

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ IMPACT-ECHO МЕТОДОМ (НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ)

ЛЕОНОВИЧ С. Н., СНЕЖКОВ Д. Ю., БУДРЕВИЧ Н. А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Целью исследования являлось исследование однородности структуры буронабивных свай Impact-echo методом, определение фактической длины свай, выявление дефектов свай. Приведены рефлектограммы колебательного ускорения и рефлектограммы колебательной скорости для каждой из испытываемых свай. На основе полученных в ходе экспериментальных исследований сделаны выводы о длине свай, дефектах сплошности свай, классе по прочности бетона буронабивных свай.

Устройство свайных фундаментов является одним из основных и важных видов работ в строительстве. Как правило, некоторая часть буронабивных свай после их устройства имеют дефекты. Чтобы избежать серьезных проблем при строительных работах, связанных с нарушением сплошности ствола свай, необходимо производить ее оценку неразрушающим методом сразу после их устройства с целью выявления дефектов на ранней стадии строительства. Основные преимущества неразрушающего метода: быстрое получение данных и возможность проверки большого количества данных; определение длины сваи в пределах 80 м; выявление дефектов разного характера в стволе сваи; возможность диагностики любой сваи одним человеком самостоятельно.

Методика испытаний и приборы контроля. Методика контроля соответствует рекомендациям СТП УП «БЕЛТЕХНОЛОГИЯ» [1]. Данный стандарт устанавливает минимальные требования к процедуре испытаний сваи путем приложения ударной нагрузки малой интенсивности. Испытания целостности конструкции осуществляется путем формирования импульса акустической волны. Использовался прибор диагностики свай «Спектр-3» (НПП «Интерприбор»

РФ), характеристики которого соответствуют требованиям СПП УП «БЕЛТЕХНОЛОГИЯ». Информационными параметрами являются измеренные ускорения и скорости зон контроля при прохождении акустической волны. Ориентировочное значение скорости распространения акустической волны в бетоне сваи определялось ГОСТ 17624-2012 [2] ультразвуковым прибором «Пульсар-2.2».

Погрешность определения длины сваи напрямую зависит от того, насколько точно задана скорость распространения волны в свае. Чтобы упростить интерпретацию сигнала, он подвергается дополнительной обработке – усилению и фильтрации.

Трение боковой поверхности сваи вызывает ослабление сигнала при прохождении его по свае. Для компенсации этого ослабления сигнал усиливается. Фильтрация применяется для удаления шумов из сигнала.

Отражение волны от границы раздела сред происходит из-за изменения полного акустического импеданса сваи.

Акустический импеданс Z определяется по формуле:

$$Z = S \cdot \sqrt{E \cdot \rho}, \quad (1)$$

где S – площадь сечения сваи;

E – модуль упругости;

ρ – плотность материала сваи.

Любое изменение S , E или ρ приведет к изменению импеданса и, как следствие, к отражению акустической волны. Отражения могут быть вызваны следующими причинами: конец сваи; уменьшение/увеличение поперечного сечения; трещина; изменение плотности бетона; контрастная смена слоев грунта по глубине расположения сваи.

Не вызывают отражения дефекты: постепенное изменение диаметра сваи; изогнутая форма сваи; мелкие дефекты.

От знака изменения импеданса на границе раздела сред зависит знак отражения (рис. 1).

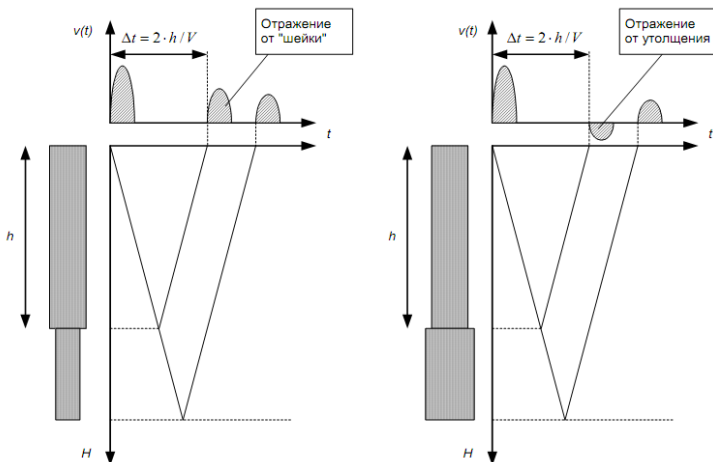


Рис. 1. Влияние формы сваи на форму акустического отклика

Если значение импеданса уменьшилось (уменьшение поперечного сечения, ухудшение качества бетона), то отражение будет совпадать по знаку с ударом. Если значение импеданса увеличилось (увеличение поперечного сечения, улучшения качества бетона), то отражение будет противоположного с ударом знака.

