

**Горбач Павел Сергеевич,**

к.т.н., зав. каф. ПГС, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: gorbachps@mail.ru

**Шустов Павел Александрович,**

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: pgs@angtu.ru

**Бахматов Иван Юрьевич,**

магистрант, Иркутский национальный исследовательский технический университет

## **НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Gorbach P.S., Shustov P.A., Bahmatov I.U.**

### **NONDESTRUCTIVE CONTROL METHOD OF BUILDING CONSTRUCTIONS**

**Аннотация.** В работе рассмотрен способ решения инженерной задачи по определению длины свай в составе ростверка.

**Ключевые слова:** обследование, свая, ростверк, неразрушающий контроль.

**Abstract.** In work the way of the solution of an engineering task of determination of length of piles as a part of a grillage is considered.

**Keywords:** inspection, pile, grillage, nondestructive control.

При обследовании строительных конструкций, а также при проведении работ по реконструкции и ремонту зданий и сооружений, часто стоит задача в определении глубины залегания свай в грунт основания, т.к. эта информация имеет решающее значение при проведении работ, когда разработан проект и определена дополнительная нагрузка. Сложность заключается в том, что доступа к объекту исследования практически нет, а методы вскрытия по техническим причинам не всегда являются возможными и трудоемкими, поэтому требуются дистанционные способы решения данной задачи, к ним можно отнести неразрушающий контроль, позволяющий оперативно получить информацию об обследуемом объекте, не влияя на процесс его эксплуатации.

Задача определения глубины залегания осложняется, если свайные конструкции объединены ростверком, что не дает доступа к оголовку сваи, затрудняя тем самым определение ее длины. Для решения данной задачи используются способы, основанные на применении волновых методов [1].

Целью настоящей статьи является поиск оптимальных решений для определения длины свай, объединенных ростверком, по ультразвуковому эхо при обследовании технического состояния свайных фундаментов.

В области интересов авторов оказалось нежилое каркасное здание, находящееся в городе Иркутске, где необходимо было выполнить детальное обследование и определить глубину залегания свай.

При обследовании были выбраны три сваи, расположенные в кустах по осям: В/1, В/3 и Б/6. План расположения свай показан на рисунке 1. Доступ к оголовку свай невозможен, в этом случае измерение длины сваи производится через ее боковую поверхность, но не с помощью специальной металлической

подставки для размещения датчика (акселерометра) как указано в [2] ввиду наличия большой неточности измерения.

Для размещения акселерометра и возбуждения колебаний на каждой свае были сформированы (выфрезерованы) по две горизонтальные площадки, расположенные ниже отметки подошвы ростверка на 0,5 м (рисунки 2, 3).

