

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ПФИЦ УрО РАН,

Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Плехов О.А.



09. 2024 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН) на диссертационную работу Николенко Петра Владимировича на тему: «Разработка экспериментально-теоретических основ и технических средств контроля напряженно-деформированного состояния породного массива на основе акустических эффектов в горных породах и композиционных материалах», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Актуальность темы выполненной работы и ее связь с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Проектирование новых, расширение и реконструкция действующих предприятий по добыче полезных ископаемых невозможны без информации о напряженно-деформированном состоянии массива горных пород на месторождении. Кроме того, другой важной задачей, решаемой посредством выполнения оценки НДС, является контроль состояния нагруженных элементов камерной системы разработки. Данная задача особенно актуальна на месторождениях водорастворимых руд, где разрушение таких элементов может привести к затоплению рудника, а также при прогнозе горных ударов.

На сегодняшний день признаны в качестве эталонов два основных инструментальных метода измерения напряжений: гидроразрыв скважины и метод полной разгрузки в скважине. Несмотря на достаточную степень проработанности теоретических основ данных методов, высокая сложность и трудоемкость выполнения ограничивают их массовое использование. В связи с этим поиск альтернативных средств оценки НДС породного массива, лишённых перечисленных недостатков и обеспечивающих получение надежных и точных результатов, не прекращается. Одним из перспективных направлений в данной области можно считать совершенствование

акустических методов контроля горного давления. Таким образом, выбранная тема диссертационной работы является актуальной и значимой для науки и практики разработки месторождений полезных ископаемых.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационном исследовании были получены новые результаты по ряду актуальных вопросов, связанных с использованием акустических эффектов, проявляющихся в ультразвуковом диапазоне частот в композиционных материалах и горных породах, для качественной и количественной оценки параметров напряженно-деформированного состояния породного массива:

- установлены закономерности формирования и проявления акустико-эмиссионного эффекта памяти в анизотропных композиционных материалах при различных напряженно-деформированных состояниях;

- установлены закономерности изменения спектрального состава сигналов при формировании и проявлении акустико-эмиссионного эффекта памяти в композиционных материалах;

- обоснован новый метод фильтрации результатов акустико-эмиссионных измерений, основанный на корреляционной обработке сигналов;

- установлено влияние магистральных трещин на изменение скоростей многократно отражённых волн в образцах пород, находящихся в условиях одноосного нагружения, с использованием алгоритмов обработки сигналов, основанных на принципах интерферометрии;

- разработаны принципы лабораторного определения зависимостей скоростей продольных и поперечных волн от изменяющихся температуры и давления;

- установлено влияние температуры на кинематические и спектральные параметры ультразвуковых сигналов в процессе одноосного нагружения образцов горных пород.

Значимость для науки и производства, полученных автором диссертации результатов, сопоставление полученных результатов с уровнем современной науки

Научная значимость работы состоит во внесении существенного вклада в развитие научно-методических и экспериментально-теоретических основ методов измерения напряжений, использующих акустические эффекты в горных породах и композиционных материалах, что имеет важное значение для развития горной геофизики и горного производства. Результаты,

полученные автором в диссертационном исследовании, значительно расширяют существующие представления о формировании и проявлении акустико-эмиссионного эффекта памяти в материалах. Разработанные алгоритмы обработки акустических сигналов помогут получить новые результаты в исследованиях, связанных с изучением распространения упругих волн в твердых телах. Практическая ценность работы заключается в разработке методик и технических средств контроля напряженно-деформированного состояния породного массива, применение которых позволяет решать обширный круг задач по обеспечению безопасных условий ведения горных работ

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

В рамках диссертации автором разработаны «Методические рекомендации по мониторингу динамики изменения напряженно-деформированного состояния приконтурного массива с использованием ультразвуковой интерферометрии», использованные ИБРАЭ РАН при разработке проектной документации «Разведка участка захоронения радиоактивных отходов (Енисейский участок Нижне-Канского массива)», получившей положительное заключение ФГКУ «Росгеолэкспертиза» № 154-02-06/2023 от 31.07.2023, а также «Методические рекомендации по контролю параметров напряженно-деформированного состояния приконтурного массива с использованием акустико-эмиссионных эффектов в композиционных материалах», принятые к использованию на Таштагольской и Шерегешской шахтах АО «ЕВРАЗ ЗСМК», а также Сибирским филиалом АО «ВНИМИ».

Предложенные автором аппаратура и методики контроля параметров напряженно-деформированного состояния пород приконтурного массива рекомендуются к применению на горнодобывающих предприятиях. Также разработанный стенд для ультразвуковых испытаний горных пород в контролируемых термобарических условиях может оказаться полезным при проведении исследований по оценке влияния температуры на физико-механические свойства пород.