Длина сваи H , при известной скорости распространения волны V , рассчитывается по формуле 2:

$$H = \frac{V \cdot t}{2} \quad (2)$$

Результаты испытаний. Отсутствие какой-либо информации об особенностях технологии изготовления свай, данных геологических изысканий в зоне строительства и данных исполнительной документации производства свайных работ не позволило выполнить полноценную калибровку метода и качественно привязать данные акустических испытаний к фактическим показателям свай, в первую очередь, – их длине. Поэтому интерпретация полученных данных акустических испытаний базировалась на типовую технологию буронабивных свай, рассматривая контролируруемую железобетонную сваю как однородное цилиндрическое тело постоянного поперечного сечения диаметром $D \approx 850$ мм.

Для определения скорости распространения акустической волны V были выполнены ультразвуковые измерения на выступающих из грунта оголовках свай.

На каждой подвергнутой контролю свае выполнялись не менее трех измерений (рис. 2, 3), по данным которых строились рефлектограммы – временные диаграммы формирования акустического отклика. При анализе данных рассматривались два варианта рефлектограмм (рис. 4–13), – рефлектограмма колебательного ускорения и рефлектограмма колебательной скорости, которые при визуальном анализе могут рассматриваться как взаимодополняющие, и позволяло повысить достоверность оценок. Основные результаты контроля свай приведены в таблице 1 [3–6].



Рис. 2. Установка сенсора-акселерометра на сваю



Рис. 3. Нанесение удара по оголовку сваи

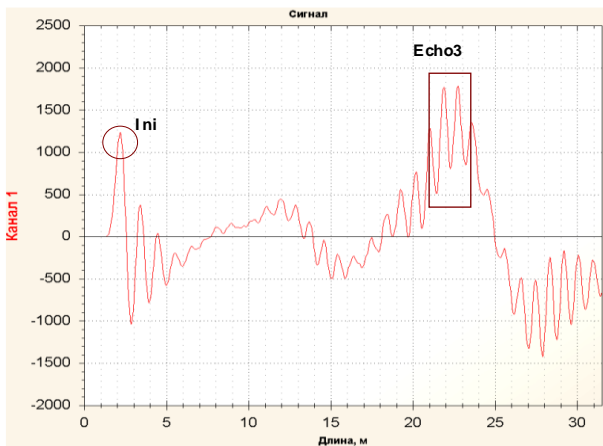


Рис. 4. Рефлектограмма колебательного ускорения сваи № 1 (длина сваи $L = 21,0 \pm 1,5$ м; слабое эхо от уровня 12... 14 м)

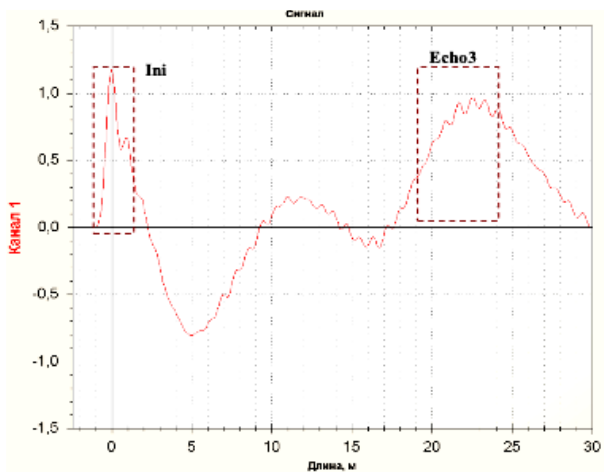


Рис. 5. Рефлектограмма колебательной скорости сваи № 1 (длина сваи $L = 21,0 \pm 1,5$ м; слабое эхо от уровня 12...14 м)

