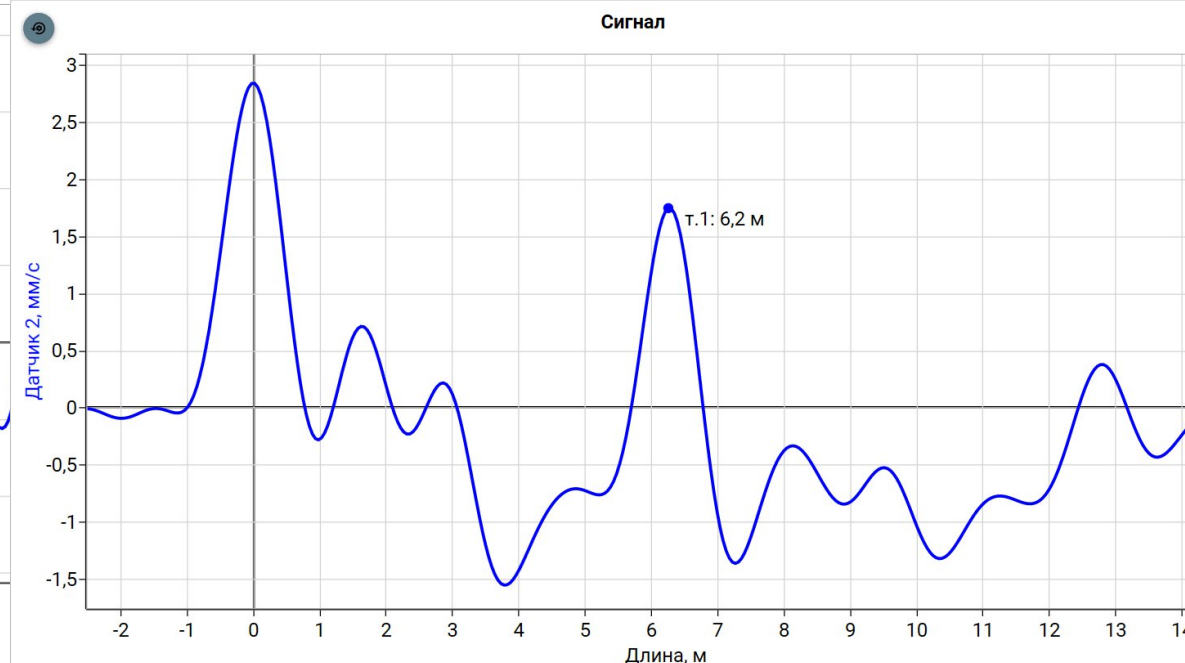
1. Измерение в свае  
(без заполнения бетоном)

Имя объекта: Свая 401    Номер сваи: бетон 05 Номер удара: 13    V, м/с:



2. Измерение в свае с  
бетоном в возрасте 4 дня

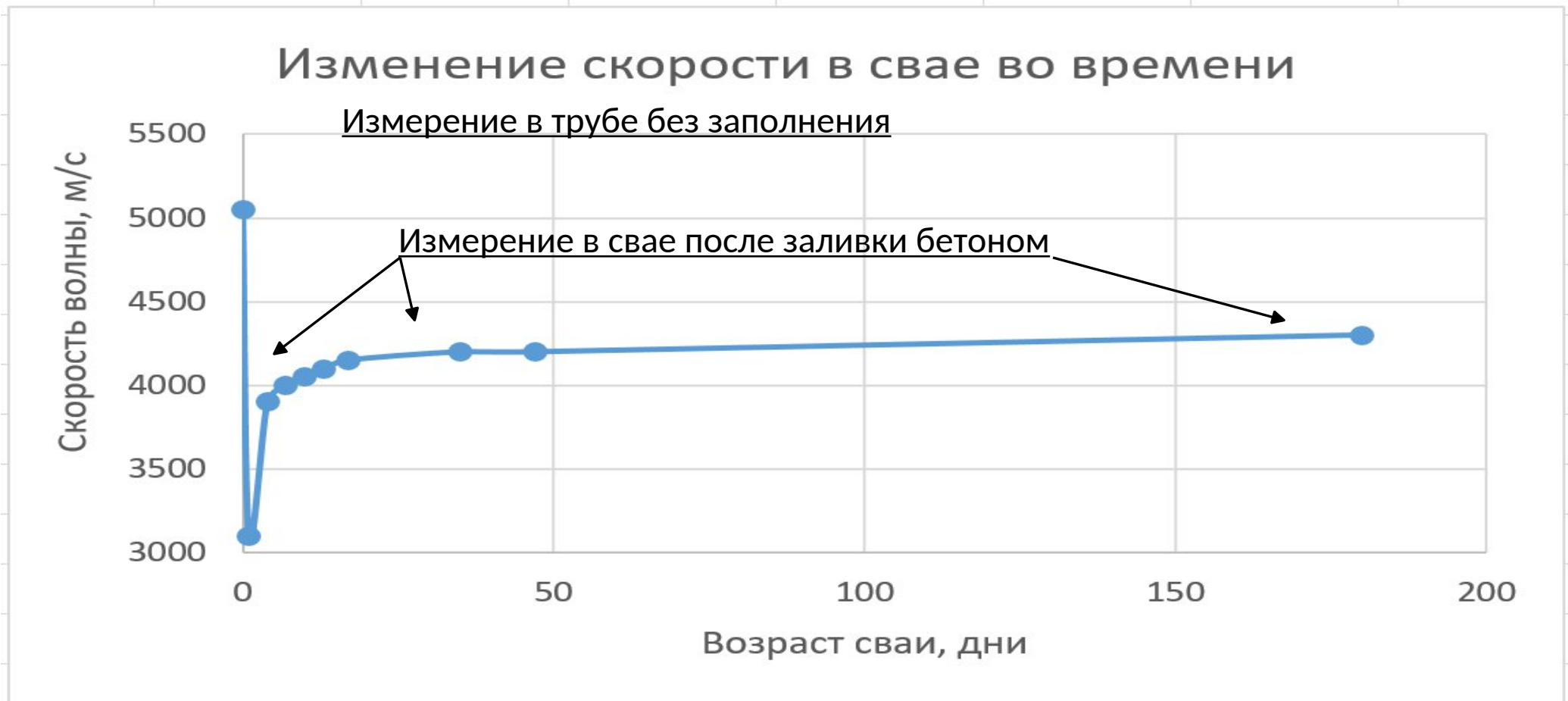
Имя объекта: свая 401 02.01.2 Номер сваи: 1    Номер удара: 7    V, м/с:



