

УДК 539.3

DOI: 10.17223/00213411/64/5/52

*Н.В. ЧЕРТОВА, Ю.В. ГРИНЯЕВ***ОТРАЖЕНИЕ УПРУГИХ ВОЛН НА ГРАНИЦЕ ПРИ ЗАДАННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ ***

Рассмотрена задача отражения упругих волн на границе при заданных постоянных напряжениях. При условии выполнения законов отражения получены аналитические выражения для коэффициентов отражения продольных и поперечных волн, которые позволяют определить амплитуды деформаций на границе. Рассчитаны зависимости коэффициентов отражения и компонент деформаций на границе от угла падения волны при ненулевых значениях нормальных и касательных напряжений на границе и заданных параметрах падающей волны. Полученные результаты анализируются и сравниваются с известными результатами для свободной поверхности.

Ключевые слова: упругие волны, граница, поверхностная нагрузка, коэффициенты отражения, деформация.

Введение

Структура границ раздела твердых тел и закономерности процессов деформации и разрушения структурно неоднородных тел, обусловленные наличием границ, являются предметом исследования многих авторов [1–5]. Это связано с тем, что реальные материалы и среды, к числу которых относятся композиты, поликристаллы, пористые и геологические среды, имеют иерархически организованную внутреннюю структуру и границы раздела являются важным элементом структуры. Экспериментальные и теоретические результаты исследований свидетельствуют о том, что границы раздела оказывают существенное влияние на физические и эксплуатационные свойства сред, материалов и тел [2, 5–7].

Некоторые закономерности процессов деформирования структурно-неоднородных тел можно установить, исследуя деформации на границах раздела, к числу которых относятся и свободные поверхности. Такие поверхности являются характерной особенностью пористых и трещиноватых тел, а также существуют в сплошных телах при различных способах нагружения за исключением всестороннего воздействия. Напряженно-деформированное состояние, формируемое в процессе распространения, взаимодействия и затухания волн, может быть изучено на границе в рамках классической задачи прохождения волн [8, 9]. Граничные условия на свободной поверхности формулируются в виде равенства нулю действующих напряжений. Коэффициенты отражения, определяемые при решении этой задачи, позволяют найти деформационные моды на границе, характеризующие формоизменение и поворот бесконечно малого элемента среды на границе. Аналогичный подход при решении задачи распространения волн через границу позволил исследовать напряженно-деформированное состояние на границе раздела упругих тел при условии идеального контакта и скольжения в рамках классического представления о границе [10, 11] и модельного представления в виде контактного слоя [12].

Несмотря на широкое применение звуковых и ультразвуковых колебаний в процессе обработки материалов при различных способах нагружения, отражение волн на границе при заданных напряжениях остается до конца нерешенной задачей в теоретическом плане. Влияние напряжений на границе важно учитывать также при анализе волновых процессов в пористых флюидонасыщенных и трещиноватых средах. Если пора или трещина заполнены жидкостью, то напряжения на границе не равны нулю и определяются давлением, а также напряжением сдвига в случае вязкой жидкости. Рассматриваемая задача актуальна для упругих элементов многих конструкций энергетического, технологического и другого оборудования, эксплуатируемого в условиях нагружения, частным случаем которого является погружение в жидкость, при волновом воздействии. Ограниченное число работ, посвященных анализу отражения упругих волн на границе при заданных нагрузках [13], и отсутствие анализа соответствующего деформированного состояния границ являются причиной выполнения данной работы и предметом ее исследования.

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0002.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>