

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

эксперта диссертационного совета Д 25.19.587 по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук при Институте геомеханики и освоения недр и Жалал-Абадском государственном университете по диссертации **Акматалиевой Минажат Сабыровны** на тему «**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 аэрогазодинамика и горная теплофизика».

эксперт диссертационного совета: чл.-корр. НАН КР, профессор, д.т.н., **Кожогулов Камчыбек Чонмурунович**, рассмотрев представленную соискателем Акматалиевой М. С. кандидатскую диссертацию на тему «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах» по специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» пришел к следующему заключению:

1. Соответствие работы специальности, по которой дано право диссертационному совету проводить защиту.

Представленная Акматалиевой М. С. кандидатская диссертация на тему «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах» соответствует профилю диссертационного совета.

В работе представлены результаты исследования механических свойств и остаточных напряжений, приведена обоснование поляризационно-акустического метода определения остаточных напряжений в горных породах, что в полной мере отвечает паспорту специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Целью диссертации является **разработка ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах, основанного на применении поперечных поляризованных волн**.

В диссертации для достижения цели решены следующие задачи:

- 1.Исследование скорости распространения ультразвуковой поляризованной сдвиговой (поперечной) волны в горных породах и технических материалах;
- 2.Исследование акустических показателей остаточных напряжений твердых материалов, в том числе горных пород с разными механическими свойствами;
- 3.Разработка ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах с использованием поперечных поляризованных волн;

4. Определение механических свойств и остаточных напряжений горных пород и технических материалов.

Объект исследования диссертации – горные породы рудных месторождений и технические твердые материалы, имеющие остаточные напряжения.

Предмет исследования:

1. Диссидентом установлено, что остаточные напряжения горных пород, измеренные ультразвуковым методом, имеют более высокие значения, чем значения напряжений, полученные методом разгрузки, что связано с не полной разгрузкой остаточных напряжений при образовании новой поверхности (резание, бурение) из-за структурной связности этих напряжений, занижением результатов по методу разгрузки по сравнению с имеющимся напряжением.
2. В плоской модели выявлено, что при наличии нарушения сплошности (трещины, пустоты) и при отсутствии остаточных напряжений, скорости прохождения параллельно $-Vs(n)$ и перпендикулярно $-Vs(c)$ поляризованных поперечных волн одинаково уменьшаются в зоне нарушения (пустоты), и по этому их разность равно нулю, а при наличии остаточных напряжений данная разность изменяется значительно, причем разность может иметь как положительное, так и отрицательное значение.
3. Выявлена функциональная взаимосвязь, отражающая закономерность изменения скорости 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.
4. Разработан поляризационно-акустический метод, позволяющий определять знак и величину остаточных напряжений в горных породах, полурупких и пластичных твердых материалах с разными механическими свойствами.

Это соответствует требованиям к исследованию по специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

2. Актуальность темы диссертации.

В Кыргызской Республике многие месторождения расположены в горных регионах. В горных сейсмоактивных регионах остаточные напряжения оказывают существенное влияние на общее напряженное состояние породного массива. В настоящее время не разработаны надежные и экспрессивные методы определения остаточных напряжений в горных породах. Известные ультразвуковые расчетные методы позволяют определить остаточные напряжения в твердых телах, если известны постоянные упругости второго и третьего порядка. Эти методы трудоемки и имеют низкую точность, из-за выполнения расчетных работ по установлению большого количества трудно определяемых характеристик

упругости второго и третьего порядка, предварительного проведения дополнительных исследований механических свойств на напряженных и на ненапряженных образцах горных пород. В связи с этим работа посвященная экспериментальному обоснованию ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах представляет актуальную научно-практическую задачу.

3. Научные результаты.

В работе представлены следующие новые научно обоснованные экспериментальные результаты, совокупность которых имеет существенное значение для развития горной науки:

Результат 1. В плоской модели выявлено, что при наличии нарушения сплошности (трещины, пустоты) и при отсутствии остаточных напряжений, скорости прохождения параллельно $-Vs(n)$ и перпендикулярно $-Vs(c)$ поляризованных поперечных волн одинаково уменьшаются в зоне нарушения (пустоты), и по этому их разность равно нулю, а при наличии остаточных напряжений данная разность изменяется значительно, причем разность может иметь как положительное, так и отрицательное значение в зависимости от остаточных напряжений. (раздел 2, подраздел 2.1).

