

## ОТЗЫВ

руководителя ВКР на работу обучающегося гр. 5040103/00201

Рубцова Александра Дмитриевича

над выпускной квалификационной работой магистра

“Волны в анизотропных редуцированных средах Коссера специального типа”

**Актуальность работы.** Еще в 1984 году ученые–инженеры Шварц, Джонсон и Фенг, работавшие в Шлюмберже, предложили описывать консолидированные сыпучие среды как упругую сплошную среду, в которой присутствуют независимые повороты и перемещения, но в которой градиент поворота не вызывает напряжений. Эта работа была множество раз процитирована, однако получила свое развитие лишь двадцать лет спустя, когда в работах различных исследователей стали изучаться волновые свойства этого континуума. Он был назван линейной изотропной редуцированной средой Коссера, поскольку является особым случаем моментной среды, в начале XX века предложенной братьями Коссера. Из-за отсутствия реакции на градиент поворота волновые свойства редуцированной среды Коссера отличаются от обычной: она обладает запрещенной зоной частот, то есть является единожды отрицательным акустическим метаматериалом. Акустические метаматериалы различной природы — еще одно популярное научное направление. В настоящее время стали возможны также экспериментальные исследования различных материалов сложной структуры, в том числе динамические эксперименты на высоких частотах, где микроструктурные степени свободы могут участвовать в динамическом процессе. Одной из таких работ является эксперимент по распространению ультразвука в мелкодисперсных порошках, проведенный испанскими и французскими коллегами несколько лет назад. Он показал сильную дисперсию особого рода, которую не получилось объяснить в рамках классической вязкоупругости Кельвина–Фойгта. Возникла идея, что, возможно, поворотные степени агрегатов или иных неоднородностей в порошке, участвуя в динамических высокочастотных процессах, оказали влияние на распространение волн. Однако в изотропной среде это невозможно. В то же время в сыпучих средах существует так называемая локальная анизотропия, мало заметная для больших длин волн, но существенная для коротких. Было решено модифицировать теорию, введя в модель локальную анизотропию как перекрестный член между разными видами деформации в упругой энергии с трансверсально-изотропным тензором упругости, исследовать волны, распространяющиеся вдоль оси симметрии и ортогонально ей и попробовать описать эксперимент иностранных коллег. Магистрант А.Д. Рубцов взялся за эту задачу.

**Характеристика работы обучающегося.** Во время работы магистрант показал себя хорошо. Трудность состояла в том, что работа была начата за несколько месяцев до защиты, а данная задача является достаточно сложной и требует владения различными математическими техниками, понимания специфики мелкодисперсных сыпучих сред, а также просто заметного количества времени. Тем не менее Александр справился с ней, упорно и добросовестно трудясь и сотрудничая с руководителем, расширяя свой научный кругозор, применяя технику прямого тензорного исчисления, сравнивая эксперимент и теоретические результаты. Исключительно из-за острой нехватки времени мне пришлось больше участвовать в работе, чем в оптимальном варианте подготовки магистерского диплома. Однако в целом я высо-

ко оцениваю работу магистранта и его личные качества: его доброжелательность, скромность, трудолюбие и способности.

**Допуск к защите.** Выпускная квалификационная работа Рубцова А.Д. по теме “Волны в анизотропных редуцированных средах Коссера специального типа” отвечает основным требованиям, предъявляемым к квалификационным работам выпускника университета по направлению “15.04.03 — прикладная механика”, направленности (профилю) “15.04.03\_08 — механика сплошных сред: теоретические основы и приложения (международная образовательная программа)” и может быть рекомендована к защите.

**Оценка труда выпускника.** Работу Рубцова А.Д. оцениваю на “хорошо”. При успешной защите выпускной квалификационной работы ему может быть присвоена квалификация магистра.

**Рекомендации.** Следует отметить хорошие способности Рубцова А.Д. к научной работе. После доработки и дополнений результаты работы Рубцова А.Д. могут быть рекомендованы к опубликованию. В случае, если Рубцов А.Д. будет иметь желание продолжать обучение в аспирантуре, можно рекомендовать его для поступления и для работы над задачами, имеющими ясную постановку и, возможно, практическое применение.

Руководитель ВКР:

доцент высшей школы теоретической механики ИПММ, к.ф.-м.н.,



Е.Ф. Грекова. 27.05.2022