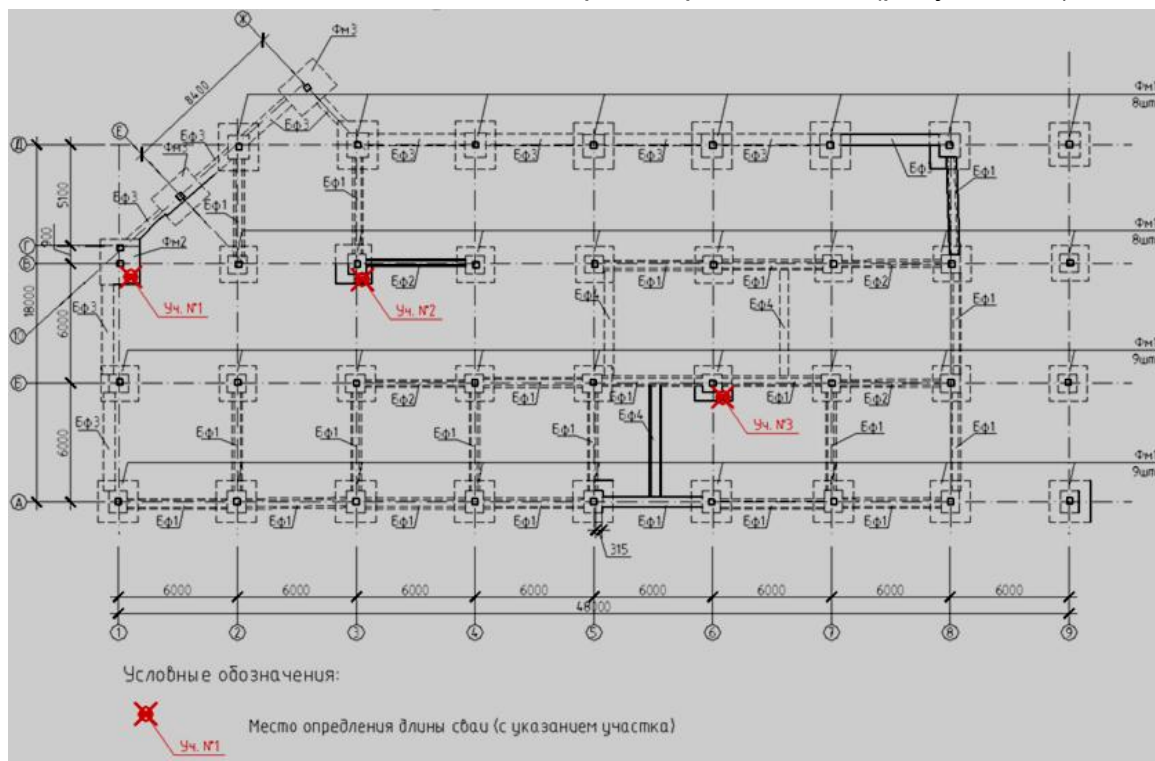


Рисунок 1 – План расположения мест испытываемых свай



Рисунок 2 – Площадки в теле сваи

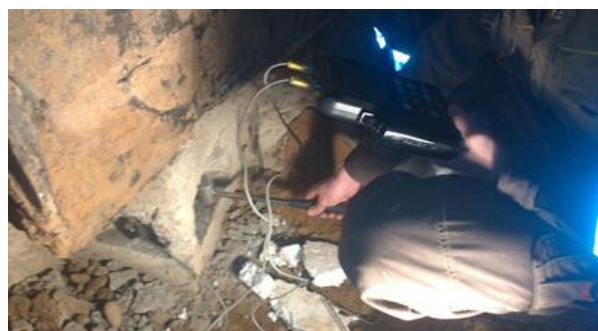


Рисунок 3 – Испытание сваи

Перед проведением испытаний была определена скорость прохождения ультразвука методом сквозного прозвучивания сваи по [3] с применением прибора «Бетон 32». При базе прозвучивания равной 0,35 м, время прозвучивания составило 84,7-95,2 мс, что при среднем значении времени 86,4 мс дает скорость 4050 м/с, заложенную в дальнейших расчетах.

По результатам испытаний (рисунки 4-9) фиксировались вибросигналы во времени и спектры частот виброколебаний. Вычисление длин производилось по двум группам исходных данных (по двум зависимостям):

$$H=V \cdot (T_n - T_{n-1}) / 2,$$

где  $V$  – измеренная скорость ультразвука в теле бетона сваи, 4050 м/с;  $T_n$  и  $T_{n-1}$  – время фиксации соседних отраженных сигналов, с;  $H$  – длина сваи от точки измерения до опорного конца, м.

$$H=V / (f_n - f_{n-1}) \cdot 2,$$

где  $V$  – измеренная скорость ультразвука в теле бетона сваи, 4050 м/с;  $f_n$  и  $f_{n-1}$  – частоты, соответствующие двум соседним экстремумам, кроме первого, Гц;  $H$  – длина сваи от точки измерения до опорного конца, м.