Результат 2. Установлено, что остаточные напряжения, определенные на основе применения поперечной поляризованной волны хорошо согласуются с визуально наблюдаемой картиной изохром известного поляризационно - оптического метода (раздел 2, подраздел 2.3).

Результат 3. Предложен метод определения нового механического показателя – волнового модуля напряжения горных пород и технических материалов, характеризующий их структуры, свойства упругости и пластичности (раздел 3, подраздел 3.2).

Результат 4. Выявлена функциональная взаимосвязь, отражающая закономерность изменения скорости 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 (раздел 3, подраздел 3.1).

Результат 5. Экспериментально установлено, что в горных породах угол между направлением нормального максимального и нормального минимального остаточного напряжения составляет 90^0 градусов, что согласуется с положением классической механики о взаимной перпендикулярности главных (максимальных и минимальных) нормальных напряжений твердых материалов (раздел 3, подраздел 3.3).

Результат 6. Разработан поляризационно-акустический метод, позволяющий определять знак и величину остаточных напряжений в горных породах, полухрупких и пластичных твердых материалах с разными механическими

свойствами (раздел 3, подраздел 3.3).

4. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации.

Результат 1. Обоснован экспериментальными исследованиями в модельных образцах и с применением для сравнения известного поляризационно-оптического метода.

Результат 2. Обоснованность и достоверность данного научного результата доказана тем, что остаточные напряжения, установленные на основе применения поперечной поляризованной волны, согласуются с картиной изохром известного поляризационно - оптического метода.

Результат 3. Обоснование данного научного вывода подтверждено представительными результатами экспериментальных исследований широкого класса твердых материалов, в том числе горных пород имеющих разные механические свойства.

Результат 4. Обосновано теоретическими расчетами и экспериментальными результатами, полученными на разных технических твердых материалах и горных породах с разными свойствами, согласованностью результатов с данными известных методов.

Результат 5. Обоснованность доказана результатами экспериментальных исследований и согласованностью полученных данных с положением классической механики о взаимной перпендикулярности главных (максимальных и минимальных) нормальных напряжений твердых материалов.

Результат 6. Обоснование данного научного результата обеспечено представительными результатами определения знака и величин остаточных напряжений в горных породах, полухрупких и пластичных твердых материалах с разными механическими свойствами и согласованностью результатов предложенного метода с данными известного поляризационно-оптического метода.

Обоснованные новые научные результаты, полученные диссидентом, достоверны и имеют существенное значение для геомеханики.

Методы использованные автором для обоснования выводов, научных положений.

Методы исследования. В диссертационной работе применены современные аппаратуры, высокоточный ультразвуковой прибор УК-10 ПМ, новые датчики ультразвуковых волн, позволяющие выработать поляризованные сдвиговые волны и испытательные нагружающие оборудование, обеспечивающие применения различных режимов.

5. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации.

Результат 1. Является частично новым, так как было известно изменения скорости поперечных волн от наличия напряжений.

Результат 2. Результат новый, поскольку ранее изменения разности скоростей взаимно перпендикулярно поляризованных поперечных ультразвуковых волн в зависимости от уровня и знака остаточных напряжений не отмечалось.

Результат 3. Новый, так как впервые введен новый механический показатель – волновой модуль напряжения горных пород и технических материалов, характеризующий их структуры, свойства упругости и пластичности.

Результат 4. Новый, так как выявленная функциональная взаимосвязь, отражающая закономерность изменения скорости ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от изменения напряжения в горных породах признано научным открытием (Диплом №453 на научное открытие от 3 октября 2013 года, г. Москва, в соавторстве).

Результат 5. Частично новый, поскольку было известно положение механики о взаимной перпендикулярности главных (максимальных и минимальных) нормальных напряжений твердых материалов.

