

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Ректор Кыргызского государственного**

**технического университета**

**им. И. Рazzакова, д.Ф.-м.н., профессор**

**Джаманбаев М.Д.**

**2019 г.**



### **О Т З Ы В**

**ведущей организации – Кыргызского государственного  
технического университета им. И. Рazzакова**

на диссертационную работу Акматалиевой Минажат Сабыровны «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 25.00.20 - геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика, рассмотрен на расширенном заседании кафедры механика и промышленная инженерия Кыргызского государственного технического университета им. И. Рazzакова.

#### **1.Актуальность работы.**

В настоящее время одним из важных проблем в геомеханике является надежное и оперативное определение напряжений в горных породах. Результаты измерений напряжений в массивах горных пород показали, что напряжения в небольших расстояниях измерительных скважин изменяются скачкообразно и часто горизонтальная составляющая напряжения превышает вертикальную составляющую, что не укладывается в рамки существующих теоретических представлений. Последующие исследования показали, что указанные выше аномальные изменения напряжений обусловлены остаточными напряжениями, которые существенно влияют не только на напряженное состояние, но и на процессы деформации и разрушения горных пород. Применяемые на практике общеизвестные методы определения остаточных напряжений весьма трудоемкие и не имеют требуемую точность определения остаточных напряжений из-за их не полной разгрузки при измерениях методом разгрузки. В связи с этим работа «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах» актуальна.

## **II. Характеристика содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа содержит введения, четырех глав и заключения, представлена на 142 страницах, в работе имеются 55 рисунков, 14 таблиц, и 77 наименований литературы.

*Во введении* изложена актуальность темы диссертации, показано, что исследование остаточных напряжений остается актуальной, особенно для решения задач по прогнозу и предупреждению динамических разрушений в породных массивах при разработке удароопасных месторождений полезных ископаемых, расположенных в горных регионах, что характерно для Кыргызской Республики, представлены цель и задачи исследований. Отмечено, что диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики по соответствующим проектам.

*В первой главе* представлен подробный анализ результатов исследований напряжений и в том числе остаточных напряжений и методов их определения в горных породах. Показано, что, в горных регионах напряженное состояние породного массива неоднородное и это связано с наличием в них неоднородных остаточных напряжений. В результате анализа данных общепризнанных и широко применяемых на практике методов определения остаточных напряжений твердых материалов диссертант показал, что из всех применяемых в настоящее время методов, для определения остаточных напряжений в твердых материалах, в том числе горных породах, наиболее преимущественным и надежным, методом является метод ультразвукового определения остаточных напряжений, основанный на измерении скорости поперечных поляризованных волн. На основе анализа результатов исследования остаточных напряжений и методов их определения диссертантом обоснованы цель и задачи исследований диссертационной работы по выбранной теме.

*Во второй главе* в результате исследований плоского напряженного состояния в плоской модели показано зависимость от уровня остаточных напряжений величины разности скорости в перпендикулярном (по толщине плоской модели)  $V_{sc}$  и параллельном (к длинной стороне модели)  $V_{sp}$  направлениях вектора поляризации поперечной волны по заданной базе измерения. Показано, что при наличии остаточных напряжений данная разность изменяется значительно, причем разность может иметь как

положительные, так и отрицательные значения. В объемных моделях также показано, что по указанной разности времени (скорости) прохождения (ортогонально поляризованных) поперечных волн, можно определять направление (знак) и величину остаточных напряжений. Диссертантом впервые установлено, что величина разности времени прохождения взаимно перпендикулярно поляризованных поперечных волн изменяются в зависимости от уровня остаточных напряжений и в соответствии с их концентрациями, визуально наблюдаемыми с помощью картины изохром метода фотоупругости.

*В третьей главе* приведены результаты исследований влияния остаточного напряжения на скорость поляризованной ультразвуковой поперечной волны и на основе этих исследований разработана методика определения акустического параметра остаточных напряжений и метод определения нового механического показателя – волнового модуля напряжения горных пород. Диссертантом выявлена функциональная зависимость, отражающая закономерность изменения относительной величины скорости ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от остаточного напряжения в горных породах. На основе применения поляризованных поперечных волн для определения остаточных напряжений впервые экспериментально установлено, что в горных породах угол между направлением нормального максимального и минимального остаточного напряжения составляет 90 градусов, что согласуется с положением классической механики о взаимной перпендикулярности главных (максимальных и минимальных) нормальных напряжений твердых материалов.

*В четвертой главе* приведены результаты исследований, свидетельствующие о том, что остаточные напряжения, измеренные ультразвуковым методом, имеют более высокие значения, чем значения

напряжений, полученные методом разгрузки, что связано с не полным проявлением остаточных напряжений при образовании новой поверхности (резание, бурение), разгрузкой напряжений только вблизи этой поверхности, занижением результатов метода разгрузки по сравнению с истинным значением напряжений. Диссертантом обоснован поляризационно-акустический метод, позволяющий определять знак и величину остаточных напряжений в горных породах с разными механическими свойствами. Данный метод проверен при определении остаточных напряжений в разных горных породах и вокруг сварочного шва. Установлено, что вблизи сварочного шва имеется значительное растягивающее остаточное напряжение, которое с удалением от шва уменьшается и переходит в сжимающее, причем тоже далее уменьшается с удалением от шва, а в близи свободной поверхности переходит снова в растягивающее напряжение. Результаты определения сварочных остаточных напряжений, полученные предложенным поляризационно-акустическим методом, хорошо согласуются с данными сварочных остаточных напряжений, полученными в Институте электросварки им. Е.О. Патона методом разгрузки и теоретических расчетов.

