

## РАЗДЕЛ IV. МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 624.154.546  
ББК 38.58

### ИССЛЕДОВАНИЕ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ НА СПЛОШНОСТЬ И ОДНОРОДНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕЖСКВАЖИННЫМ МЕТОДОМ

Н. А. БУДРЕВИЧ

аспирант кафедры «Строительные материалы и технология строительства», инженер ЦНИИСК  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье представлены результаты натурных испытаний ультразвуковым межскважинным методом на примере одной буронабивной сваи. Приведен ультразвуковой профиль испытываемой буронабивной сваи и произведена оценка прочности. Целью работы являлось определение фактической длины сваи (по проходимости труб доступа) и выявление дефектов буронабивной сваи межскважинным ультразвуковым методом. Объект исследования – буронабивная железобетонная свая диаметром 600 мм и проектной длиной 18 м. На основе полученных в ходе экспериментальных исследований данных сделаны выводы о длинах и дефектах сплошности буронабивных свай. Также кратко изложена методика проведения испытаний ультразвуковым межскважинным методом.

**Ключевые слова:** буронабивные сваи, ультразвуковой контроль, неразрушающий контроль, сплошность, однородность.

### INVESTIGATION OF BORED PILES FOR CONTINUITY AND HOMOGENEITY BY ULTRASONIC BOREHOLE METHOD

N. A. BUDREVICH

post-graduate student of the department “Building materials and construction technology”,  
engineer Center for Scientific Research and Testing of Building Structures  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article presents the results of full-scale tests by the ultrasonic inter-well method on the example of one bored pile. The ultrasonic profile of the tested bored pile is given and the strength is assessed. The purpose of the work was to determine the actual length of the pile (by the passability of the access pipes) and to identify defects in the bored pile by the interwell ultrasonic method. The object of the study is a bored reinforced concrete pile with a diameter of 600 mm and a design length of 18 m. Based on the data obtained in the course of experimental studies, conclusions were drawn about the lengths and continuity defects of bored piles. The methodology for testing by the ultrasonic interwell method is also briefly described.

**Keywords:** bored piles, ultrasonic testing, non-destructive testing, continuity, homogeneity.

#### Методика испытаний.

Основу ультразвукового межскважинного метода составляют данные, которые получены путем регистрации времени/скорости распространения ультразвукового (далее – УЗ) импульса, которые фиксировались прибором Пульсар-2.2 версия ДБС (рис. 1), в направлении поперечном по отношению к оси буронабивной сваи с шагом принятым 500 мм. Принципиальная схема проведения испытаний приведена на рис. 2. Для обеспечения получения данных в арматурных каркасах свай предусмотрена установка вертикальных труб доступа (далее – ТД) диаметром 50 мм. ТД предпочтительно должны быть изготовлены из низкоуглеродистой стали, а также необходима установка заглушек на ТД. На исследуемой свае была предусмотрена установка 3-х ТД (рис. 3) [1–4].



Рисунок 1 – Состав измерительного комплекса Пульсар-2.2 версия ДБС:  
 1 – электронный блок; 2 – разъемы для подключения ультразвуковых датчиков;  
 3 – разъем для подключения датчиков длины кабеля; 4 – УЗ датчик; 5 – смотчики кабеля;  
 6 – кабель для подключения УЗ датчиков; 7, 8 – датчики положения Н1, Н2

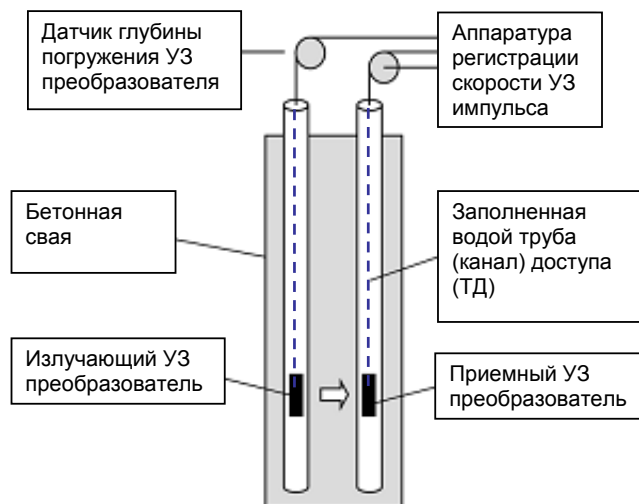


Рисунок 2 – Принципиальная схема проведения испытаний

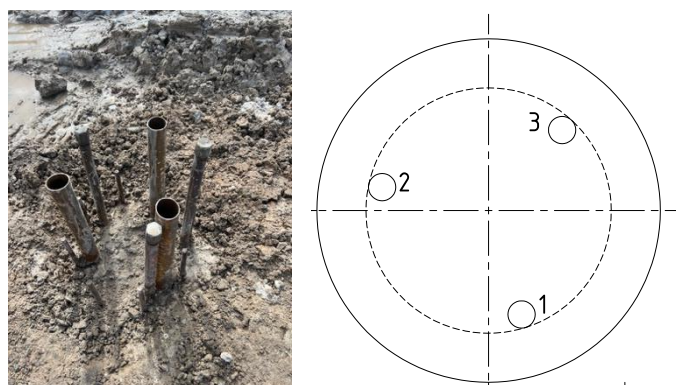


Рисунок 3 – Общий вид и схема испытываемой сваи

**Результаты испытаний.**

Средняя скорость ультразвукового межскважинного контроля по трассам прозвучивания приведена в табл. 1. На рис. 4 представлены диаграммы распределения по отметкам ствола сваи времени и скорости распространения УЗ импульса.

