

№ 2752

П.В. Николенко

Р.М. Гайсин

А.А. Кормнов

Физико-технический контроль и мониторинг процессов горного или нефтегазового производства

Учебное пособие

№ 2752

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра физических процессов горного производства
и геоконтроля

П.В. Николенко

Р.М. Гайсин

А.А. Кормнов

Физико-технический контроль и мониторинг процессов горного или нефтегазового производства

Учебное пособие

Утверждено Методическим советом НИТУ МИСиС



Москва 2016

УДК 622.831.1
Н63

Рецензенты:

д-р техн. наук *О.Н. Малинникова* (ИПКОН РАН);
канд. техн. наук *Ю.Л. Филимонов* (ООО «Газпромгеотехнология»)

Николенко П.В.

Н63 Физико-технический контроль и мониторинг процессов горного или нефтегазового производства : учеб. пособие / П.В. Николенко, Р.М. Гайсин, А.А. Кормнов. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2016. – 81 с.
ISBN 978-5-906846-10-5

В учебном пособии рассмотрен широкий круг акустических методов гео-контроля массива горных пород. Представлены как теоретические основы методов, так и лабораторные работы, предназначенные для освоения студентами практических навыков. Пособие снабжено необходимым материалом для контроля знаний, включающим контрольные вопросы и тестовые задания по каждому разделу.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» и 21.05.05 «Физические процессы горного или нефтегазового производства» ФГОС ВПО.

УДК 622.831.1

ISBN 978-5-906846-10-5

© П.В. Николенко, Р.М. Гайсин,
А.А. Кормнов, 2016
© НИТУ «МИСиС», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа 1. Измерение скорости распространения упругих волн с использованием ультразвукового дефектоскопа.....	6
Лабораторная работа 2. Исследование закономерностей распространения упругих волн в анизотропном массиве горных пород.....	17
Лабораторная работа 3. Изучение методики определения параметров трещиноватости массива горных пород комплексным акустическим методом.....	26
Лабораторная работа 4. Выявление трещин в массиве ультразвуковыми методами проходящих волн.....	35
Лабораторная работа 5. Сейсмоакустический прогноз горных ударов	46
Лабораторная работа 6. Определение расслоений в конструктивных элементах горных выработок акустическими методами	55
Лабораторная работа 7. Применение ультразвукового корреляционного каротажа при исследовании кровли горных выработок.....	71
Библиографический список	80

ВВЕДЕНИЕ

Геоконтроль – это вид контроля, объектом которого является массив горных пород и его отдельные структурные элементы, а также протекающие в них природные и технологические процессы, осуществляемый в целях информационного обеспечения эффективного и безопасного ведения горных работ.

Первые шаги в области геоконтроля относятся к 20-м годам XX в., когда в нашей стране и за рубежом были организованы специальные инструментальные наблюдения за сдвижением массивов на ряде месторождений, а также положено начало систематическому изучению прочностных и упругих свойств горных пород, и различных проявлений горного давления в выработках.

При этом преимущественно использовались механические и маркшейдерско-геодезические методы исследования. Позднее, начиная с 1950–1960-х годов, стали активно развиваться, а затем постепенно заняли доминирующее положение в геоконтроле так называемые методы горной геофизики, основанные на изучении природы, структуры, пространственной неоднородности и временной изменчивости естественных и искусственных физических полей в массиве горных пород при отработке месторождений

Особое место среди геофизических методов геоконтроля занимают акустические методы, т.е. методы, основанные на взаимодействии упругих колебаний и волн с горными породами. Сущность этих методов сводится к тому, что вследствие указанного взаимодействия претерпевают изменения параметры распространяющегося в геосреде акустического сигнала, который становится при этом носителем измерительной информации о первичных физических полях, характеризующих горную породу и являющихся объектом исследования и контроля. Таким образом, проблема определения параметров распространяющихся в них акустических сигналов, осуществляемому современным радиоэлектронными и акустическими средствами.

Условно основные задачи, решаемые на сегодняшний день акустическими методами геоконтроля, можно разбить на следующие группы:

1. Задачи горно-геологического контроля, связанные с изучением общего геологического строения массивов горных пород и их литологическим расчленением; установлением границ раздела полезных ископаемых и вмещающих пород; выявлением различных типов на-

рушений в массиве (разрывов, карста, мульд и другие) и включений с аномальными физико-механическими свойствами; оконтуриванием зон выветривания, трещиноватости, дробления и др.

2. Задачи горно-технического контроля, связанные с изучением плотностных, механических (упругих, пластических, прочностных, реологических), волновых (акустических) и горно-технологических свойств горных пород, их неоднородности, анизотропии и трещиноватости.

3. Задачи горно-технического контроля, связанные с изучением напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов систем разработки и горных выработок различного назначения, прогнозом их устойчивости, а также опасных проявлений горного давления.

4. Задачи горно-технологического контроля, связанные с оценкой качества упрочнения, разупрочнения, закрепления, разрушения и других процессов, осуществляемых в массиве в целях целенаправленного изменения его свойств и состояния.

5. Задачи горно-экологического контроля, связанные с оценкой негативного влияния горных работ на состояние окружающей среды.

