

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
(ФИЛИАЛ – ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД)
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 13.10.2022 № 102

О присуждении Пантелееву Ивану Алексеевичу, гражданину России, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Деформирование горных пород и геосред: анализ развития анизотропной поврежденности и локализации деформации» по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите 07.07.2022, протокол № 91, диссертационным советом Д 004.036.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр (филиал – Институт механики сплошных сред) Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018 г.

Соискатель Пантелеев Иван Алексеевич 1984 года рождения, в 2007 году с отличием окончил магистратуру ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет» по направлению «Прикладная математика и информатика». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Масштабно-инвариантные закономерности разрушения горных пород и развитие сейсмических событий» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» Пантелеев И.А. защитил 17 июня 2010 г. в диссертационном совете Д 004.012.01 в Институте механики сплошных сред УрО РАН. Диплом кандидата наук ДКН № 119617 выдан 08 октября 2010 г. В настоящее время Пантелеев И.А. работает заведующим лабораторией цифровизации горнотехнических процессов Института механики сплошных сред УрО РАН – филиала ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН. Диссертация выполнена в лаборатории физических основ прочности и термомеханики твердых тел ИМСС УрО РАН.

Официальные оппоненты:

1. Кривцов Антон Мирославович, доктор физико-математических наук (01.02.04), член-корреспондент РАН, директор Высшей школы теоретической механики и математической физики ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого" (г. Санкт-Петербург);
2. Лисовенко Дмитрий Сергеевич, доктор физико-математических наук (01.02.04), заведующий лабораторией механики технологических процессов ФГБУН "Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН" (г. Москва);
3. Турунтаев Сергей Борисович, доктор физико-математических наук (25.00.10), директор ФГБУН "Институт динамики геосфер им. М.А.Садовского РАН" (г. Москва).

дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), г. Томск, в своем положительном заключении, составленном Е.В. Шилько, д.ф.-м.н., заведующим лабораторией компьютерного конструирования материалов ИФПМ СО РАН, и утвержденном директором ИФПМ СО РАН, д.т.н., профессором РАН Е.А. Колубаевым, указала, что диссертация является законченным научным исследованием по актуальной теме, выполненным соискателем на мировом уровне и вносящим важный вклад в развитие современных представлений о макроскопических закономерностях и микромасштабных механизмах процессов накопления неупругой деформации и деградации механических свойств хрупких и квазихрупких материалов в сложных, в том числе немонотонных условиях нагружения. Полученные результаты отличаются большой научной и теоретической, а также практической значимостью. Достоверность и обоснованность результатов диссертации не вызывают сомнений и обеспечиваются применением современных методов и аппаратуры при проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации результатов, воспроизводимостью и согласованностью этих результатов, а также хорошим качественным и (в значительной мере) количественным соответствием результатов применения развитой теоретической модели результатам специально спроектированных экспериментов и литературным данным. Представленная диссертационная работа «Деформирование горных пород и геосред: анализ развития анизотропной поврежденности и локализации деформации» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Пантелеев Иван Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Соискателем опубликовано 16 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. **Panteleev I.**, Lyakhovsky V., Browning J., Meredith P.G., Healy D., Mitchell T.M. Non-linear anisotropic damage rheology model: Theory and experimental verification // European Journal of Mechanics – A/Solids. – 2021. – Vol. 85. – Art. id. № 104085.

Приведено описание нелинейной модели деформирования хрупкого материала с тензорным параметром поврежденности, описывающей анизотропию упругих свойств, индуцированную ростом микротрещин.

2. Lyakhovsky V., **Panteleev I.**, Shalev E., Browning J., Mitchell T.M., Healy D., Meredith P.G. A new anisotropic poroelasticity model to describe damage accumulation during cyclic triaxial loading rock // Geophysical Journal International. – 2022. – Vol. 230. – P. 179-201.

Представлено обобщение нелинейной модели деформирования хрупкого пористого материала на случай учета направленного уплотнения.

3. **Panteleev I.**, Plekhov O., Pankov I., Evseev A., Naimark O., Asanov V. Experimental investigation of the spatio-temporal localization of deformation and damage in sylvinitic specimens under uniaxial tension // *Engineering Fracture Mechanics*. – 2014. – Vol. 129. – P. 38-44.

Приведены результаты изучения форм локализации деформации при прямом одноосном растяжении сylvинита.

4. Lyakhovsky V., Shalev E., **Panteleev I.**, Mubassarova V. Compaction, strain, and stress anisotropy in porous rocks // *Geomechanics and Geophysics for Geo-energy and Geo-Resources*. – 2022. – Vol. 8. – Art. id. № 8.

