

СДВИГОВЫЕ ВОЛНЫ В МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЯХ

А.К. Зарифзода

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан

На основе микроскопического уравнения движения магнитной жидкости, полученного на основе метода неравновесной статистической теории, и уравнения эволюции намагниченности для модели двухкомпонентной системы с замороженной намагниченностью получено дисперсионное уравнение, описывающее сдвиговые волны в магнитных жидкостях. Исследовано асимптотическое поведение спектра частот, скорости и коэффициента поглощения сдвиговых волн при низких и высоких частотах. На основе полученных аналитических выражений для скорости и коэффициента поглощения сдвиговых волн проведены численные расчеты зависимости скорости и коэффициента поглощения от частоты и напряженности внешнего магнитного поля при различных концентрациях.

Ключевые слова: магнитная жидкость, сдвиговые волны, дисперсия скорости, дисперсия коэффициента поглощения.

Введение

Магнитные жидкости со своими уникальными свойствами находят все большее применение в приборостроении и новых технологиях. Они используются в качестве амортизаторов и демпфирующих устройств, датчиков перемещения, поглотителей, регуляторов и акустических систем, принцип работы которых основан на их упругих колебаниях [1–4]. Широкое применение магнитных жидкостей основано на имеющейся информации об их структуре и динамических свойствах.

Физическая акустика, изучая взаимодействия волн с веществом, позволяет решить задачи, связанные с особенностями распространения звука в этих веществах, и на основе данных о распространении и поглощении волн определить многие ее физические свойства. Следовательно, исследование процессов распространения и поглощения волн в магнитных жидкостях позволяет исследовать их строение, получить данные о неравновесных процессах, протекающих в них, в широком интервале изменения термодинамических параметров и частоты внешнего воздействия, и открывает новые пути их практического применения.

Основные трудности, возникающие при исследовании акустических параметров магнитной жидкости, связаны с ее многокомпонентностью. Известно, что при вычислении скорости звука в смесях жидкостей и суспензий необходимо учитывать взаимодействие компонентов системы. Следовательно, эта задача должна решаться на основе точных методов статистической теории. Однако существуют методы, носящие феноменологический характер, в которых скорость звука в смесях и суспензиях связывается со скоростями звука отдельных компонент.

В [5] обсуждаются результаты работ [6, 7], в которых для вычисления скорости звука идеальных смесей используется интерполяционная формула

$$c^2 = wc_2^2 + (1-w)c_1^2,$$

где c_1 и c_2 – скорости звука в первой и второй компонентах; w – весовая доля второй компоненты. Там же показано, что поскольку c^2 пропорционально $\partial^2 U / \partial V^2$, т.е. второй производной от экстенсивной величины по экстенсивной же величине, то при теоретическом обосновании этой формулы никакой аддитивности квадратов скоростей для смеси не получится, даже если эта смесь идеальна. Далее, на основе рассуждения работы Ротхардта в [5] получается аддитивное соотношение для изотермической сжимаемости бинарной смеси:

$$\beta_{\text{из}} = \varphi\beta_{1\text{ из}} + (1-\varphi)\beta_{2\text{ из}},$$

где φ – объемная доля первой компоненты.

Аналогичным образом в [2] для получения выражения скорости распространения звуковых волн в магнитной жидкости используется аддитивная модель изотермической сжимаемости, и поскольку при быстрых процессах изотермическая сжимаемость переходит в адиабатическую, для адиабатной скорости звука получается выражение

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>