Возможности решения такого широкого круга задач именно акустическими методами обусловлены: наличием устойчивых функциональных и корреляционных связей соответствующих информативных параметров со свойствами, структурными особенностями и напряженно-деформированным состоянием горных пород; использованием различных типов упругих волн и видов зондирующих сигналов в широком диапазоне частот, а также широкого спектра информативных параметров этих сигналов; многочисленными возможными вариантами схем реализации акустических измерений как на образцах, так и в массиве горных пород.

В рамках настоящего учебного пособия в силу ограниченности его объема рассматриваются лишь некоторые из акустических методов и решаемые с их помощью задачи. Пособие состоит из семи независимых частей, каждая из которых посвящена конкретному вопросу акустического контроля и содержит необходимую теоретическую часть, контрольные вопросы, описание соответствующей лабораторной работы, а также тесты для самоконтроля. Такая структура пособия призвана обеспечить возможность его использования как для проведения лабораторных работ, так и для самостоятельной работы студентов и самопроверки полученных ими знаний.

Пособие подготовлено в рамках госзадания № 2014/113 (проект № 504).

Лабораторная работа 1

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТΟΣКОПА

Цель работы. Приобрести навыки работы с ультразвуковым дефектоскопом УКБ-1М.

1.1. Общие сведения

Для целей геоконтроля наибольшее распространение получили импульсные одно- и многопараметровые приборы, работающие в относительно низкочастотном диапазоне (< 1 МГц). Работа простейших измерителей времени распространения ультразвуковых колебаний (УЗК), за исключением некоторых особенностей, заключается в следующем. Импульсный генератор 1 (рис. 1.1) возбуждает излучающий преобразователь 2. Ультразвуковые (УЗ) импульсы, пройдя через контролируемую базу горной породы, принимаются приемным преобразователем 3 и далее в виде электрического сигнала поступают на усилитель 4.

Импульс U_1 генератора 1 через схему 5 регулируемой компенсационной задержки запускает триггер 6. Причем импульс U_2 с выхода схемы 5 отсекает от импульса U_1 на время t_3 задержки УЗ сигнала в элементах акустического тракта прибора (протекторы преобразователей, контактные переходные слои и т.п.). Таким образом, фронт импульса U_2 соответствует началу отсчета измеряемого временного интервала.

Импульсом U_3 с выхода усилителя 4 триггер 6 переводится в исходное состояние и на его выходе завершается формирование импульса U_4 длительностью t_p , равной искомому времени распространения УЗ сигнала на базе L . Этот импульс управляет временным селектором 7, пропускающим на вход электронного счетчика 9 цуг счетных импульсов U_5 с кварцевого генератора 8.

Приборы, имеющие в качестве индикатора полноценный ЭЛТ или ЖК экран, позволяют измерить не только время распространения, но и динамические характеристики принятого УЗ сигнала. Кроме того, эти приборы позволяют визуально наблюдать форму сигнала и анализировать его искажения, идентифицировать первое вступление продольных и поперечных волн и т.д.

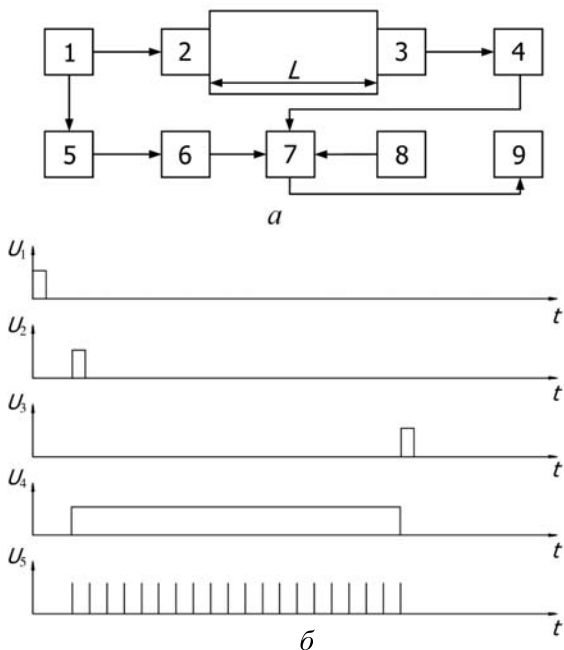


Рис. 1.1. Функциональная схема счетно-импульсного измерителя времени распространения УЗК (а) и временные диаграммы, поясняющие его работу (б)

Благодаря используемому диапазону частот, активные УЗ методы оказываются наиболее эффективными при решении задач геоконтроля, которые связаны с исследованием относительно небольших объемов горных пород и требуют высокой разрешающей способности.

Сущность извлечения искомой информации о горной породе УЗ методами сводится к следующему. В процессе своего распространения УЗ колебания взаимодействуют с первичными полями различной физической природы, характеризующими горную породу как объект исследования и контроля. При этом изменяются параметры УЗ колебаний. В результате последние становятся носителями измерительной информации. В то же время сами УЗ колебания, являясь низкоэнергетическими, на исследуемые первичные поля практически не влияют.

Таким образом, проблема определения параметров первичных физических полей сводится к измерению параметров УЗ сигналов, осуществляемому специализированными радиоэлектронными средствами.