Представлено обобщение закона Ати на случай учета девиатора напряжений, представлены результаты идентификации и верификации модели.

5. **Panteleev I.**, Saveleva N., Prokhorov A., Vshivkov A. A comparison of two methods for absolute calibration of acoustic emission sensors // *AIP Conference Proceedings*. – 2018. – Vol. 2053. Art. id. № 040071.

Приведены результаты сравнения двух методов абсолютной калибровки преобразователей акустической эмиссии.

6. **Пантелеев И.А.**, Ляховский В.А. Ориентация трещиноватости в хрупком твердом теле при традиционном трехосном сжатии // *Известия Российской Академии наук. Механика твердого тела*. – 2022. – № 4. – С. 133-155.

Приведено решение задачи об ориентации зоны локализованной поврежденности и трещиноватости внутри нее при традиционном трехосном сжатии горных пород.

7. **Пантелеев И.А.**, Мубассарова В.А., Зайцев А.В., Кареев В.И., Коваленко Ю.Ф., Устинов К.Б., Шевцов Н.И. Эффект кайзера при многоосном непропорциональном сжатии песчаника // *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*. – 2020. – Т. 495. – С. 63-67.

Представлены экспериментально установленные условия проявления эффекта Кайзера при многоосном непропорциональном сжатии песчаника.

8. Борняков С.А., **Пантелеев И.А.**, Тарасова А.А. Динамика внутриразломных деформационных волн (по результатам физического моделирования) // *Доклады Академии наук*. – 2016. – Т. 471, № 6. – С. 722-724.

Приведены закономерности распространения по свободной поверхности модельного материала «медленных деформационных волн», установленные в результате анализа последовательности оптических изображений.

9. Борняков С.А., **Пантелеев И.А.** Сегментационный механизм периодической активизации разлома (по результатам физического моделирования) // *Доклады академии наук*. – 2018. – Т. 482, №1. – P. 1178-1181.

Представлены результаты изучения стадийности волнового деформационного процесса на поверхности модельного материала при формировании сдвиговой зоны.

10. **Пантелеев И.А.**, Коваленко Ю.Ф., Сидорин Ю.В., Зайцев А.В., Кареев В.И., Устинов К.Б., Шевцов Н.И. Эволюция поврежденности при сложном неравнокомпонентном сжатии песчаника по данным акустической эмиссии // *Физическая мезомеханика*. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 56-63.

Приведены условия проявления эффекта Кайзера в песчанике при различных трехмерных траекториях деформирования

11. **Пантелеев И.А.**, Мубассарова В.А., Зайцев А.В., Шевцов Н.И., Коваленко Ю.Ф., Карев В.И. Эффект кайзера при трехосном сжатии песчаника с последовательным вращением эллипсоида заданных напряжений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2020. – № 3. – С. 47-55.

Представлены критерии проявления эффекта Кайзера в песчанике при циклическом трехосном сжатии с изменением ориентации эллипсоида приложенных напряжений от цикла к циклу.

12. **Пантелеев И.А.** Анализ тензора сейсмического момента акустической эмиссии: микромеханизмы разрушения гранита при трехточечном изгибе // Акустический журнал. – 2020. – Т. 66, № 6. – С. 654-668.

Предложен 3-ступенчатый алгоритм уточнения решений для компонент тензора сейсмического момента событий акустической эмиссии. Приведены результаты апробации алгоритма.

13. **Пантелеев И.А.**, Ляховский В., Мубассарова В.А., Кареев В.И., Шевцов Н.И., Шалев Э. Тензорная компакция пористых пород: теория и экспериментальная верификация // Записки Горного института. – 2022. – Т. 254. – С. 234-243.

Обосновано введение тензора уплотнения хрупких пористых материалов, приведены результаты идентификации и верификации модели тензорного уплотнения.

14. Борняков С.А., **Пантелеев И.А.**, Тарасова А.А. Дискретно-волновая динамика деформаций в сдвиговой зоне: результаты физического моделирования // Геодинамика и тектонофизика. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 289-302.

Представлены закономерности распространения «медленных» деформационных волн в модели континентальной литосферы при формировании сдвиговой зоны.

15. **Пантелеев И.А.**, Ляховский В. О выпуклости потенциала модели нелинейной упругой среды с тензорным параметром поврежденности // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2022. – № 1. – С. 89-101.

Представлены условия локальной выпуклости потенциала в нелинейной модели деформирования горных пород с тензорным параметром поврежденности.