3. Измерение в свае с бетоном в  
возрасте 6 месяцев



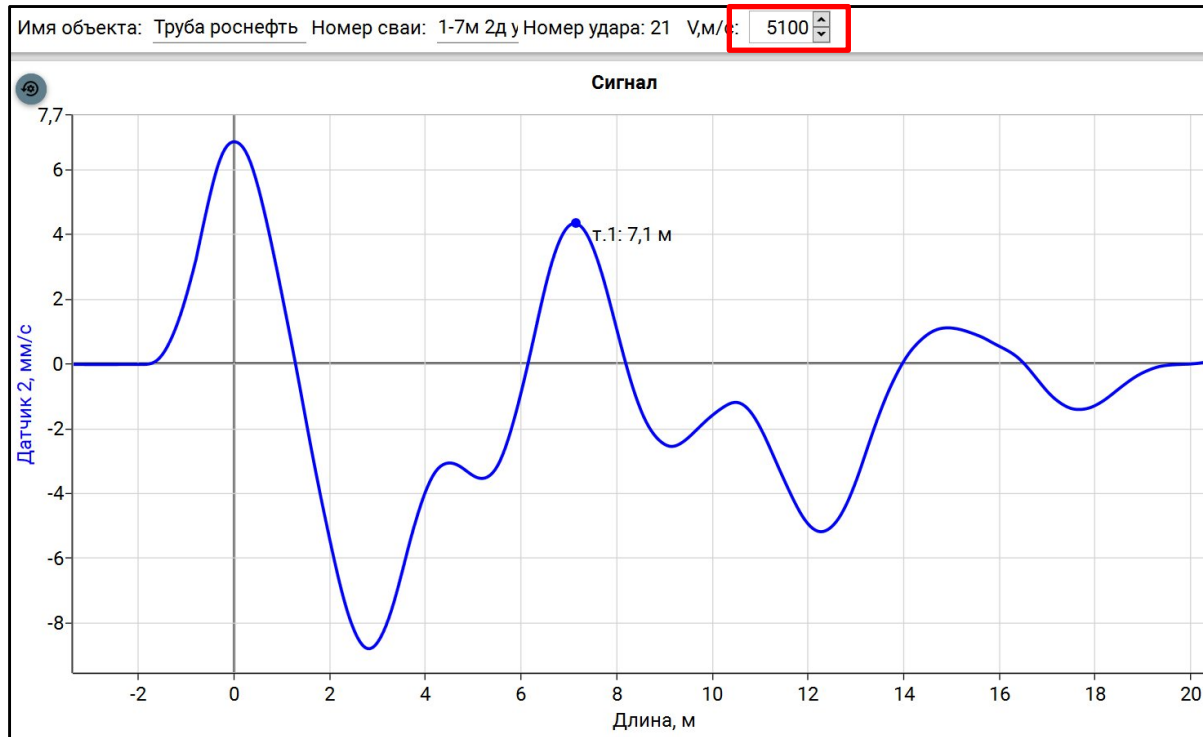
## Динамика изменения скорости стержневой волны в свае





## Экспериментальные исследования (2021 г. Опытный стенд НТЦ «Роснефть» - Краснодар) Объект исследования

Тип сваи: Стальная труба  
диаметром 160 мм  
с заполнением песком;  
Количество: 1 шт.  
Фактическая длина: 7,2 м.





## Выводы :

1. Стальные трубосваи (сваи-оболочки) широко используются на различных промышленно-гражданских объектах во многих регионах России и в различных ситуациях требуют контроля фактической длины.
2. Применение датчика магнитного типа с креплением на боковую поверхность является наиболее простым и эффективным решением.
3. Правильное возбуждение стержневой волны в стальных сваях (выбор ударного источника, направления удара, его «чистоты» и амплитуды) играет решающую роль в процессе полевых измерений. Наличие ростверка и заполнения сваи упрощает процесс возбуждения колебаний.
4. Скорость стержневой волны в свае напрямую зависит от материала заполнения сваи и должна определяться экспериментальным путем.
5. Опыт проведенных лабораторных и практических исследований показал, что применяя комплексную обработку полученных сигналов (усреднение, частотная фильтрация, амплитудная коррекция) имеется возможность контроля длины стальных свай – оболочек (трубосвай).



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



**Улыбин Алексей Владимирович**

**+7-921-777-45-16**

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