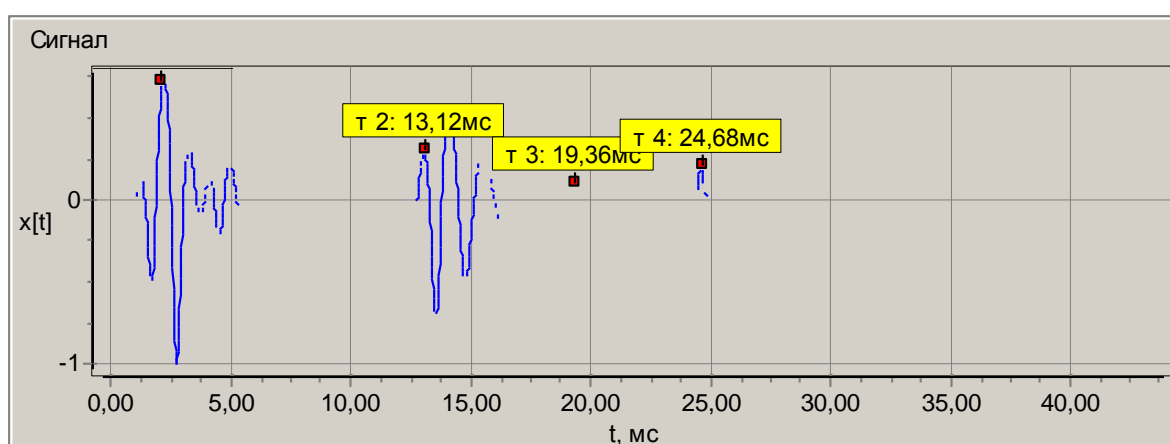


Рисунок 4 – График измеренных сигналов на свае 1

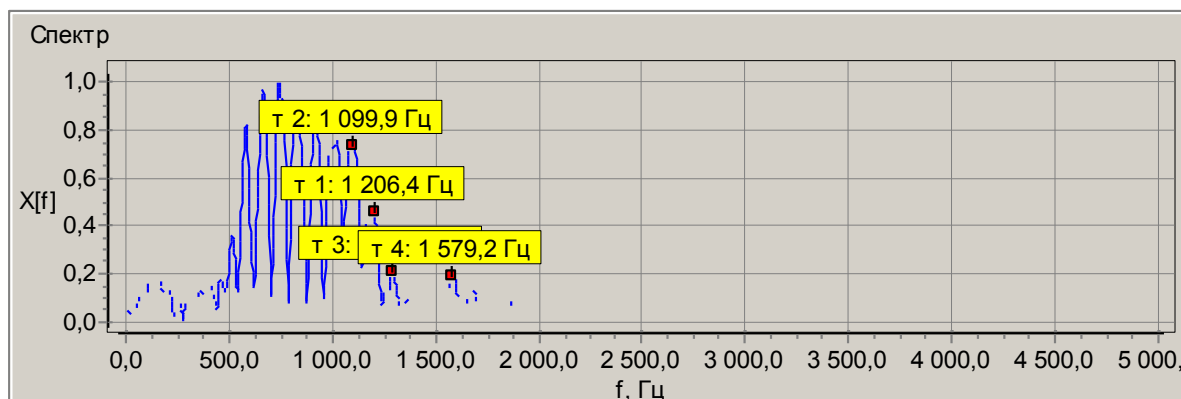


Рисунок 5 – Спектр частот сигналов на свае 1

Исследования вышеописанным методом выполняются в соответствии с нормативными и методическими документами:

– ASTM D 5882-07 (2013) «Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations» [4];

– Технологический регламент по применению неразрушающего экспресс-контроля сплошности свай методом «СОНИК» (ОАО ЦНИИС, 2002) [5].

