

УДК 624.13.539.3

**ГЕОРАДАРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ  
ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ СТЕНКИ НА ВИТЕБСКОЙ ГЭС****К.С. ГУСЕНОК, Т.А. МИРЗАЕВ, В.С. ПЕТРУШЕНКО***(Представлено: А.Н. ПОЛЯКОВ; канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ)**(Полоцкий государственный университет)*

*Рассматриваются вопросы практического применения георадарного зондирования в качестве оперативного неразрушающего метода контроля качества выполненных работ возводимой противофильтрационной стенки строящейся Витебской ГЭС.*

В настоящее время в Республике Беларусь взят курс на использование потенциала рек для получения энергии гидроэлектростанциями. В процессе возведения конструкций ГЭС зачастую возникает необходимость в оперативном контроле качества выполняемых работ. Одним из наиболее перспективных методов оперативного неразрушающего контроля является георадарное зондирование. В отличие от традиционных методов исследований георадарное зондирование позволяет получить непрерывную целостную картину строения, как оснований, так и возводимых конструкций в плане и по глубине [1; 2].

Метод георадарного зондирования, как и любой волновой метод исследования, основан на изучении распространения волн в среде. В среду совершают излучение импульсов электромагнитных волн, после чего регистрируют сигналы, отраженные от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различие по диэлектрической проницаемости [3].

Результатом георадарного зондирования является радарограмма (профиль) – массив амплитуд отраженных сигналов с дополнительной информацией по каждому шагу зондирования, записанный в файл. Данные записываются и обрабатываются в блоке управления георадара. Одно физическое измерение (акт отправки и приема сигнала) в записанном виде называется трассой.

Георадар позволяет решать следующие задачи: картирование геологических структур, определение свойств различных отложений, исследование строительных конструкций с получением информации о внутреннем строении, поиск коммуникаций и объектов в различных средах, определение толщины ледяного покрова, определение мощности водяного слоя, картирование поддонных отложений и т.д. [4].

Витебская ГЭС – строящаяся гидроэлектростанция в Беларуси на реке Западная Двина вблизи города Витебска. После завершения строительства эта ГЭС будет крупнейшей в Беларуси.

По проекту Витебская ГЭС представляет собой типичную русловую низконапорную гидроэлектростанцию, включающую в себя бетонную водосбросную плотину, грунтовую плотину, здание ГЭС, однокамерный однопольный судоходный шлюз, распределительное устройство. Проектная мощность строящейся Витебской ГЭС – 40 МВт, среднегодовая выработка – 138 млн. кВт·ч. В здании ГЭС должны быть установлены четыре горизонтальных капсульных гидроагрегата (диаметр рабочего колеса – 3,95 м), мощностью по 10 МВт. Подпорные сооружения ГЭС образуют водохранилище площадью 8,82 км<sup>2</sup> и объемом 4,1 млн. м<sup>3</sup>, максимальной шириной 420 м и максимальной глубиной 14 м.

Согласно проекту наряду с возведением основных сооружений ГЭС необходимо устройство так называемых конструкций, совмещенных с грунтовой средой, – противофильтрационных стенок. Противофильтрационная стенка (завеса) – преграда для фильтрационного потока в основании или в местах береговых примыканий водоподпорных гидротехнических сооружений, создаваемая нагнетанием в породы глинистых, цементных и других растворов. Высота стенок на Витебской ГЭС – 10...12,5 м. Противофильтрационные стенки выполнены по струйной технологии. Сущность технологии заключается в использовании энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивания грунта с цементным раствором в режиме «mix-in-place» (перемешивание на месте). После твердения раствора образуется новый материал – грунтобетон, обладающий высокими прочностными и деформационными характеристиками [5].

Задача данной исследовательской работы – оценить применимость георадара для контроля качества выполнения работ по устройству заглубленной противофильтрационной стенки (поиск сквозных отверстий, пропущенных участков природного грунта в толще стены, выделение участков с отличной от остальной стены волновой картиной) и пригодность для этого антенн различного типа и частотного диапазона, а также подобрать оптимальные параметры зондирования.

Для выполнения работ использовался георадар ProEx производства фирмы Mala GeoScience AB (Швеция). При проведении георадарного зондирования применялись три антенны: неэкранированная с частотой 100 МГц и экранированные с частотами 100 и 250 МГц. Проведение работ осложнялось тем, что для выполнения зондирования антенна должна была перемещаться по верху стенки. Так как верхний

край стенки неровный, для антенн были устроены деревянные подмости (рис. 1). Кроме того, вдоль направления профиля располагался откос, который был источником постоянной помехи, хорошо видной на всех профилях. Помехи создавали также металлоконструкции опалубки и арматурные каркасы вблизи стенки.



Рис. 1. Противофильтрационная стенка и прилегающая территория

Полученные георадаром профили были обработаны на компьютере с помощью программы RadExplorer, разработанной «ДЕКО-Геофизика». Эта программа позволила обработать полученные данные и с помощью различных встроенных инструментов получить качественную картину строения стенки как в плане, так и по глубине.

Первой использовалась неэкранированная антенна с частотой 100 МГц. Эта антенна самая мощная и чувствительная из тех, что были задействованы нами в работе. Но именно чувствительность антенны к внешним помехам помешала получить качественный профиль. Мощные сигналы помех от откосов котлована отобразились повторяющимися параллельными наклонными полосами чёрного цвета, и из-за их мощности полезной информации на профиле мало.