Результат 6. Новый, подтвержден патентом № 1826 Кыргызской Республики, G01B 5/30 (2015.01). Способ определения остаточных и действующих напряжений в твердых материалах.

6. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической и прикладной задачи.

В диссертационной работе Акматалиевой Минажат Сабыровны по теме «Обоснование ультразвукового метода определения остаточных напряжений в горных породах » дано решение актуальной научно-технической задачи – обоснование поляризационно-акустического метода определения остаточных напряжений, основанного на применении поляризованной ультразвуковой поперечной волны.

Результаты подтверждены экспериментальными данными известных методов определения остаточных напряжений в твердых материалах, в том числе в горных породах различного генезиса. Полученные результаты взаимосвязаны, практические рекомендации и методы обоснованы с учетом известных данных механики горных пород и горного дела.

Диссертация содержит новые научные разработки по теме, имеющие логическое единство, что доказывает наличия весомого авторского вклада автора. Разработанный новый метод определения остаточных напряжений достаточно аргументирован и критически оценена путем сравнения с известными решениями, экспериментальными данными, проверена на различных твердых материалах.

7. Практическая значимость полученных результатов:

- предложена методика определения акустического параметра остаточных напряжений горных пород, представляющий собой разность скорости взаимно перпендикулярно поляризованных поперечных ультразвуковых волн, позволяющая определить наличия или отсутствия, а также знак остаточных напряжений в горных породах;
- разработан метод определения нового механического показателя – волнового модуля напряжения горных пород, характеризующий их структуры, свойства упругости и пластичности;
- разработан поляризационно-акустический метод, позволяющий определять знак и величину остаточных напряжений в горных породах с разными механическими свойствами;
- полученные в диссертационной работе результаты исследований механических свойств и напряжений горных пород использованы при составлении локальных проектов на руднике Кумтор и «Методических указаний к курсовому проектированию» по предмету физика горных пород, которые применяются в учебном процессе для студентов по специальности «Физические процессы горного производства» при подготовке горных инженеров в Кыргызско -Российском Славянском университете.

Практическая и экономическая значение результатов исследований заключается в применении данных механических свойств и остаточных напряжений горных пород рудных месторождений при проектировании и эксплуатации карьеров и шахт, обеспечивающие безопасной разработки удароопасных месторождений, расположенных в горных регионах республики.

8. Подтверждение опубликования основных положений, результатов и выводов диссертации

Содержание диссертации отражено в следующих публикациях автора:

1. Акматалиева М.С. Ультразвуковой способ определения остаточных напряжений [Текст]: / К.Т.Тажибаев, М.С Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Вестник Кыргызско - Российского Славянского университета, - Бишкек: 2006. том 6, №7, - С. 30-35.
2. Акматалиева М.С. Оценка остаточных напряжений ультразвуковым методом [Текст]: / К.Т.Тажибаев, М.С Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Наука, техника, технология. -Бишкек: Материалы первой международной конференции ИА КР,4-5 октября 2007. - С.10-15.
3. Акматалиева М.С. Результаты исследования остаточных напряжений в твердых материалах поляризованными ультразвуковыми волнами [Текст]: / К.Т.Тажибаев, М.С Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. -Бишкек: 2008. Том 8, №10 - С.71-80.