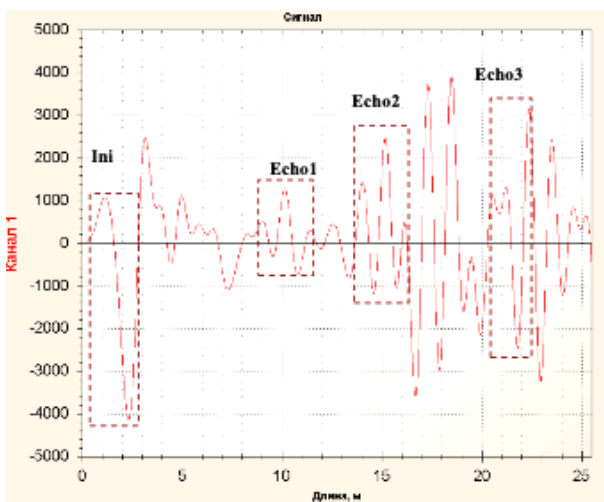


Рис. 6. Рефлектограмма колебательного ускорения сваи № 2 (длина сваи $L = 19,0 \pm 1,5$ м; предполагается перепад плотности грунта или локальное сужение тела сваи на глубине 12...15 м)

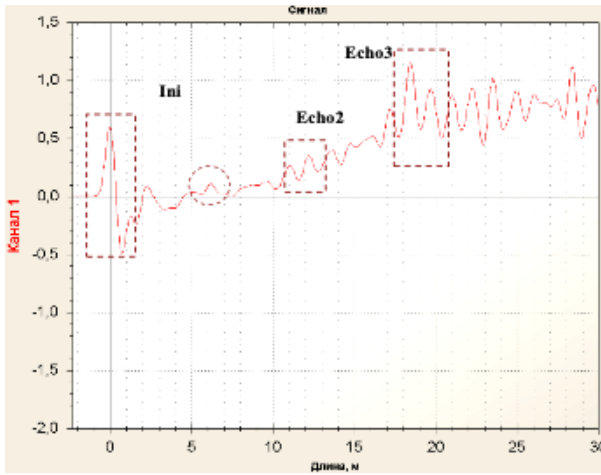


Рис. 7. Рефлектограмма колебательной скорости сваи № 2 (длина сваи $L = 18...20$ м; предполагается перепад плотности грунта или локальное сужение тела сваи на глубине $12...14$ м; есть слабый отклик от глубины $6...7$ м)

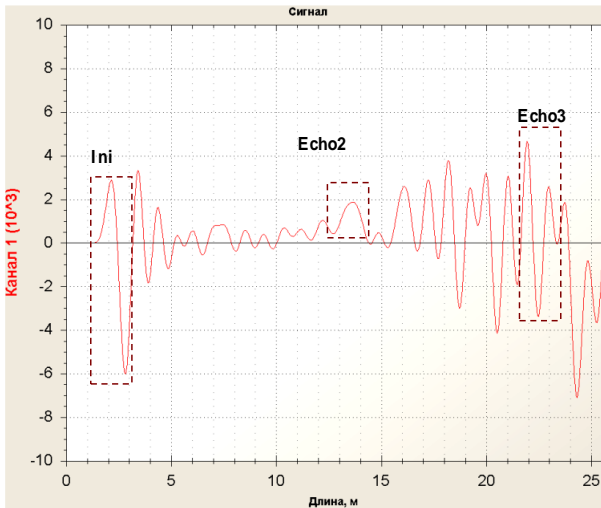


Рис. 8. Рефлектограмма колебательного ускорения сваи № 3 (длина сваи $L = 20,0 \pm 1,0$ м)

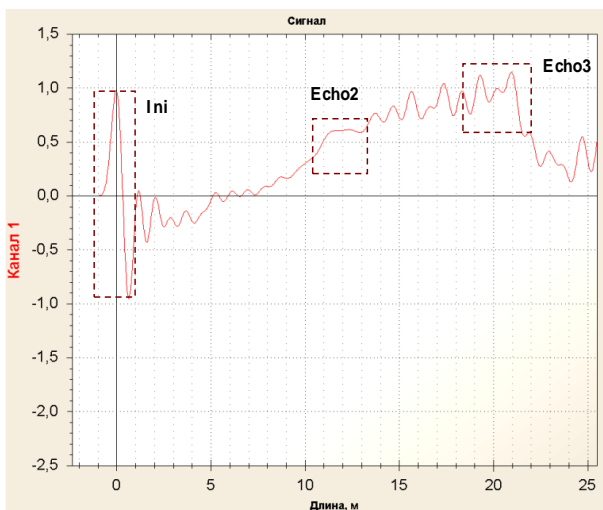


Рис. 9. Рефлектограмма колебательной скорости сваи № 3 (длина сваи $L = 20,0 \pm 1,0$ м; на глубине 12...13 м вероятно контрастная смена геологических слоев грунта)

