

Пелипаченко Никита Александрович
студент 6 курса
Специальность «Строительство уникальных зданий и сооружений»
Дальневосточный федеральный университет,
Россия, г. Владивосток
e-mail: kimlv2.2017@gmail.com

Научный руководитель: Ким Лев Владимирович
кандидат технических наук, профессор
Дальневосточный федеральный университет,
Россия, г. Владивосток

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация: На основе анализа 4-х методов ультразвукового контроля параметров железобетонных конструкций гидротехнических сооружений выбран наиболее эффективный. Предложены усовершенствования в проведение измерений с целью повышения точности измерений и получения целостной картины напряженно-деформированного состояния железобетонной конструкции. Результаты исследований внедрены в компании, в которой работает автор.

Ключевые слова: техническая диагностика, ультразвуковой метод, железобетон, морское сооружение, методы неразрушающего контроля

Pelipachenko Nikita Aleksandrovich
Student
specialty “Construction of unique buildings and structures”
Far Eastern Federal University,
Russia, Vladivostok

Scientific adviser: Kim Lev Vladimirovich
candidate of technical sciences, professor
Far Eastern Federal University,
Russia, Vladivostok

ULTRASONIC CONTROL OF PARAMETERS OF REINFORCED CONCRETE MARINE STRUCTURES

Abstract: Based on the analysis of 4 methods of ultrasonic control of the parameters of reinforced concrete structures of hydraulic structures, the most effective one was selected. Improvements in carrying out measurements are proposed in order

to increase the accuracy of measurements and obtain a complete picture of the stress-strain state of a reinforced concrete structure. The research results have been implemented in the company where the author works.

Key words: technical diagnosis, ultrasonic testing, reinforced concrete, marine structure, NDT.

Дефекты железобетонных конструкций могут возникать на различных этапах: при проектировании, изготовлении, транспортировке, монтаже или эксплуатации [1, 2]. Эти дефекты снижают прочность, долговечность и безопасность конструкций. Устранение дефектов железобетонных конструкций требует тщательного анализа причин их возникновения и выбора соответствующих методов ремонта или усиления. Регулярный контроль и диагностика помогают своевременно выявлять проблемы и предотвращать аварии.

Ультразвуковое исследование бетона — это метод неразрушающего контроля, который позволяет оценить состояние и качество бетонных конструкций согласно ГОСТ 17624-2021 [3].

Из основных проблем, которые решает данный метод, можно выделить следующее:

- оценка прочности бетона;
- обнаружение дефектов;
- контроль качества бетон;
- оценка однородности бетона.

Метод позволяет оценить однородность бетона по всему объему конструкции, что важно для обеспечения равномерной прочности и долговечности. В таблице 1 приведены основные методы ультразвукового контроля железобетонных сооружений, принципы работы и применения данных методов.

Таблица 1 – Методы ультразвукового контроля

Метод УЗК	Принцип работы	Применение
-----------	----------------	------------

Импульсный эхо-метод	Ультразвуковой импульс генерируется датчиком и направляется в материал. Отраженные сигналы от границ раздела сред (например, трещин, пустот или арматуры) регистрируются тем же или отдельным датчиком	Обнаружение трещин, пустот, расслоений, определение толщины конструкций и глубины залегания дефектов
Сквозное прозвучивание	Ультразвуковые волны передаются через материал от передатчика к приемнику, расположенным на противоположных сторонах конструкции. Скорость распространения ультразвука коррелирует с прочностью бетона	Оценка прочности бетона, обнаружение крупных дефектов, таких как пустоты и зоны низкой плотности.
Ультразвуковая томография	Создание трехмерной модели внутренней структуры материала на основе множества ультразвуковых измерений. Данные обрабатываются с использованием алгоритмов реконструкции изображений	Детальное исследование сложных дефектов, оценка распределения плотности и прочности бетона, визуализация внутренних дефектов.
Поверхностное прозвучивание	Регистрация поверхностных акустических волн (волн Рэлея), которые распространяются вдоль поверхности материала. Скорость и амплитуда волн зависят от свойств поверхностного слоя.	Оценка качества поверхностного слоя бетона, обнаружение мелких трещин и дефектов
Импедансный анализ	Измерение акустического импеданса (сопротивления) материала, который зависит от его плотности и упругих свойств.	Оценка качества сцепления арматуры с бетоном, обнаружение зон коррозии