4. Пат. 1245. Кыргызская Республика, G01B 5/30 (2009.01). Способ определения остаточных напряжений в твердых материалах. [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев; Заявл.08.07.2008; опубл. 31.03.2010. Бюл.№3, -7с.: ил. 3
5. Акматалиева М.С. Результаты исследования остаточных напряжений с применением поляризованных поперечных ультразвуковых волн [Текст] Известия НАН КР/ М.С. Акматалиева. – Бишкек: 2011. - №1 – С.67-74.
6. Акматалиева М.С. Неразрушающий метод определения остаточных и действующих напряжений твердых материалов [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. //Материалы Международной конференции «Проблемы Геомеханики и Освоения Недр» к 80-летию академика НАН И.Т. Айтматова. –Бишкек: Июнь 2011, - С.164-175.
7. Акматалиева М.С. Результаты исследования свойств известняка карьера Ак-Татыр и влияния СВЧ волн на его структурное состояние [Текст] Вестник Казахского национального технического университета им. К.И.Сатпаева / М.С. Акматалиева. –Алматы: 2011. -№ 6 (88) - С.169-172.
8. Акматалиева М.С. Методика и результаты определения волнового модуля напряжения твердых материалов [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева. //Сб. трудов «Современные проблемы механики сплошных сред». –Бишкек: 2012, №16, - С.245-250.
9. Акматалиева М.С. Метод определения остаточных и действующих напряжений в горных породах, основанный на законе изменения скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны от напряжений в твердых материалах [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева. //«Известия» НАН КР. – Бишкек: 2012 №3, - С. 31-36.
10. Акматалиева М.С. Результаты исследования СВЧ волн на структурное состояние горных пород [Текст] / М.С. Акматалиева // В сборнике «Современные проблемы механики сплошных сред». – Бишкек: 2013. №17, - С. 88-94.
11. Метод оптимального разупрочнения и измельчения крепких руд и минералов [Текст] / [К.Т. Тажибаев, Р.М.Султаналиева, М.С.Акматалиева и др.]- Бишкек: «Известия» КГТУ им. И.Раззакова, №29, 2013, - С. 303-309.
12. Акматалиева М.С. Болот плитасындагы ширетүүдөн калган калдыктуу чыңалууну изилдөө [Текст] / М.С. Акматалиева // В сборнике «Современные проблемы механики сплошных сред». Газодинамика, геомеханика и геотехнологии. Комитет по теоретической и прикладной механике Кыргызстана, Институт геомеханики и освоения недр НАН КР. – Бишкек: 2014. №19, - С. 99-104.

13. Акматалиева М.С. О методологии определения остаточных и действующих напряжений в горных породах с применением поляризованных ультразвуковых волн [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Фундаментальные и прикладные проблемы науки, Том 2. Материалы Кыргызской секции 9 -го Международного симпозиума, посвященного памяти референта МСНТ Н.Н. Ершовой. –М.: РАН, 2016. -С. 39 -46.
14. Пат. 1826. Кыргызская Республика, G01B 5/30 (2015.01). Способ определения остаточных и действующих напряжений в твердых материалах. [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева; Заявл.23.10.2014; опубл. 29.02.2016. Бюл.№2, -8с.: ил. 3.
15. Акматалиева М.С. Основы поляризационно-акустического метода определения действующих напряжений в горных породах [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. //Научный форум: Технические и физико-математические науки. Сборник статей по материалам II-й Международной заочной научно-практической конференции №1(2), -М.:Изд. МЦНО, 2017. - С.52-58.
16. Акматалиева М.С. Метод и результаты определения акустического параметра остаточных напряжений и волнового модуля напряжения горных пород [Текст]: / К.Т. Тажибаев, М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. //Материалы 7 –й международной научно-практической конференции «Современные инновации: фундаментальные и прикладные исследования». -М.: 17 февраль, 2017. - С. 11-15.
17. Диплом №453 на научное открытие от 3 октября 2013 года, г. Москва. Закономерность изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали). [Текст]: / К.Т. Тажибаев, Д.К. Тажибаев, М.С.Акматалиева. //Научные открытия -2013.-М.РАЕН, 2014г. –С. 48-50.
18. Акматалиева М.С.Тоо-тектериндеги калдыктуу чыналууларды ультраун менен аныктоо ыкмасын негиздеө [Текст]: / М.С.Акматалиева, Д.К. Тажибаев. // Научно-технический журнал «Современные проблемы механики» Материалы 2 международного симпозиума «Прогноз и предупреждение горных ударов и землетрясений, мониторинг деформационных процессов в породном массиве», № 33(3), Бишкек: 2018. - С. 263-270 .
19. Акматалиева М.С. Определение остаточных и действующих напряжений поляризационно-акустическим методом [Текст]: /Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С./ Международный журнал гуманитарных и естественных наук. №4, том 1, Новосибирск, 2018. - С. 134-139.
20. Акматалиева М.С. Некоторые результаты проверки поляризационно-акустического метода определения остаточных напряжений [Текст]: /Акматалиева М.С.,Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К. // Международный

- журнал гуманитарных и естественных наук. №5, том 1, Новосибирск, 2018. - С. 168-173.
21. Акматалиева М.С. Методика предварительного определения знака и уровня остаточных напряжений в горных породах [Текст]: / Тажибаев К.Т., Акматалиева М.С., Тажибаев Д.К. // Научный журнал «Актуальные проблемы современной науки». №5(102), Москва: 2018 г. - С. 254-258.