Таблица 1 – Результаты измерений УЗ скорости в теле сваи

Средняя скорости распространения импульса, м/с				Коэффициент вариации, %
1–2	2–3	1–3	средняя	
3 732	3 934	4 198	3 955	5,92

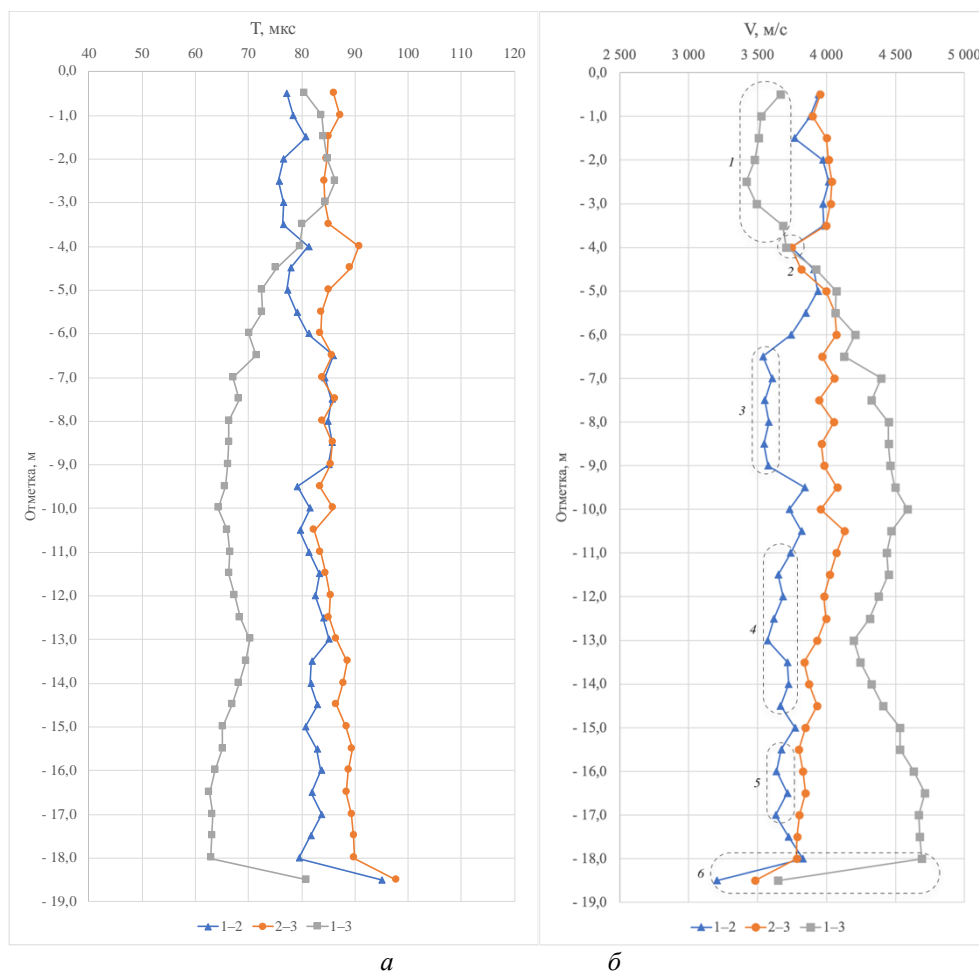


Рисунок 4 – Диаграммы распределения по отметкам ствола сваи времени и скорости распространения УЗ импульса:  
*a* – диаграмма распределения времени распространения УЗ импульса;  
*б* – диаграмма распределения скорости УЗ импульса

По данным УЗ мониторинга выявлены зоны неоднородности и понижения прочности бетона в интервале отм.  $-0,5...-4,0$  м,  $-6,5...-9,0$  м,  $-11,0...-14,5$  м,  $-15,5...-17,0$  м и  $-18,5$  м. Снижение прочности на отм.  $-0,5...-3,5$  м распространяется главным образом на области сечения по трассе 1–3 (фрагмент 1 рис. 4, б); значение прочности этой области сечения оценивается как 60...90 % от среднего значения прочности по всей длине сваи. На отм.  $-4,0$  м по всем трассам (фрагмент 2 рис. 4, б) регистрируется незначительное снижение прочности бетона на 10 % от среднего значения прочности. Снижение прочности на отм.  $-6,5...-9,0$  м,  $-11,0...-14,5$  м,  $-15,5...-17,0$  м (фрагменты 3, 4, 5 рис. 4, б) распространяются на области сечения по трассе 1–2; значения прочности этих областей сечений оцениваются как 75...90 % от среднего значения прочности по всей длине сваи. На отм.  $-18,5$  м по всем трассам регистрируется аномальное снижение скорости распространения УЗ (фрагмент 6 рис. 4, б). На отм.  $-6,0...-18,0$  м регистрируется увеличение скорости УЗ до 4 700 м/с по трассе прозвучивания 1–3, что может быть обусловлено образованием зоны концентрации/уплотнения крупного заполнения или присутствием стальных элементов армирования.

