

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Иванова Павла Николаевича на тему «Разработка метода генерации широкополосных лазерно-ультразвуковых импульсов сдвиговых волн для исследования акустических и упругих свойств образцов горных пород», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 20 сентября 2023 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС (27.06.2023, протокол № 12).

Диссертация выполнена на кафедре физических процессов горного производства и геоконтроля 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 27.06.2023, протокол № 12, в составе:

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

2. Эпштейн Светлана Абрамовна – доктор технических наук, профессор, заведующая НУИЛ «Физико-химия углей» НИТУ МИСИС;

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

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

5. Жуков Виталий Семенович, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН).

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. Академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук, г. Москва, Крюковский туп., д.4.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие результаты:

- установлено, что для достижения максимальной трансформации энергии широкополосного импульса продольной волны в сдвиговую необходимо использовать в качестве материала призмы преобразователя сдвиговых волн бесцветное оптическое стекло или тяжелый флинт с геометрическими характеристиками, обеспечивающими углы падения продольной волны $61,44^\circ$ и $59,11^\circ$ и отражения сдвиговой волны $30,35^\circ$ и $28,82^\circ$ соответственно;

- экспериментальные исследования на модельных средах с малым затуханием показали, что характерная длительность возбуждаемых разработанным широкополосным преобразователем импульсов сдвиговых волн лежит в диапазоне от 0,1 до 0,2 мкс, частотный диапазон работы преобразователя составляет от 0,1 до 12 МГц, причем в диапазоне от 1,5 до 9,5 МГц значения фазовых и групповых скоростей совпадают;

- установлено, что значения фазовых и групповых скоростей сдвиговых волн различаются менее чем на 1 % при толщинах образцов рассматриваемых горных пород: менее 3,00 мм – в частотном диапазоне 0,5 – 9,0 МГц; от 3,00 до 6,00 мм – в частотном диапазоне 1,3 – 8,0 МГц; от 6,00 до 8,50 мм – в частотном диапазоне 1,6 – 6,5 МГц.

Теоретическая значимость и новизна исследования заключается:

- в установлении условий для достижения максимальной трансформации энергии широкополосного импульса продольной волны в сдвиговую и последующее ее направление в исследуемую среду;

- в обосновании алгоритма работы с разработанным лазерно-ультразвуковым преобразователем сдвиговых волн;

- в обосновании возможности прецизионного измерения скоростей распространения сдвиговых волн в изотропных материалах и образцах горных пород и определении по ним динамических модулей упругости и коэффициента Пуассона;

- в обосновании выбора частотных диапазонов, в котором для различных типов горных пород и толщины образцов дисперсия фазовых скоростей не существенна, и они отличаются от групповой менее чем на 1 %.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в разработке нового широкополосного лазерно-ультразвукового преобразователя сдвиговых упругих волн и методики

определения скоростей распространения ультразвуковых волн и расчета на их основе динамических модулей упругости с помощью разработанного преобразователя.

Данные разработки могут быть использованы научно-исследовательскими институтами и проектными организациями, сфера деятельности которых связана с исследованием и определением физико-механических свойств образцов горных пород, такими, как Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта» РАН (г. Москва), Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» РАН (г. Апатиты), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» РАН (г. Москва), Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр «ВНИМИ» (г. Санкт-Петербург) и др.

Достоверность результатов исследований подтверждается:

- использованием при проведении экспериментов апробированных методов лазерно-ультразвуковой диагностики, статистического анализа и сертифицированных программных пакетов;
- сходимостью результатов сопоставления компьютерного моделирования в программном пакете COMSOL Multiphysics с аналитическими расчетами;
- апробацией лазерно-ультразвукового преобразователя сдвиговых упругих волн на модельных образцах стекла, алюминия и нержавеющей стали;
- удовлетворительной сходимостью результатов измерения сдвиговых упругих волн, полученных с помощью разработанного преобразователя и классической методики в образцах горных пород.

Личный вклад соискателя состоит:

- в проведении компьютерного моделирования процесса распространения широкополосных импульсов продольной упругой волны в среде преобразователя и полной ее трансформации в сдвиговую на границе «изотропное твердое тело – воздух» в программном пакете COMSOL Multiphysics;
- в проектировании лазерно-ультразвукового преобразователя широкополосных импульсов сдвиговых упругих волн, проведении апробации его работы на модельных образцах стекла, нержавеющей стали и алюминия;

- в определении частотного диапазона работы преобразователя, при котором значения фазовых и групповых скоростей совпадают;
- в выявлении недостатков и ограничений в работе классического лазерно-ультразвукового преобразователя продольных волн при исследовании образцов горных пород;
- в выполнении серии измерений скоростей распространения сдвиговых волн в образцах горных пород различного генотипа с помощью разработанного лазерно-ультразвукового преобразователя сдвиговых волн;
- в определении частотных диапазонов преобразователя при исследовании горных пород различной толщины, при которых значения фазовых и групповых скоростей различаются менее чем на 1 %;
- в определении значений динамических модулей упругости и коэффициента Пуассона для исследованных горных пород;
- в модернизации разработанного преобразователя с целью повышения его эргономичности;
- в разработке «Методики определения скоростей распространения ультразвуковых волн и расчета на их основе динамических модулей упругости с помощью широкополосного лазерно-ультразвукового преобразователя сдвиговых волн».

Соискатель представил 5 печатных работ в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и базы Web of Science/Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация П.Н. Иванова соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача разработки метода генерации широкополосных лазерно-ультразвуковых импульсов сдвиговых волн для прецизионного расчета скоростей данного типа волн в образцах горных пород, что обеспечит получение объективной информации, необходимой для проектирования горных работ, и вносит вклад в развитие методов горной геофизики.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения П.Н. Иванову ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 – «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  Вознесенский А.С.

20.09.2023