9. Соответствие автореферата содержанию диссертации.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, поставленной в ней цели и задачам исследования. Автореферат имеет идентичное резюме на кыргызском, русском и английском языках.

10. Обоснованность предложения о назначении ведущей организации, официальных оппонентов.

В качестве эксперта диссертационного совета предлагаю по кандидатской диссертации назначить:

- ведущей организацией рекомендую, КГТУ им. И. Раззакова, где работают опытные доктора и кандидаты технических наук, известные специалисты по механике деформированного твердого тела;
- первым официальным оппонентом предлагаю – Шамганову Ляззат Саевну член-корр. национальной академии Республики Казахстан, доктора технических наук, профессора, имеющую специальность по автореферату – 25.00.20 (Геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика), которая имеет труды, близкие к задачам исследования:

1. Шамганова Л.С. Чабдарова Ю.И., Тулебаев К.К. Исследования в области геомеханики ИГД им. Д.А.Кунаева // Горный журнал Казахстана.-2015.-№8-С.34-37.
2. Шамганова Л.С. Геомеханическое обеспечение подземной отработки перекрывающихся пологих и наклонных залежей камерно-столбовой системой: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук -Алматы: 2006. -48с.
3. Токсаров В.Н., Шамганова Л.С., и др. Экспериментальное определение напряжений в массиве горных пород сарбайского карьера // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Т.4, № 2, ИГД СО РАН, Ноосибирск. 2017 г., -С.286-289.
4. Шамганова Л.С. Майстровский М.А., Утибаева А.М. Оценка устойчивости участка заложения подземных выработок при переходе на комбинированную отработку месторождения «Акжал». // Горный журнал Казахстана.- 2015.№5.-С. 40-41.

- вторым официальным оппонентом предлагаю кандидата технических наук, доцента Абдиева Арстанбека Раимбековича, имеющего специальность по автореферату 25.00.20 (Геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика), который имеет труды, близкие к задачам исследования:

1. Абдиев А.Р. Геомеханическое обеспечение горных и горностроительных работ. Изд-во КРСУ, Бишкек, 2015. – 28 с.

2. Мамбетов Ш.А., Абдиев А.Р., Изабаев К.Д., Раимжанов А.А. Структурно-механические особенности породного массива Тянь-Шаня и вопросы прогнозирования состояния породного массива месторождений// Вестник КРСУ, Бишкек. 2015. Том 15. № 9 – С. 191–196.

3. Абдиев А.Р., Мамбетова Р.Ш. Геомеханические аспекты строительства водозaborных сооружений в горно-складчатых районах/ Техническая безопасность: наука и практика// Матер.междун. науч.-практ. конф. Изд-во КРСУ, Бишкек, 2015. – с. – 35-37

4. Абдиев А.Р., Изабаев К.Д., Мамбетов Ш.А. Природа и закономерности проявления негативных геомеханических факторов при ведении горных работ на высокогорных месторождениях// Символ науки, Уфа, 2016. Том 12, ч.3 – С. 263–266.

Изучив диссертационную работу и автореферат, представленные документы, рекомендую диссертационному совету при Институте геомеханики и освоения недр НАН КР и Жалал-Абадском государственном университете по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук принять кандидатскую диссертацию 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 аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Эксперт диссертационного совета Д 25.19.587



Кожогулов К.Ч.,
чл.-корр. НАН КР,
д.т.н. , профессор

Подпись эксперта Кожогулова К.Ч. заверяю:

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к. физ.-мат.н.