16. **Пантелеев И.А.**, Плехов О.А., Наймарк О.Б., Евсеев А.В., Паньков И.Л., Асанов В.А. Особенности локализации деформации при растяжении сильвинита // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2015. – № 2. – С. 127-138.

Представлены формы локализации деформации в сильвините при его прямом растяжении, установленные на основе анализа оптических изображений боковой поверхности образцов.

Публикации содержат в сумме 181 страницу и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Кривцова А.М. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность темы диссертации; новизна, научная и практическая значимость полученных результатов; обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Отмечено, что совокупность результатов можно квалифицировать как научное достижение в области механики деформируемого твердого тела и теоретической геомеханики. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации:

- вопрос об учете жидкости в разработанной пороупругой модели деформирования трещиновато-пористого хрупкого тела;
- вопрос о сравнении полученных результатов с результатами прямого моделирования деформирования трещиноватого тела методом граничных элементов;
- вопрос о физических механизмах распространения «медленных» деформационных волн.

2. Положительный отзыв официального оппонента Лисовенко Д.С. В отзыве отмечено, что по совокупности полученных результатов, научной значимости, как с фундаментальной, так и практической точек зрения, диссертация вносит существенный вклад в механику геосред. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- вопрос об условиях изотропности упругих свойств в предельном случае неповреждённого хрупкого материала;
- вопрос о способе перехода от тензорных упругих модулей к матричным;
- замечание о виде матрицы жесткости для трансверсально-изотропного материала;
- замечание о трактовке формулы для энергии упругой деформации анизотропного поврежденного материала;
- замечание об опечатках в тексте диссертации и автореферате.

3. Положительный отзыв официального оппонента Турунтаева С.Б. В отзыве отмечено, что совокупность изложенных в диссертации результатов можно квалифицировать как научное достижение в области механики деформируемого твердого тела применительно к проблемам геомеханики. Оппонент отмечает следующие замечания:

- вопрос о способе крепления датчиков акустической эмиссии на образцах;
- вопрос о значении термина «скорость счета»;
- вопрос о значении термина «хрупкое деформирование»;
- замечание об отсутствии расшифровки обозначений параметров в ряде формул;
- замечание о связи между отдельными направлениями проведенных исследований;
- несколько замечаний о нечеткости формулировок ряда утверждений.

4. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что диссертация является законченным научным исследованием по актуальной теме. Работа выполнена на мировом научном уровне, содержит решения актуальных задач и вносит важный вклад в развитие современных представлений о макроскопических закономерностях и микромасштабных механизмах процессов накопления неупругой

деформации и деградации механических свойств хрупких и квазихрупких материалов в сложных, в том числе немонотонных условиях нагружения. Совокупность полученных в диссертации результатов можно квалифицировать как научное достижение, имеющее непосредственные перспективы использования при разработке цифровых двойников природных и крупномасштабных искусственных инженерных объектов.

Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- вопрос о физических причинах и механизмах макролокализации деформации в макроскопически однородном материале;
- вопрос об учете коэффициентов подобия упругих и прочностных свойств при выборе эквивалентного материала;
- вопрос о возможности оценки скорости роста трещина по данным о механизмах источников акустической эмиссии;
- вопрос об аналогии между введенными тензорными параметрами и пластическими дисторсиями;
- вопрос об учете внутренних напряжений;
- вопрос об интервале пористости, в котором применима предложенная модель консолидации;
- вопрос об учете характерного размера и топологии пор при построении модели консолидации;
- вопрос о корректности использования упрощенной модели Био;
- вопрос об обосновании выбора величины исходного давления в экспериментах на циклическое трехосное непропорциональное сжатие песчаника;
- замечание о связи «медленных» деформационных волн и миграции геодинамических процессов;
- замечание об отсутствии ссылок на работы Ю.П. Стефанова;
- замечание об описках, ошибках и неточности в формулировках.

На автореферат поступило 15 отзывов:

1. Положительный отзыв от Баряха А.А., д.т.н., профессора, академика РАН, руководителя научного направления "Горные науки" ФГБУН "Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН", г. Пермь (1 замечание);
2. Положительный отзыв от Богомолова Л.М., д.ф.-м.н., директора ФГБУН "Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН", г. Южно-Сахалинск (1 замечание);
3. Положительный отзыв от Быкова В.Г., д.ф.-м.н., главного научного сотрудника лаборатории сейсмологии и сейсмоструктоники ФГБУН "Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН", г. Хабаровск (без замечаний);
4. Положительный отзыв от Гаврилова В.А., д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории комплексного мониторинга сейсмоактивных сред ФГБУН "Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН", г. Петропавловск-Камчатский (без замечаний);
5. Положительный отзыв от Кочаряна Г.Г., д.ф.-м.н., профессора, заместителя директора ФГБУН "Институт динамики геосфер им. М.А.Садовского РАН", г. Москва (1 замечание);