Экранированная антенна с частотой 250 МГц показала себя лучше, на профиле уже можно выделить отдельные зоны с одинаковой волновой картиной, отображающей распределение участков с одинаковыми характеристиками.

Самый качественный профиль (рис. 2) получен с помощью экранированной антенны 100 МГц.

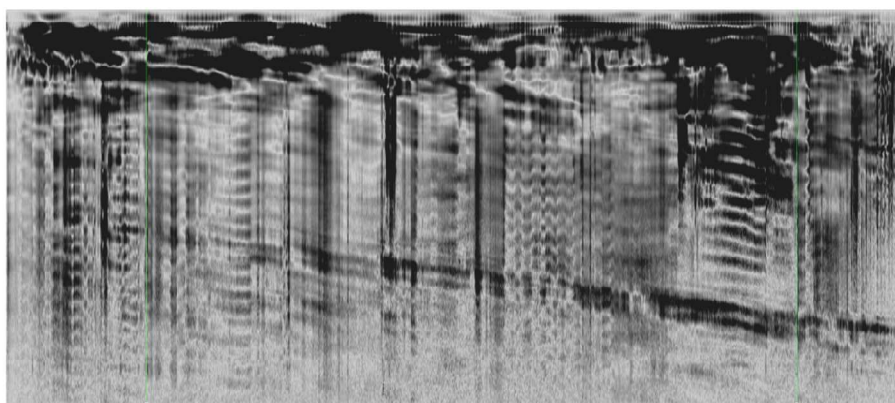


Рис. 2. Георадарный профиль экранированной антенны 100 МГц

Экранированная антенна 100 МГц – самая крупная и тяжёлая и не очень удобная в работе. На профиле после обработки на отдельных участках чётко видны отдельные скважины, организованные при устройстве стены (см. рис. 2). Также уверенно можно выделить в теле стенки зоны, волновая картина которых отличается от общей, на профиле показана в виде областей со сплошной чёрной заливкой или с чередованием контрастных чёрных и серых линий. При обработке данных зондирования в программе RadExplorer замечено, что сигнал в таких областях слабо затухал с глубиной.

После отбора кернов из тела стенки в местах с наиболее интенсивной на профиле чёрной заливкой установлено, что материал стены в них состоит из однородного цементного камня практически без посторонних примесей. После сравнения радарограмм с результатами инженерно-геологических изысканий оказалось, что в местах с тёмной заливкой на профиле стенка проходит через песчаные грунты.

Таким образом, георадарные изыскания – это метод, который при небольших затратах труда и времени может позволять оперативно оценить состояние и сплошность конструкций, качество выполняемых работ, строение основания т.д. Применение георадарного метода для решения различных инженерных задач в настоящее время приобретает все более широкие масштабы. Это объясняется простотой и удобством проведения полевых работ и высокой производительностью метода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Изюмов, С.В. Теория и методы георадиолокации: учеб. пособие. – М.: Изд-во «Горная книга», Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2008. – 196 с.
2. Владов, М.Л. Георадиолокационные исследования верхней части разреза: учеб. пособие / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 90 с.
3. Владов, М.Л. Введение в георадиолокацию: учеб. пособие / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 153 с.
4. Старовойтов, А.В. Интерпретация георадиолокационных данных; учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 192 с.
5. Малинин, А.Г. Струйная цементация грунтов / А.Г. Малинин. – Пермь: Пресстайм, 2007. – 168 с.

УДК 624.151.1

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ УШИРЕННЫХ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ

**Н.А. ПОПЕЛ, С.П. ШАРОХ**

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Н. КИСЕЛЕВ)

*Представлены практические рекомендации по проектированию уширенных центрально нагруженных фундаментов. Предложена методика определения осадки фундаментов, основанная на использовании формулы Шлейхера. Методика рассмотрена на конкретных примерах. Рекомендовано выражение для расчёта осадки фундамента, возводимого способом уширения для инженерных расчётов.*

При определении расчётного сопротивления грунта основания необходимо учитывать, что в результате длительного нагружения строительные свойства грунтов обычно улучшаются. Это позволяет назначать повышенное по сравнению с расчётным (по ТКП 45-5.01-67-2007 [1]) сопротивление грунта [2]. В работе [3] на основе экспериментальных исследований, а также анализа материалов изысканий приводятся эмпирические формулы для определения углов внутреннего трения и удельного сцепления песчаных грунтов, отвечающих рассматриваемому моменту времени  $t$ .

Пески средней крупности:

$$\begin{aligned}\varphi_t &= \varphi_0 + 0,0614t; \\ c_t &= c_0 + 0,000372t.\end{aligned}\tag{1}$$

Пески мелкие:

$$\begin{aligned}\varphi_t &= \varphi_0 + 0,0369t; \\ c_t &= c_0 + 0,000490t;\end{aligned}\tag{2}$$

Пески пылеватые:

$$\begin{aligned}\varphi_t &= \varphi_0 + 0,0662t; \\ c_t &= c_0 + 0,000109t,\end{aligned}\tag{3}$$

где  $\varphi_0$  и  $\varphi_t$  – углы внутреннего трения соответственно до момента нагружения и через промежуток времени  $t$  после нагружения;  $c_0$  и  $c_t$  – удельное сцепление до момента нагружения и через промежуток времени  $t$  после нагружения;  $t$  – время в годах.