

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Шибаета Ивана Александровича** на тему *«Разработка и обоснование метода определения динамических модулей упругости образцов горных пород с применением лазерной ультразвуковой диагностики»*, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 - «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 22 февраля 2022 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (20.12.2021, протокол № 34).

Диссертация выполнена на кафедре Физических процессов горного производства и геоконтроля в Горном институте Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»).

Научный руководитель – Черепецкая Елена Борисовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (20.12.2021, протокол № 34) в составе:

1. Вознесенский Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ «МИСиС» – *председатель комиссии*;

2. Эпштейн Светлана Абрамовна – доктор технических наук, профессор кафедры физики, зав. НУИЛ «Физико-химии углей» НИТУ «МИСиС»;

3. Еременко Виталий Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ «МИСиС»;

4. Мазеин Сергей Валерьевич – доктор технических наук, заместитель руководителя Общероссийской Общественной Организации «Тоннельная ассоциация России»;

5. Малинникова Ольга Николаевна – доктор технических наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией № 2.1. Физико-химических и термодинамических процессов в горных породах Федерального

государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук (ИПКОН РАН).

В качестве ведущей организации утверждено Общество с ограниченной ответственностью «Институт горной геомеханики и геофизики – Межотраслевой научный центр ГЕОМЕХ», г. Санкт-Петербург.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) показано, что при нормальном падении из изотропного твердого тела акустической продольной волны с гауссовым распределением амплитуды смещения частиц по поперечному сечению пучка на плоскую границу раздела «твердое тело-образец» и параллельную ей границу раздела «образец-воздух» возникают две сдвиговые волны: первая – в результате трансформации на первой границе, вторая – при отражении продольной волны от границы раздела «образец-воздух». Две данные волны приходят в одну и ту же точку синфазно с одинаковыми амплитудами;
- 2) получены аналитические выражения для временных профилей упругих волн различных типов и на их основе разработан оптимизационный алгоритм расчёта скоростей в образцах изотропных твердых тел малых размеров (толщиной 3-20 мм), включая геоматериалы, что позволяет определять скорость ультразвуковых волн с погрешностью не более 1,5% при использовании эхо-режима лазерной ультразвуковой диагностики;
- 3) установлено, что при использовании эхо- и теневого методов лазерно-ультразвуковой диагностики в частотном диапазоне 100 – 500 кГц разброс фазовых скоростей упругих волн в образцах горных пород различных генотипов составляет более 15%, а в диапазоне 0,5 – 3 МГц данный разброс менее 1%, при этом значения фазовой и групповой скоростей совпадают, что позволяет рассчитывать динамические модули упругости геоматериалов с погрешностью не более 2%.

Теоретическая значимость и новизна исследования применительно к тематике диссертационного исследования (т.е. с получением обладающих новизной результатов) заключается:

- в теоретическом обосновании генерации сдвиговой волны при нормальном падении на границы раздела твердых тел импульса продольной волны с гауссовым распределением давления в поперечном сечении и

создании на этой основе алгоритма расчёта скоростей упругих волн с последующим восстановлением по ним динамических упругих модулей;

– в расчете для эхо-режима коэффициентов конверсии всех типов волн на основе теории количественной сейсмологии;

– в разработке аналитической модели для расчета полных акустических треков, включающих временные формы акустических импульсов различных типов упругих волн, возникающих при падении на границу раздела двух изотропных твердых тел широкополосных ультразвуковых пучков, а также при отражении данных сигналов от границы раздела «образец–воздух»;

– в обосновании возможности прецизионного измерения скоростей продольных и сдвиговых волн и определении по ним динамических модулей упругости в рамках ограниченного количества геологической информации (на образцах малого размера).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в разработке «Методики определения динамических модулей упругости разномасштабных образцов горных пород с использованием комплексного метода лазерной ультразвуковой диагностики», а также в модернизации аппаратного и программного обеспечения для ее реализации. Внедрение данной методики позволит значительно оптимизировать проведение испытаний по определению динамических модулей упругости образцов горных пород.

Разработанная «Методика определения динамических модулей упругости разномасштабных образцов горных пород с использованием комплексного метода лазерной ультразвуковой диагностики» может быть использована научно-исследовательскими институтами и проектными организациями, сфера деятельности которых связана с исследованием и определением свойств образцов горных пород, такими, как Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» РАН (г. Москва), Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» РАН (г. Апатиты), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта» РАН (г. Москва), Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр «ВНИМИ» (г. Санкт-Петербург) и др.

Достоверность результатов исследований подтверждается:

- корректным применением современных методов статистики при обработке результатов экспериментов, достаточным объемом лабораторных испытаний акустических свойств образцов горных пород;
- удовлетворительным количественно-качественным совпадением результатов компьютерного моделирования с экспериментальными данными;
- положительными оценками при представлении результатов на отечественных и зарубежных конференциях, а также при опубликовании в ведущих рецензируемых научных периодических изданиях.

Личный вклад соискателя состоит в:

- в обосновании генерации упругой сдвиговой акустической волны на границах раздела «изотропное твердое тело-образец» и «образец-воздух» при падении на первую границу широкополосных ультразвуковых импульсов с гауссовым распределением амплитуды давления по поперечному сечению;
- в расчете для эхо-режима коэффициентов конверсии всех типов волн на основе теории количественной сейсмологии;
- в разработке аналитической модели для расчёта временных форм акустических импульсов различных типов упругих волн, возникающих при падении широкополосных ультразвуковых пучков на границу раздела двух изотропных твердых тел, а также при отражении данных сигналов от границы раздела «образец-воздух»;
- в обосновании возможности прецизионного измерения скоростей продольных и сдвиговых волн и определении по ним динамических модулей упругости в рамках ограниченного количества геологической информации (на образцах малого размера);
- в обосновании выбора частотного диапазона, в котором для стандартных образцов горных пород дисперсия незначительна и совпадают фазовая и групповая скорости упругих волн;
- в разработке «Методики определения динамических модулей упругости разномасштабных образцов горных пород с использованием комплексного метода лазерной ультразвуковой диагностики».

Соискатель представил 11 опубликованных работ, из которых 8 – в научно-технических журналах, входящих в базы данных Scopus, 5 – в журналах из перечня ВАК, 1 - патент на изобретение и 1 - свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Шибаева И.А. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача разработки и обоснования комплексного лазерно-ультразвукового метода определения динамических модулей упругости разномасштабных образцов горных пород, что обеспечивает получение объективной информации, необходимой для проектирования горных работ, и вносит вклад в развитие методов горной геофизики.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения И.А. Шибаеву ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии



подпись

А.С. Вознесенский

22.02.2022