**III. Оценка научной новизны работы.** В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1.Установлено, что разности скоростей взаимно перпендикулярно поляризованных поперечных ультразвуковых волн по единой для обеих волн базе измерения зависят от уровня и знака остаточных напряжений, и остаточные напряжения, измеренные, на основе применения поперечной поляризованной волны хорошо согласуются с визуально наблюдаемой картиной изохром известного поляризационно - оптического метода.

2.Выявлена функциональная зависимость, отражающая закономерность изменения параметра ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от остаточного напряжения в горных породах, заключающаяся в том, что изменение остаточного напряжения приводит к пропорциональному изменению относительной величины скорости ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны.

3. Впервые экспериментально установлено, что в горных породах угол между направлением нормального максимального и минимального остаточного напряжения составляет 90 градусов, что согласуется с

положением классической механики о взаимной перпендикулярности главных (максимальных и минимальных) нормальных напряжений.

#### **IV. Оценка практической значимости полученных результатов.**

Практическая значимость полученных диссертантом результатов состоит в следующем:

1. Разработана методика определения акустического параметра остаточных напряжений горных пород – разности относительной величины скорости взаимно перпендикулярно поляризованных поперечных ультразвуковых волн, позволяющая определить уровень и знак остаточных напряжений в горных породах;
2. Разработан метод определения нового механического показателя – волнового модуля напряжения горных пород, характеризующий их структуры, свойства упругости и пластичности;
3. Разработан поляризационно-акустический метод, позволяющий определять знак и величину остаточных напряжений в горных породах, и твердых материалах с разными механическими свойствами;
4. Результаты исследований механических свойств и напряжений горных пород использованы при составлении локальных проектов рудника Кумтор «Корректировка технического проекта Центрального участка (2010г.)», «Специальный проект разработки Центрального карьера на 2016г.».

#### **V. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность научных положений и выводов подтверждается: соответием результатов экспериментального определения остаточных напряжений предложенным поляризационно-акустическим методом с данными известного поляризационно – оптического метода; согласованностью результатов экспериментальных исследований остаточных напряжений предложенным методом с расчетными и экспериментальными данными, полученными в Институте сварки имени Е.О. Патона; представительностью и воспроизводимостью полученных экспериментальных результатов определения остаточных напряжений в горных породах и согласованностью этих результатов с данными известного метода разгрузки.

## **VI. Соответствие диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» ВАК КР**

Диссертационная работа Акматалиевой Минажат Сабыровны «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах» удовлетворяет требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней» ВАК КР.

## **VII. Соответствие автореферата содержания диссертации**

Автореферат по содержанию соответствует диссертационной работе «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах».

## **VIII. Оценка опубликованных работ**

По теме диссертационной работы в рецензируемых научных изданиях и сборниках, вошедших в Перечень рецензируемых научных изданий, утверждаемым президиумом ВАК Кыргызской Республики, диссидентом опубликованы 21 научные труды, том числе получены патенты № 1245, № 1826 Кыргызской Республики на изобретения и диплом №453 на научное открытие (в соавторстве). Москва.2013 год.

## **IX. Недостатки и замечания по диссертационной работе**

1. В работе приводятся факты только качественного соответствия результатов определения остаточных напряжений предложенным акустическим методом с данными метода фотоупругости. Следовала бы показать согласованность этих методов количественно.

2. В диссертационной работе не использованы современные программы по обработке экспериментальных результатов.

## **X. Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК Кыргызской Республики**

В диссертационной работе Акматалиевой М.С. дано новое решение актуальной научной задачи – разработка поляризационно-акустического метода определения остаточных напряжений в горных породах, обоснованные научные разработки и выводы по содержанию, новизне, практической значимости удовлетворяют требованиям ВАК КР, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертационная работа

«Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах» выполнена в соответствии с требованиями «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК КР и паспортом специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», а ее автор Акматалиева Минажат Сабыровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

**XI. Отзыв составлен** к.-ф.м.н., доцентом, заведующим кафедрой механика и промышленная инженерия Доталиевой Ж.Ж. и к.-ф.м.н., доцентом, проректором по учебной работе Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова Чыныбаевым М.К.

Отзыв и диссертационная работа обсуждены на расширенном заседании кафедры механика и промышленная инженерия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Заведующий кафедрой  
механика и промышленная инженерия,  
к.-ф.м.н., доцент

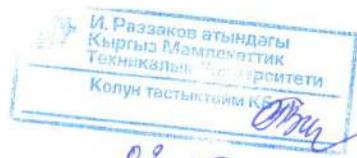
Доталиева Ж.Ж.

Проректор по учебной работе  
Кыргызского государственного  
технического университета  
им. И. Раззакова, к.-ф.м.н., доцент



Чыныбаев М.К.

Подписи к.-ф.м.н., доцента Доталиевой Ж.Ж. и к.-ф.м.н., доцента Чыныбаева М.К.. заверяю:



03.05.19

