

СИЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

А.Н. Вислович, А.Б. Сухоцкий
(БГТУ, г. Минск)

На тела, взвешенные в магнитной жидкости в магнитном поле, действуют силы магнитного происхождения, которые сравнимы, а в некоторых случаях могут значительно превышать силу тяжести. Этот эффект находит применение в гидростатических подвесах (твердое тело устойчиво взвешено внутри объема жидкости с меньшей плотностью), сепараторах (разделяющих руду по плотности), измерительных и многих других устройствах.

В [1] описан предложенный Розецвейгом измеритель плотности, который основан на эффекте всплывания тел в неоднородном магнитном поле. Конструктивно такой денсиметр представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд с магнитной жидкостью, помещенный в неоднородное магнитное поле с направленным вниз регулируемым градиентом напряженности. Положим, что в отсутствие поля исследуемое тело погружается на дно сосуда. С увеличением тока, питающего источник поля, увеличивается выталкивающая магнитная сила. При некотором значении силы тока тело всплывает. Таким образом, при неизменных свойствах жидкости устанавливается однозначная взаимосвязь между силой тока и плотностью тела.

В настоящей работе предлагается способ решения обратной задачи: путем определения силы, действующей на тело с неизменными свойствами в различных жидкостях, определять магнитную восприимчивость жидкости. Магнитные гидростатические силы сложно зависят от геометрических и магнитных характеристик тел. Круг задач, для которых получены аналитические зависимости, весьма ограничен.

Сосуд с плоским дном помещают в магнитное поле источника с распределением модуля напряженности экспоненциально убывающем перпендикулярно дну сосуда. Затем в жидкость погружают достаточно протяженное в горизонтальном и вертикальном направлениях немагнитное тело с плоской нижней поверхностью и определяют среднее гидростатическое магнитное давление σ на этой поверхности. Согласно [2]:

$$\sigma = \mu_0 \mu L_a^2 r \frac{(1-r)^2 e^{-2(l+l_d)}}{(1-r^2 e^{-2l})^2} \quad (1)$$

где L_a – модуль напряженности поля на поверхности источника в отсутствии жидкости; l_d, l – расстояния от поверхности источника до дна сосуда и от дна сосуда до нижней поверхности тела, соответственно; $r = (\mu - 1)/(\mu + 1)$, μ – магнитная проницаемость жидкости.

При заданных параметрах, характеризующих источник поля и положение тела, уравнение (1) определяет весьма сложную неявную зависимость восприимчивости от давления. Эта зависимость становится явной и достаточно простой, если измерение давления сопровождается измерением напряженности поля H_b на нижней поверхности тела. Согласно [2,3]

$$H_b = L_a e^{-(l_d+l)} \frac{(1-r^2)}{1-r^2 e^{-2l}}, \quad (2)$$

Исключив из системы (1), (2) параметр l получим

$$\sigma = \mu_0 \mu H_b^2 \frac{r}{(1+r)^2} = \mu_0 H_b^2 \frac{\mu^2 - 1}{4\mu}. \quad (3)$$

Отсюда выражаем магнитную восприимчивость

$$\chi = \frac{2\sigma}{\mu_0 H_b^2} - 1 + \sqrt{\frac{2\sigma}{\mu_0 H_b^2} - 1}, \quad \mu = \chi + 1. \quad (4)$$

Как видно, эта формула в явном виде не содержит параметров источника L_a, l_d и положения тела l . При надлежащем обеспечении точности измерения она может быть положена в основу абсолютного метода определения магнитной восприимчивости жидкости.

Определение магнитной восприимчивости осуществляется следующим способом. Определяют силу Архимеда F_A , действующую на тело при погружении его в образец в отсутствие магнитного поля. Затем образец с телом помещают в магнитное поле и определяют напряженность поля H_b , а так же результирующую силу выталкивания F , действующую на тело. Среднее гидростатическое магнитное давление определяют как приведенную к площади S поверхности тела разность сил $\sigma = (F - F_A)/S$. Затем по формуле (4) рассчитывают магнитную восприимчивость вещества.

Способ позволяет определять магнитные характеристики в

неоднородном магнитном поле, что дает возможность изучать влияния этого фактора на седиментационную устойчивость магниточувствительных жидкостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С. Магнитные жидкости. – М: Химия, 1989. – 239 с.

2. Вислович А.Н. Механо-магнитный эффект при плавании немагнитных тел в магнитных резервуарах // Международная научно-техническая конференция «Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов». БГТУ. – Минск, 2000. – С. 235–238.

3. Vislovich A.N. Mechanomagnetic effects accompanying levitating nonmagnetic body in magnetic fluid // Book of Abstracts. Night international conference on magnetic fluid. – Bremen, Germane, 2001. – P.458–459.

УДК 539.311

ОДНОМЕРНАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В ТЕОРИИ УПРУГОСТИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛОВ

И.И. Наркевич, А.В. Жаркевич, Д.А. Павленко, Е.В. Фарафонтнова
(БГТУ, г. Минск)

Ранее [1], в рамках двухуровневого молекулярно-статистического подхода [2] предложена статистическая модель одноосного деформирования молекулярного кристалла с тепловыми вакансиями. Она представляет собой молекулярную цепочку длиной L , которая состоит из M узлов по которым статистически распределены N молекул, взаимодействие которых описывается потенциалом Леннард – Джонса. Получены выражения для младших функций распределения частиц (молекул) и свободной энергии F , как функции концентрации $n = N/M$ и однородной микродеформации λ каждого звена цепочки длиной $R = L/M$. Для определения значений параметров n и λ воспользуемся принципом экстремальности термодинамических потенциалов системы многих частиц. Учитывая сохранение числа N молекул в деформированной цепочке выполним варьирование свободной энергии по n и λ при фиксированном значении молекулярной длины