

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации О.А. Мякишевой «Динамические задачи акустического зондирования слоистых упругих материалов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 - механика деформируемого твердого тела

Диссертация О.А. Мякишевой посвящена актуальному вопросу развития теории взаимодействия акустических волн, создаваемых в жидкости источником конечной апертуры, с расположенной поблизости упругой пластиной. Это – сложная математическая задача, в полной мере до сих пор нерешенная. Автору диссертации удалось существенно продвинуться в разработке численных алгоритмов нахождения решения на основании его интегрального представления. Полученные в работе результаты, большинство из которых в отношении обоснованности и достоверности не вызывают сомнений, позволяют заключить, что автор диссертации заслуживает присуждения искомой степени. Вместе с тем, работа не свободна от недостатков.

1. Не верно утверждение об отсутствии низкочастотной моды  $A_0$  в пластине, погруженной в жидкость. Это противоречит расчетам других авторов: Dabirikhah H., Turner C.W. J. Acoust. Soc. Amer., 1996, v. 100, n. 5, p. 3442. Ошибкой здесь является физическая интерпретация численных расчетов, вызванная, по-видимому, их неполнотой. Из-за того, что скорость моды  $A_0$  в пластине в вакууме меняется в широких пределах от нуля до скорости волн Рэлея, а скорость во внешней среде от частоты не зависит, несвязанные кривые для этих скоростей как функций частоты пересекаются. Наличие связи приводит к расталкиванию несвязанных кривых с плавным переходом с одной ветви на другую. Из двух связанных волн высокоскоростная высокочастотная мода близка по скорости к несвязанной моде  $A_0$  и является волной утечки. Она действительно перестает существовать с понижением частоты, когда ее скорость сравнивается со скоростью волн, излучаемых во внешнюю среду. Но низкоскоростная связанная мода, возникающая в результате указанного выше расталкивания и пропущенная, по-видимому, в численных расчетах диссертанта, никуда не исчезает. Во внешнюю среду эта волна не излучает и при низких частотах подобна моде  $A_0$  пластины в вакууме. С повышением частоты эта связанная мода плавно трансформируется в две противофазные и локализованные на противоположных границах пластины волны Шолте-Стоунли, близкие по скорости к волнам в жидкости.

2. Следующее предложение на стр. 23 автореферата «Особый интерес представляют кажущиеся необычными энергетические свойства вытекающих обратных волн (I.A. Nedospasov, V.G. Mozhaev, I.E. Kuznetsova, Ultrasonics, 2017), связанные с противоположным направлением горизонтальных составляющих плотности потока энергии в разных частях его вертикального профиля (рис.11(а,б))» создает впечатление, что автор диссертации не знает достоверно содержание комментируемой статьи.

На самом деле в комментируемой статье рассматриваются необычные энергетические свойства, связанные с противоположностью и полной взаимной компенсацией лишь интегральных горизонтальных составляющих потоков энергии внутри погруженной в жидкость пластины и вне ее. Такие необычные свойства вытекающих волноводных мод характерны лишь для обратных волн Лэмба, для прямых волн Лэмба они невозможны. Противоположность же локальных потоков энергии внутри пластины (т.е. потоков, относящихся к разным частям вертикального профиля пластины), в указанной статье вообще не обсуждалась. Т.е. та связь, которая якобы есть согласно цитированному предложению из автореферата, на самом деле отсутствует.

Не меньшее удивление вызывает комментарий той же статьи в диссертации на стр. 82: «Необычные энергетические свойства вытекающей обратной волны  $S_1^*$  описаны в работе [130]. Отмечается, что для вытекающей обратной волны обнаруживается поворот



вектора плотности энергии  $e(x)$  к источнику, т.е. вертикальный профиль плотности энергии  $e_r(z)$  принимает отрицательные значения; схематически это показано на рис. 4 в работе [130]. На самом деле такое явление вполне естественно, и оно не нарушает энергетический баланс».

Такой же абзац присутствует и в статье Glushkov E.V., Glushkova N.V., Miakisheva O.A. Ultrasonics, 2019. Следует отметить, что необычными энергетическими свойствами обратных вытекающих волн Лэмба в статье [130] названы 3 свойства 1) обращение в ноль полного потока энергии, 2) нарушение принципа Рэля (равенства полных кинетической и потенциальной энергий), 3) неравенство групповой скорости и скорости потока энергии. Первое из этих свойств, иллюстрируемое на рис. 4 в работе [130], обнаружено на основе использования закона сохранения энергии в дифференциальной форме. Похоже, что диссертант и его руководители этого не поняли, раз их комментарий про ненарушение энергетического баланса сводится фактически к тривиальному утверждению, что свойство, выявленное с помощью закона сохранения энергии, не нарушает этот закон.

3) Неверным представляется и утверждение о том, что моды  $S_1$  и  $S_1^*$  составляют неразрывную пару. У этих мод разные фазовые скорости и, следовательно, при одной и той же частоте разные длины волн и разная структура волнового поля по глубине. Если какой-либо источник лучше соответствует одной из этих мод по периоду изменения волнового поля на поверхности (легко подстраивается выбором соответствующего угла падения акустического пучка на пластину в жидкости) или структуре волнового поля по глубине пластины, то тогда будет преимущественно возбуждаться именно та мода, с которой источник лучше по этим характеристикам.

*Согласен!*

В заключение еще раз повторю свое мнение, выраженное в начале отзыва, о том, что, несмотря на сделанные критические замечания, считаю, что автореферат и диссертация О.А. Мякишевой, как и ее публикации, убедительно показывают, что ее квалификация вполне достаточна для присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук.

К. ф.- м. н., снс  
физического факультета МГУ  
тел. 8-495-9392927, email: [vgmozhaev@mail.ru](mailto:vgmozhaev@mail.ru)

В.Г. Можяев  
13.12.2019

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,  
д. 1, строение 2, Физический факультет

Подпись В.Г. Можяева удостоверяю