6. Положительный отзыв от Крауса Е.И., д.ф.-м.н., врио директора ФГБУН "Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича СО РАН, г.Новосибирск (2 замечания);
7. Положительный отзыв от Кузнецовой В.Н., д.т.н., профессора, проректора по образовательной деятельности ФГБОУ ВО "Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет", г. Омск (2 замечания);
8. Положительный отзыв от Лепова В.В., д.т.н., академика Академии наук Республики Саха (Якутия), директора Института физико-технических проблем Севера им. В.П.Ларионова СО РАН ФГБУН ФИЦ Якутский научный центр СО РАН, г. Якутск (3 замечания);
9. Положительный отзыв от Люкшина Б.А., д.т.н., профессора, заведующего кафедрой механики и графики ФГБОУ ВО "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники"; Панина С.В., д.т.н., профессора РАН, профессора отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Томский политехнический университет", г. Томск (1 замечание);
10. Положительный отзыв от Мерсона Д.Л., д.ф.-м.н., профессора, директора НИИ прогрессивных технологий ФГБОУ ВО "Тольяттинский государственный университет", г. Тольятти (2 замечания);
11. Положительный отзыв от Пепеляева В.В., к.т.н., директора ООО "Пермское конструкторско-технологическое бюро технического проектирования и организации производства", г. Пермь (2 замечания);
12. Положительный отзыв от Пономарева А.В., д.ф.-м.н., главного научного сотрудника ФГБУН "Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН", г. Москва (без замечаний);
13. Положительный отзыв от Ребецкого Ю.Л., д.ф.-м.н., заведующего лабораторией фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики ФГБУН "Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН", г. Москва (без замечаний);
14. Положительный отзыв от Стефанова Ю.П., д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории глубинных геофизических исследований и региональной сейсмичности ФГБУН "Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН", г. Новосибирск (2 замечания);
15. Положительный отзыв от Трушко В.Л., д.т.н., профессора, заведующего кафедрой механики ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный университет", г. Санкт-Петербург (2 замечания).

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- об оценке статистической достоверности разности времен регистрации акустической эмиссии от источников различного типа при трехточечном изгибе образцов гранита;
- о способах переноса полученных в лабораторных экспериментах результатов на объекты больших размеров;
- о выборе диапазонов напряжений в циклах различных экспериментальных программ;
- о физических механизмах отсутствия эффекта Кайзера при вращении эллипсоида приложенных напряжений от цикла к циклу;

- о перспективах дальнейших исследований;
- о необходимости проведения микроструктурных исследований при изучении эффекта Кайзера;
- о проверки робастности разработанных математических моделей;
- о терминологии при описании «медленных» деформационных волн;
- о зависимости скорости «медленных» деформационных волн от свойств материала;
- о неточности формулировок защищаемых положений;
- о критериях выбора тех или иных объектов исследований в экспериментальной части диссертации;
- о возможности применения разработанных моделей к описанию иных материалов кроме песчаника Darley Dale;
- о недостаточно подробном описании условий и схемы проведения экспериментов в автореферате.

В отзывах отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в области механики деформируемого твердого тела, теории упругости анизотропных материалов, теоретической и экспериментальной геомеханики, имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных исследований различных материалов и сред; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ФГБУН "Институт физики прочности и материаловедения СО РАН", г. Томск, является одним из ведущих научных центров в области физической мезомеханики структурно-неоднородных сред, компьютерного конструирования новых материалов и неразрушающих методов контроля, в нем активно и на высоком уровне ведутся фундаментальные и прикладные исследования по широкому спектру проблем механики и физики деформируемого твердого тела. ИФПМ СО РАН является учредителем высокорейтингового журнала «Физическая мезомеханика», переводная версия которого входит во второй квартиль международных баз Web of Science и Scopus. Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы; высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов обсужден и одобрен на заседании объединенного научного семинара лаборатории компьютерного конструирования материалов, лаборатории механики структурно-неоднородных сред и лаборатории нелинейной механики метаматериалов и многоуровневых систем в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны модификации моделей деформирования хрупких тел, учитывающие анизотропный характер развития поврежденности и направленное уплотнение пористого пространства при сложных трехмерных траекториях нагружения;