Показатели прочности бетона испытываемой сваи приведены в табл. 2. Среднее значение прочности бетона по всем трассам прозвучивания без учета аномальных данных – 41,9 МПа.

При этом характеристическая прочность бетона  $f_{ck,cube} = 36,9$  МПа при коэффициенте вариации средней прочности бетона в сечении по всей длине ствола –  $v = 7,3$  %. Общая длина сваи по проходимости канальных труб – 18,5 м (проектная длина сваи – 18 м).

Таблица 2 – Оценка прочности бетона испытываемой сваи

$H$ , м	$f_c(1-2)$ , МПа	$f_c(2-3)$ , МПа	$f_c(1-3)$ , МПа	$f_c^*$ , МПа	$f_c^{**}$ , МПа
-0,5	41,1	41,4	33,3	38,6	38,6
-1,0	39,4	39,9	29,3	36,2	36,2
-1,5	36,2	42,8	28,9	35,9	35,9
-2,0	42,0	43,2	28,1	37,7	37,7
-2,5	43,2	43,8	26,4	37,8	37,8
-3,0	42,0	43,6	28,4	38,0	38,0
-3,5	42,2	42,6	33,8	39,5	39,5
-4,0	35,5	35,5	34,5	35,2	35,2
-4,5	40,1	37,6	40,6	39,4	39,4
-5,0	41,0	42,6	44,7	42,8	42,8
-5,5	38,5	44,5	44,5	42,5	42,5
-6,0	35,5	44,8	48,6	43,0	43,0
-6,5	29,8	41,8	46,3	39,3	39,3
-7,0	31,6	44,4	53,9	43,3	43,3
-7,5	30,1	41,2	51,9	41,1	41,1
-8,0	30,9	44,2	55,4	43,5	43,5
-8,5	30,0	41,7	55,4	42,4	42,4
-9,0	30,8	42,2	55,8	42,9	42,9
-9,5	38,3	44,9	56,8	46,7	46,7
-10,0	35,1	41,6	59,3	45,3	45,3
-10,5	37,7	46,5	56,0	46,7	46,7
-11,0	35,4	44,8	55,1	45,1	45,1
-11,5	32,9	43,4	55,4	43,9	43,9
-12,0	33,9	42,2	53,4	43,2	43,2
-12,5	32,0	42,6	51,6	42,1	42,1
-13,0	30,7	40,8	48,3	39,9	39,9
-13,5	34,8	38,2	49,7	40,9	40,9
-14,0	35,0	39,2	51,9	42,0	42,0
-14,5	33,4	40,8	54,3	42,8	42,8
-15,0	36,3	38,4	57,7	44,2	44,2
-15,5	33,5	37,1	57,7	42,8	42,8
-16,0	32,5	37,9	60,6	43,7	43,7
-16,5	34,8	38,4	62,8	45,3	45,3
-17,0	32,4	37,2	61,6	43,7	43,7
-17,5	35,0	36,7	61,8	44,5	44,5
-18,0	37,9	36,6	62,2	45,6	45,6
-18,5	20,3	28,1	32,8	27,1	

$s =$	3,9	3,0
$v =$	0,093	0,073
$f_{cm} =$	41,5	41,9
$f_{ck} =$	35,1	36,9

#### Выводы.

Выполнен контроль сплошности и однородности сваи ультразвуковым межскважинным методом буронабивной сваи. Полученные экспериментальные данные позволили выявить дефекты, расположенные по стволу буронабивной сваи.

#### Литература:

1. Исследование качества ультразвуковым межскважинным методом : материалы международной научно-технической конференции «Проблемы современного строительства», Минск, 24

мая 2022 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: В. В. Бондарь [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – 319 с.

2. Леонович, С. Н. Анализ эхо-импульсного метода контроля буронабивных свай / С. Н. Леонович, Д. Ю. Снежков, Н. А. Будревич // Вестник инженерной школы ДВФУ. – Владивосток, 2021. – Вып. 3. – С. 74–82.

3. Снежков, Д. Ю. Оценка качества буронабивных свай сейсмоакустическим и межскважинным ультразвуковым методами / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович, Н. А. Будревич, Miao Jijun // Бетон и железобетон. – Москва, 2022. – Вып. 3.

4. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности = Бетоны. Ультразвуковой метод определения тривалості : ГОСТ 17624-2012. – Введ. 01.01.2014. – Москва: НИИЖБ. – 16 с.