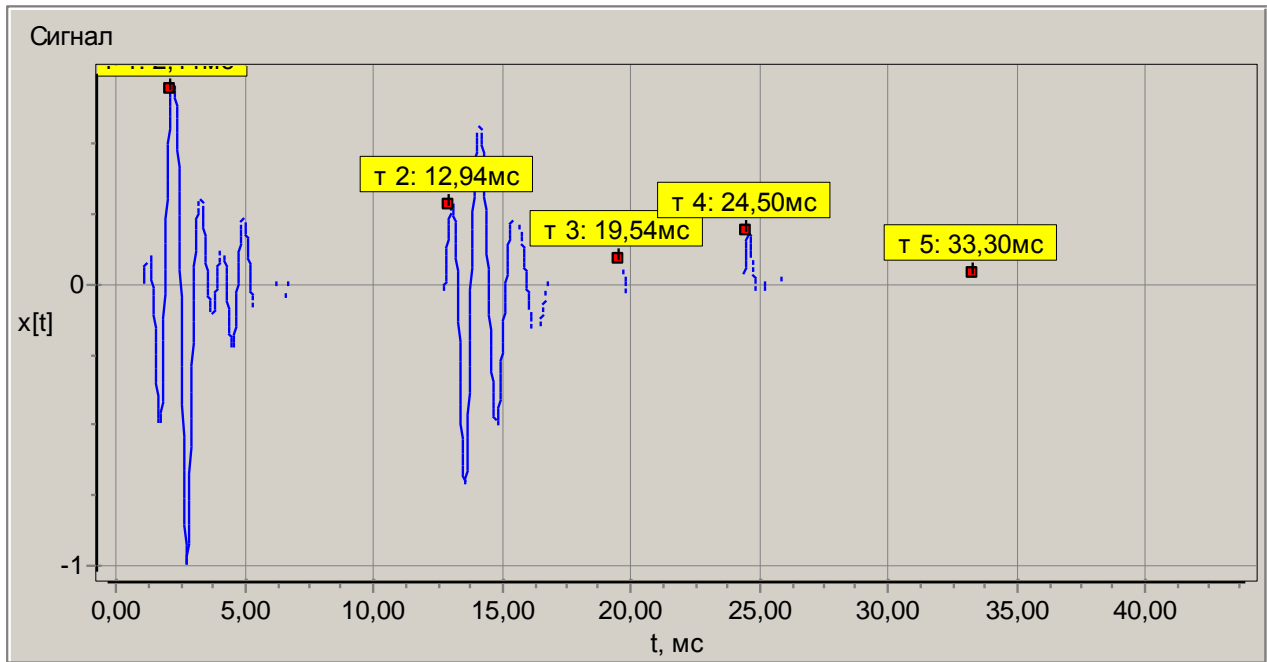


Рисунок 6 – График измеренных сигналов на свае 2

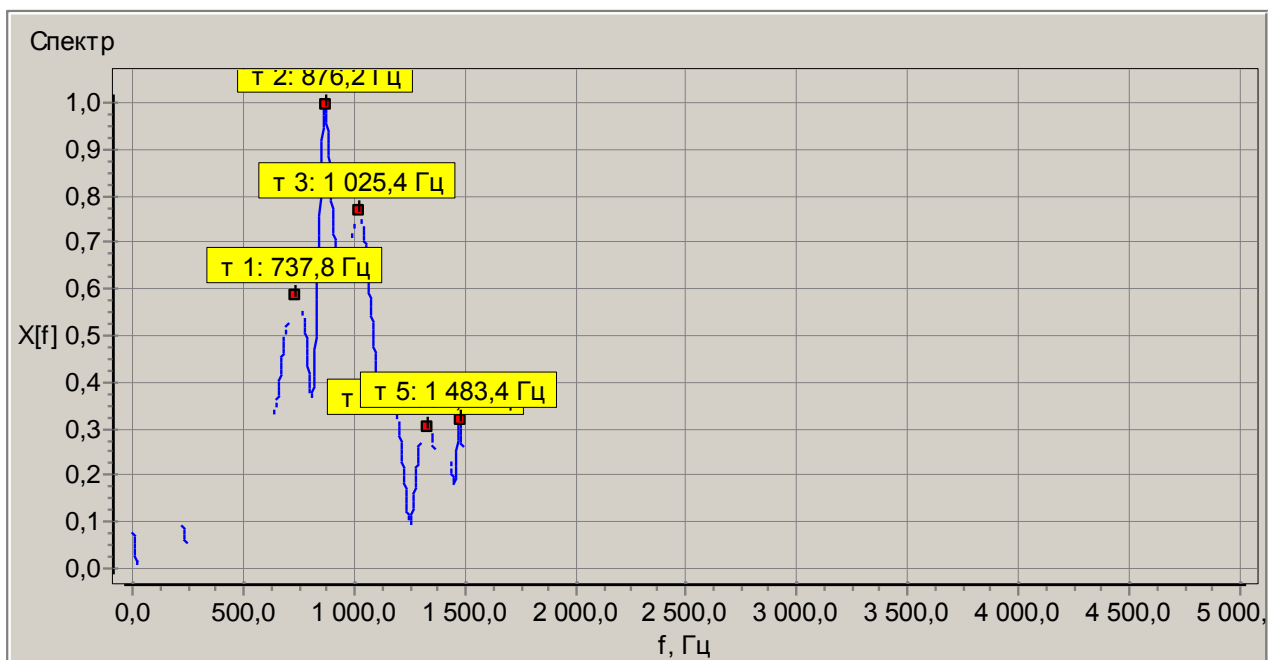


Рисунок 7 – Спектр частот сигналов на свае 2

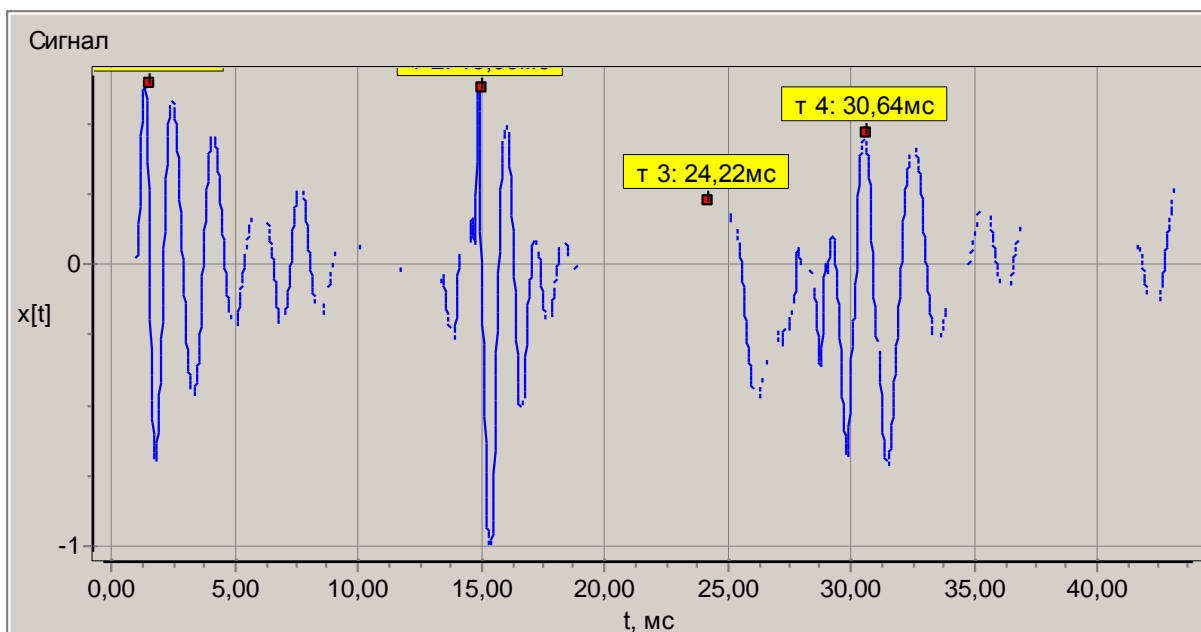


Рисунок 8 – График измеренных сигналов на свае 3

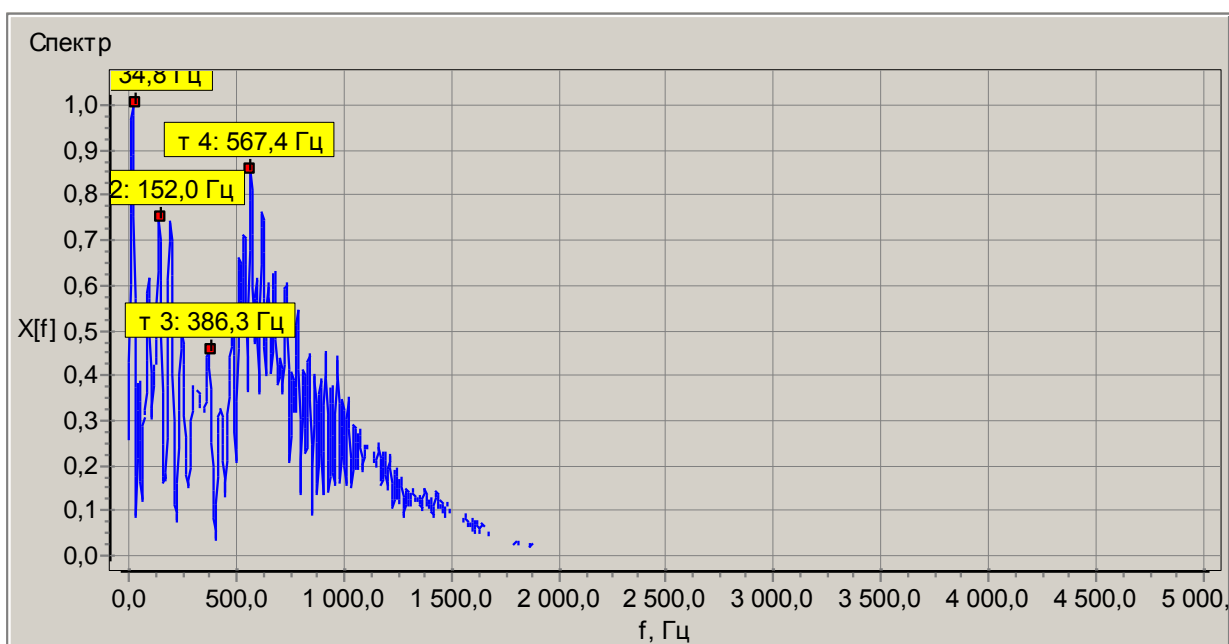


Рисунок 9 – Спектр частот сигналов на свае 3

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 м, 12,42 м, 12,7 м, м. В целях унификации принята длина свай – 12 м. Результаты испытаний свай ультразвуком приведены в таблице.

## Испытания свай ультразвуковым методом

Измерение по времени получения сигнала				Измерение по спектру частот			
№ точки	Время сигнала, с	Разность времени между сигналами, с	Расчитанная длина сваи, м	№ точки	Частота в экстремуме, Гц	Разность частот между экстремумами, Гц	Расчитанная 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