доказана необходимость учета направленного характера уплотнения пористых хрупких материалов для повышения адекватности моделей деформирования этого класса материалов в условиях трехосного непропорционального сжатия;

введены понятие тензора уплотнения, след которого отражает текущую пористость материала, и кинетическое уравнение для его компонент, описывающее экспоненциальную релаксацию деформации уплотнения до равновесного значения при неизменном приложенном напряжении;

предложен новый оригинальный 3-ступенчатый алгоритм уточнения найденных решений для компонент тензора сейсмического момента событий акустической эмиссии, позволивший установить преобладающие моды микротрещин и типы смещений по ним в образцах гранита при трехточечном изгибе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложено усовершенствование подхода к построению моделей деформирования хрупких материалов, учитывающих ориентационные эффекты развития порово-трещинного пространства, путем введения тензорных параметров поврежденности и уплотнения, взаимовлияние которых позволяет описать характерные режимы деформирования пористых трещиноватых сред;

с использованием разработанного модифицированного подхода **созданы** модели для описания неупругого деформирования трещиноватых и трещиновато-пористых материалов;

доказана применимость предложенных моделей для описания деформирования хрупких тел при непропорциональном квазистатическом и циклическом трехосном сжатии.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):

использованы современные экспериментальные методы (метод акустической эмиссии, метод корреляции цифровых изображений), реализован оригинальный алгоритм уточнения решений для компонент тензора сейсмического момента событий акустической эмиссии;

изложены физические положения, объясняющие ориентационную природу эффекта Кайзера при циклическом трехосном сжатии материала с изменением формы, размеров и ориентации эллипсоида приложенных напряжений;

изучены сценарии развития форм локализации деформации в модельных материалах при простом сдвиге и прямом одноосном растяжении.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны модели, позволяющие описать деградацию физико-механических свойств и уплотнение/разуплотнение пористых и трещиновато-пористых хрупких материалов при их деформировании;

определены условия проявления эффекта Кайзера при циклическом трехосном непропорциональном сжатии хрупких материалов. Результаты могут быть использованы для совершенствования существующих и разработки новых методов оценки величины и ориентации природных напряжений в массивах квазипластичных и трещиноватых скальных пород;

создана база экспериментальных данных для верификации теоретических моделей, описывающих локализованный характер неупругого деформирования упругохрупкопластичных горных пород, включая генерацию и распространение «медленных» деформационных волн;

представлены методические рекомендации по применению разработанных моделей для описания деформационного поведения элементов шахтных полей в массивах сухих осадочных пород, раскрыты перспективы их обобщения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы проведены с применением поверенных средств измерений и апробированных методик, что позволило обеспечить воспроизводимость и высокую точность полученных результатов;

теория построена с использованием известных представлений и законов нелинейной механики и континуальной механики поврежденности; результаты, полученные с использованием теоретических моделей, удовлетворительно согласуются с представленными в диссертации экспериментальными данными;

идея базируется на обобщении и развитии подхода к построению макрофеноменологических моделей для описания деформирования хрупких материалов на основе введения дополнительных внутренних тензорных переменных, описывающих направленное уплотнение материала, и анизотропию его механических свойств, индицированную эволюцией поврежденности;

установлено качественное и количественное соответствие полученных результатов расчетов и экспериментальных данных, полученных как самим автором, так и представленных в независимых литературных источниках; соответствие разработанных моделей в ряде частных случаев известным моделям других авторов;

использованы современные экспериментальные методики визуализации и измерения полей деформации, а также методы обработки и статистического анализа экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в получении (лично или с его непосредственным участием) всех включенных в диссертацию результатов, в частности – в проведении аналитического обзора литературы, постановке задач, выполнении опытов, обработке и анализе экспериментальных результатов, формулировке определяющих соотношений, идентификации и верификации моделей, анализе и интерпретации полученных теоретических результатов, формулировке выводов.

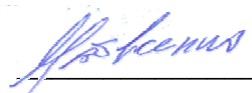
Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" № 842, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.: в ней содержатся результаты, вносящие существенный вклад в развитие знаний в области механики деформируемого твердого тела, и имеющие фундаментальное значение для понимания процессов деформирования и накопления повреждений в хрупких материалах, в частности горных пород, в условиях трехосного непропорционального сжатия.

На заседании 13 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Пантелееву И.А. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 004.036.01
д.т.н., профессор, академик РАН
Матвеев Валерий Павлович

 / Матвеев В.П.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 004.036.01
д.ф.-м.н., доцент
Зуев Андрей Леонидович

 / Зуев А.Л.

14 октября 2022 г.