Замечания по диссертационной работе

Несмотря на общую положительную оценку диссертационной работы, необходимо отметить следующие замечания:

1. В конце раздела 2.2 автор делает вывод о том, что наибольшая эффективность работы анизотропных композитов в качестве чувствительных

элементов систем контроля НДС достигается в случае, когда модуль упругости армирующего компонента существенно превышает модуль упругости матрицы, а также когда угол между приложением нагрузки и плоскостью слоев не отличен от 90° . Однако результаты проявления активности АЭ для данного случая в диссертации не представлены. Имеется только рис. 2.5 с результатами, полученными для образца с упругим включением из мусковита, модуль упругости которого меньше модуля матрицы.

2. В разделе 2.6.1 автор предлагает собственную методику оценки длительности импульса акустической эмиссии. При этом не раскрывается, чем его не устроил традиционно используемый в большинстве коммерческих АЭ-систем подход дискриминации импульсов, основанный на таких параметрах как: порог регистрации; интервал времени, в течение которого уровень сигнала ниже порогового значения; максимальная длительность импульса.

3. В разделе 2.6.2 говорится, что на рис. 2.40 сигналы АЭ кластеризуются в области значений $AF \approx 150$ кГц и $RA \approx 0,7$ мкс/мВ. Однако на рис. 2.40 импульсов со значением AF более 110 кГц нет ни одного.

4. В конце раздела 2.7.3.1 автор предлагает способ контроля изменения девиатора напряжений, в том числе за счет подхода, заключающегося в использовании композита в качестве среды для формирования «памяти» о приращениях напряжений в породном массиве. Для этого композит без предварительной подготовки размещают в контролируемой области массива, а затем извлекают после завершения деформационных процессов. Если из композиционного цилиндра изготовить образец, ориентированный в направлении действия σ_1 в массиве, а затем провести его испытания в режиме одноосного сжатия, то, как утверждает автор, можно определить значение приращений σ_1 в массиве. Не согласимся с данным утверждением. Скорее всего после полимеризации композиционный цилиндр будет находиться в сложном неравнокомпонентном напряженном состоянии, сформированном в основном за счет приращения напряжений σ_1 и σ_2 , действующих по двум ортогональным осям в плоскости сечения скважины. При этом значения третьей компоненты σ_3 , направленной вдоль оси скважины, будут близки к нулю (зависит от длины цилиндра и его положения относительно забоя скважины). Тогда в случае испытания изготовленного из цилиндра образца по одноосной схеме в направлении действия σ_1 трудно сказать при каких напряжениях ожидается проявление эффекта Кайзера.

5. В разделе 2.7.4 предлагается метод выявления хрупких разрушений в кровле (расслоений) и определение их местоположения. Здесь необходимо отметить, что свойства волновода из композитного материала отличаются от

свойств породного массива. Поэтому требуется верификация предлагаемой методики в шахтных условиях.

6. Раздел 4.3.2 посвящен способу контроля приращений компоненты напряжений, действующей вдоль оси скважины, с использованием ультразвуковой интерферометрии. В качестве частного случая рассматривается вариант реализации данного способа для контроля вертикальной компоненты напряжений в кровле горной выработки. Есть предположение, что значения компоненты напряжений, действующей вдоль оси вертикальной скважины в кровле выработки, будут уменьшаться со временем за счет деформации пород приконтурного массива вплоть до растяжения, т.е. приращения будут отрицательными. При этом в предлагаемой методике тарировочные зависимости получены по результатам лабораторных испытаний образцов пород в режиме одноосного сжатия, т.е. при положительных приращениях напряжений.

Основные положения диссертации опубликованы в 37 научных работах, в том числе 29 – в журналах, рекомендуемых ВАК по специальности защищаемой диссертации, 24 – в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus, и 3 патентах на изобретение.

Тема, содержание и основные научные положения диссертационной работы соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр», пункты 3, 4, 9, 15 и 17. Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертации.

Диссертационная работа Николенко П.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена проблема разработки научно-методических и экспериментально-теоретических основ, а также технических средств для проведения инструментального контроля параметров напряженно-деформированного состояния приконтурного массива и мониторинга за его изменением на основе акустических эффектов в горных породах и композиционных материалах, что имеет важное значение для развития горной геофизики и обеспечения безопасности ведения подземных горных работ и эксплуатации подземных сооружений. Работа соответствует п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней НИТУ МИСИС, в том числе условиям пункта 2.6. Автор Николенко Петр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

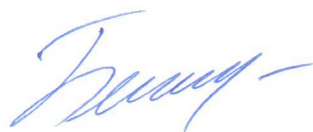
Настоящая работа обсуждалась на заседании Ученого совета «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (протокол №6 от 28.06.2024 г.).

Научный руководитель «ГИ УрО РАН»,
академик РАН, д.т.н.



Барях А.А.

Ст. науч. сотр., к.т.н.



Бельтюков Н.Л.

03.09.2024

*Подпись А.А. Баряха, Н.Л. Бельтюкова
заверено*

Главный специалист по кадрам

 Дерюженко С.Г.