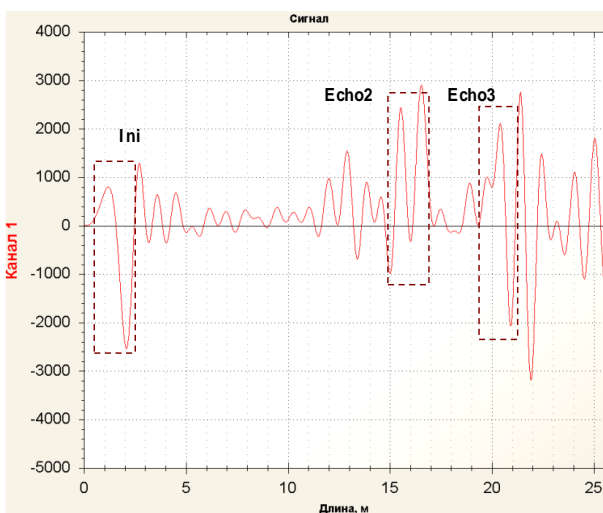


Рис. 10. Рефлектограмма колебательного ускорения сваи № 4 (длина $L = 19,0 \pm 1,0$ м; на глубине 14...15 м вероятно контрастная смена геологических слоев грунта)

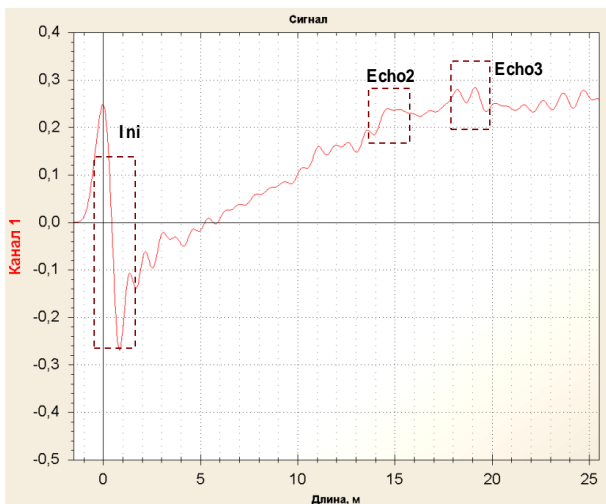


Рис. 11. Рефлектограмма колебательной скорости сваи № 4 (длина сваи $L = 19,0 \pm 1,0$ м; на глубине 14...15 м вероятно контрастная смена геологических слоев грунта)

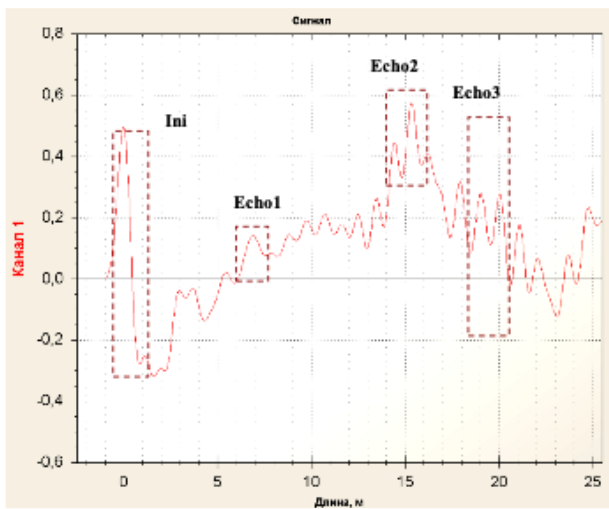


Рис. 12. Рефлектограмма колебательной скорости сваи № 5 (длина сваи определяется неустойчиво $L = 15...16$ м; есть слабое эхо от уровней 7 м и 19...20 м)

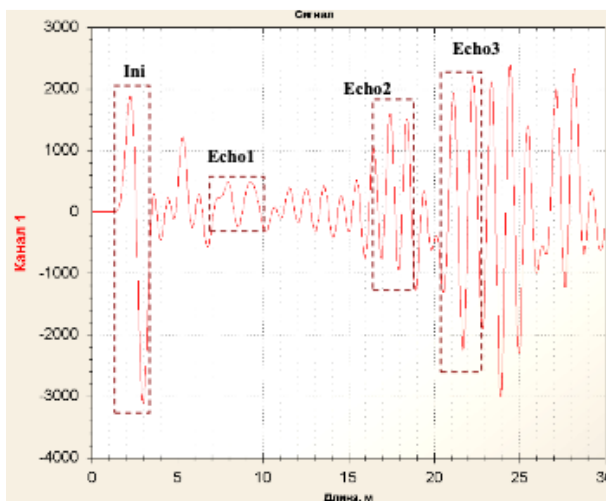


Рис. 13. Рефлектограмма колебательного ускорения сваи № 5 (длина сваи определяется неустойчиво $L = 15...16, 19...21$ м; есть слабое эхо от уровней 7 м и 19...20 м)