В различных ситуациях и условиях необходимо подбирать подходящие методы ультразвукового контроля железобетонных конструкций, учитывая их преимущества и недостатки в определенной среде применения. В таблице 2 представлены преимущества и ограничения основных методов ультразвукового обследования железобетонных сооружений.

Таблица 2 – Преимущества и ограничения методов УЗК

Метод УЗК	Преимущества	Ограничения
Импульсный эхо-метод	Возможность работы с одной стороны конструкции, высокая чувствительность к дефектам.	Сложность интерпретации сигналов в неоднородных материалах, влияние шумов на точность измерений.
Сквозное прозвучивание	Простота интерпретации данных, высокая точность при оценке скорости распространения ультразвука.	Необходимость доступа к обеим сторонам конструкции, что не всегда возможно в условиях эксплуатации.
Ультразвуковая томография	Высокая детализация и точность, возможность анализа сложных структур.	Сложность оборудования и обработки данных, высокая стоимость.
Поверхностное прозвучивание	Чувствительность к поверхностным дефектам, простота измерений.	Ограниченная глубина исследования (обычно до 10-15 см).
Импедансный анализ	Высокая чувствительность к изменению свойств материала.	Требует калибровки и сложной интерпретации данных.

Цель работы – совершенствование методов ультразвуковой диагностики параметров железобетона конструкций гидротехнических сооружений.

Использование различных методов ультразвукового контроля позволяет эффективно определять прочностные характеристики бетона и выявлять дефекты. Теоретическая основа исследования включает изучение свойств бетона, характера его разрушения под воздействием внешних факторов, и

обоснование применения ультразвуковых методов как основного способа неразрушающего контроля. Методика исследования включает анализ существующих методов ультразвукового контроля, разработку методических указаний и экспериментальное применение ультразвуковых методов на реальных объектах. Основные этапы: 1) обзор методов; 2) экспериментальные испытания; 3) анализ данных.

Изучение методов ультразвукового обследования на натуральных конструкциях позволило выявить 4 наиболее эффективных и точных метода ультразвукового контроля. Поверхностное прозвучивание, с помощью которого определяются прочностные характеристики бетона. Электромагнитный метод, с помощью которого определяются параметры армирования. Импедансный анализ или сейсмоакустический метод – выявляет глубину заложения фундаментов и наличие дефектов. Георадарные изыскания, которые также выявляют глубину заложения и геометрические характеристики фундаментов

Данные методы были сопоставлены с традиционными методами разрушающего контроля и проектной документацией и показали свою надежность измерений. Так, например, лабораторный анализ показал прочность бетона на сжатие от 44,2 до 46,4 МПа что соответствует марке бетона В35. Метод поверхностного прозвучивания показал значение в 38-40 МПа, что также соответствует бетону марки В35. Выводы подтверждают эффективность ультразвуковых методов контроля параметров железобетона, их точность и надежность, новизна заключается в оценке различных ультразвуковых методов и выявлении их сильных и слабых сторон.

Список литературы:

1. Ким Л.В. Обследование гидросооружений. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2014. 75 с.
2. Леонович С.Н., Черноиван В.Н., Снежков Н.П., Полейко Д.Ю., Цуприк В.Г., Ким Л.В. Обследование сооружений. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. 85 с.

3. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н., Ким Л.В. Неразрушающие методы контроля железобетонных конструкций: монография. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2016. 140 с.