Среднее значение			15.04	Среднее значение			16.59
<b>Свая 2 в осях В/3</b>							
1	2.11			1	737.8		
2	12.94	10.83	21.6	2	876.2	138.4	14.4
3	19.54	6.6	13.21	3	1025.4	148.8	13.41
4	24.5	4.96	9.91	4	1334.2	308.8	6.47
				5	1483.4	149.2	13.41
Среднее значение			14.9	Среднее значение			11.92
<b>Свая 3 в осях Б/6</b>							
1	1.56			1	34.8		
2	15.05	14.49	26.9	2	152.0	117.2	17.07
3	24.22	9.17	18.35	3	386.0	234	8.54
4	30.64	6.44	12.84	4	567.4	181.4	11.05
Среднее значение			19.36	Среднее значение			12.22

Использование поверхностного метода ультразвукового эхо при обследовании свайных фундаментов позволяет оперативно и достаточно точно определять длину свай в составе ростверка. Данный метод считается наиболее производительным и простым в применении.

### ЛИТЕРАТУРА

- Капустин В.В. Применение волновых методов для определения длины свай // Технологии сейсморазведки № 2, 2009. С. 113-117.
- Алешин Д.Н., Котова Н.В., Алешина Е.А. Комплекс методов неразрушающего контроля для обследования фундаментов зданий // Вестник сибирского государственного индустриального университета. №4 (10), 2014. С. 40-42.
- ГОСТ 17624-2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.: Стандартинформ, 2014.
- ASTM D 5882-07 (2013) «Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations» // ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- Технологический регламент по применению неразрушающего экспресс-контроля сплошности свай методом «СОНИК» // ОАО ЦНИИС, 2002.