Таблица 1

№ сваи	Скорость УЗК, м/с	Глубина эхо-отклика, м			Предполагаемая длина, м	Примечание
		–	12...14	21*		
1	4360	–	12...14	21*	21	акустические помехи $f = 2\ 400$ Гц
2	4345	–	–	19*	19	–
3	4350	6...7*	12...14	19*	19	слабая контрастность эха
4	4355	–	14...15	19*	19	слабая контрастность эха
5	4420	–	15...17	18...20	не определено	слабая контрастность эха

Примечание: *слабый эхо-сигнал

Заключение. По данным акустических испытаний длина свай составила 19...21 м.

Для свай №№ 1, 3, 5 регистрировался устойчивый отклик, соответствующий глубине 12...15 м. Вероятной его причиной может

являться контрастный перепад плотности грунта или наличие водоносного слоя.

Для отдельной сваи № 2 – зарегистрированы эхо-сигналы, соответствующие глубинам 3...7 метров. Отсутствие проектной и исполнительной документации не позволяет указать на вероятную причину откликов. Это могут быть проявления перепада плотности грунта на указанных глубинах; могут быть и отклонения в технологии бетонных работ.

Вероятной причиной акустических помех в диапазоне частот 900...2500 Гц для сваи № 1 являются вибрации выпусков арматурных стержней.

Слабая контрастность эхо-сигнала от конца сваи характерна для буронабивных свай, и может косвенно указывать на хорошее сцепление боковой и донной поверхности тела сваи с грунтом.

Вариация упруго-прочностных параметров бетона всего массива подвергнутых ультразвуковому контролю свай характерна для тяжелого конструкционного бетона одного класса по прочности. Вероятный класс бетона – С25/30...С30/37. Для более точной оценки необходима калибровка ультразвукового метода контроля на испытательных образцах по данным совместных испытаний на одноосное сжатие. Значимых дефектов сплошности у испытанных свай не выявлено.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль неразрушающий. Методика выполнения измерений. Разработка тестирования свай на сплошность : СТП 002.03.0-2020. – Минск: Научно-производственное республиканское дочернее унитарное предприятие «БЕЛТЕХНОЛОГИЯ», 2020. – 37 с.

2. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности : ГОСТ 17624-2012. – Москва: Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ), 2014. – 16 с.

3. Снежков, Д. Ю. О влиянии армирования при ультразвуковом контроле прочности бетона = On ultrasonic control of concrete strength and effects of reinforcement / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович, Ю. И. Лагун // Строительная наука и техника = Construction science and engineering : научно-технический журнал. – 2009. – № 3. – С. 46–52.

4. Снежков, Д. Ю. Мультиволновой ультразвуковой контроль бетона = Multi-Wave Ultrasonic Control of Concrete / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович // Наука и техника. – 2017. – № 4. – С. 289–297.

5. Снежков, Д. Ю. Мультиволновой ультразвуковой контроль бетона / Д. Ю. Снежков, С. Н. Леонович // Вестник Поволжского государственного технологического университета. – (Материалы. Конструкции. Технологии). – 2017. – № 1. – С. 13–21.

6. Леонович, С. Н. Мониторинг возводимых и эксплуатируемых зданий: монография / С. Н. Леонович, Д. Ю. Снежков, В. В. Доркин. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 286 с.

УДК 624

ABOUT QUANTITY SURVEYOR IN CONSTRUCTION PROJECTS

АБУ-АЛЬ-ИСС АЛИ АДНАН ФАХЕР, ЛЕОНОВИЧ С. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Quantity surveyors are one of the key professionals in the construction industry, as they are involved in cost planning, cost management, project procurement, contract administration, feasibility studies and asset financial management. Clients such as developers, government bodies and agencies, building proprietors, architects and contractors requires the services of the quantity surveying profession, especially, on cost estimation. The quantity surveyors, in the present day construction industry, through skills and ability, analyze cost components of a construction project in a scientific way and apply the results of the analysis to a variety of financial and economic problems confronting the developer and the designer (Ilias and Mohd 2010).

Badu and Amoah (2004) held that the changing roles of the quantity surveyors had been redefined by the quality of education received. The wide array of the quantity surveyors' responsibilities requires that they are educated, trained, and highly skilled in diverse subjects. Lenard (2000) argued that the changing nature of the construction and development industry as regards the adoption of innovative technological pro-