

УДК 534.8

ДИНАМИКА СВОБОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ТОНКИХ ЖИДКИХ ПЛЕНОК В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Р. А. ЧЕСЛАВСКИЙ

Научный руководитель П. Я. ЧУДАКОВСКИЙ, канд. физ.-мат. наук
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

В работе представлены результаты экспериментального исследования, относящегося к поведению свободных поверхностей жидких сред и тонких пленок, подверженных ультразвуковому воздействию. Одним из объектов нашего исследования является капля жидкости, испытывающая левитацию в ультразвуковом поле и имеющая свободную поверхность. Интерес к объектам такого рода возникает в биофизических и медицинских исследованиях [1].

В ультразвуковом поле поверхность капли может испытывать колебания, что, естественно, сопровождается колебаниями площади поверхности. Колебания площади поверхности используются для оценки вязкоупругих свойств жидкости. Для того чтобы зарегистрировать колебания поверхности левитирующей капли, нами использовалась экспериментальная установка, представленная на рис. 1.

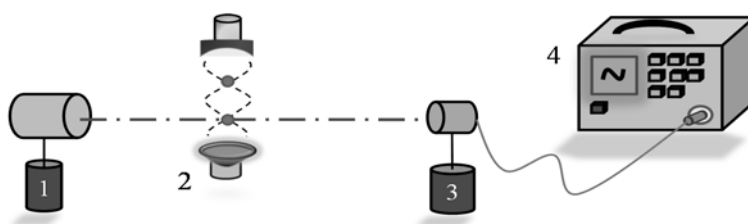


Рис. 1. Принципиальная схема регистрации рассеянного лазерного излучения

Согласно рис. 1, миниатюрные капли 2 находятся в состоянии ультразвуковой левитации, реализованной посредством стоячей волны. Для создания стоячей ультразвуковой волны использовались магнитострикционный излучатель с резонансной частотой 58,6 кГц и отражатель с вогнутой поверхностью. Излучение He-Ne лазера 1 с длиной волны 632,8 нм направляется на левитирующий объект и испытывает на нем рассеяние. Рассеянное излучение регистрируется с помощью фотоприемника 3, сопряженного с цифровым осциллографом 4. Для питания магнитострикционного излучателя использовался генератор сигналов специальной формы (АКИП-3408/1). Для усиления интенсивности ультразвукового излучателя использовался драйвер на транзисторе IRL 3103. Для визуализации динамики фазовых объектов в акустическом поле использовалась цифровая камера. Изменяя частоту генератора сигналов АКИП-3408/1, добивались такой частоты, что на

осциллограмме наблюдались ярко выраженные осцилляции. Фрагмент осциллограммы представлен на рис. 2, *а*. При уходе с подобранной частоты осцилляции исчезали.

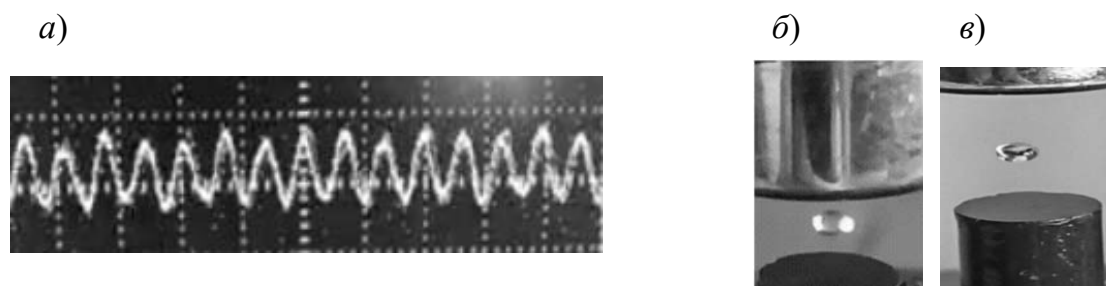


Рис. 2. Фрагмент осциллограммы рассеянного оптического излучения (*а*) на капле растительного масла (*б, в*)

Хотя на поверхности жидкости могут возникать волны Фарадея, являющиеся следствием параметрического резонанса, в данном случае мы полагаем, что наблюдаемая осциллограмма обусловлена колебаниями площади поверхности объекта, т. к. капля представляет собой вязкую среду (масло, рис. 2, *б, в*), а колебания на осциллограмме близки к гармоническим, что не является характерным признаком для волн Фарадея.

Следующей целью нашего исследования являлась именно визуализация волн Фарадея на поверхности жидких пленок. Схема экспериментальной установки для визуализации представлена на рис. 3.

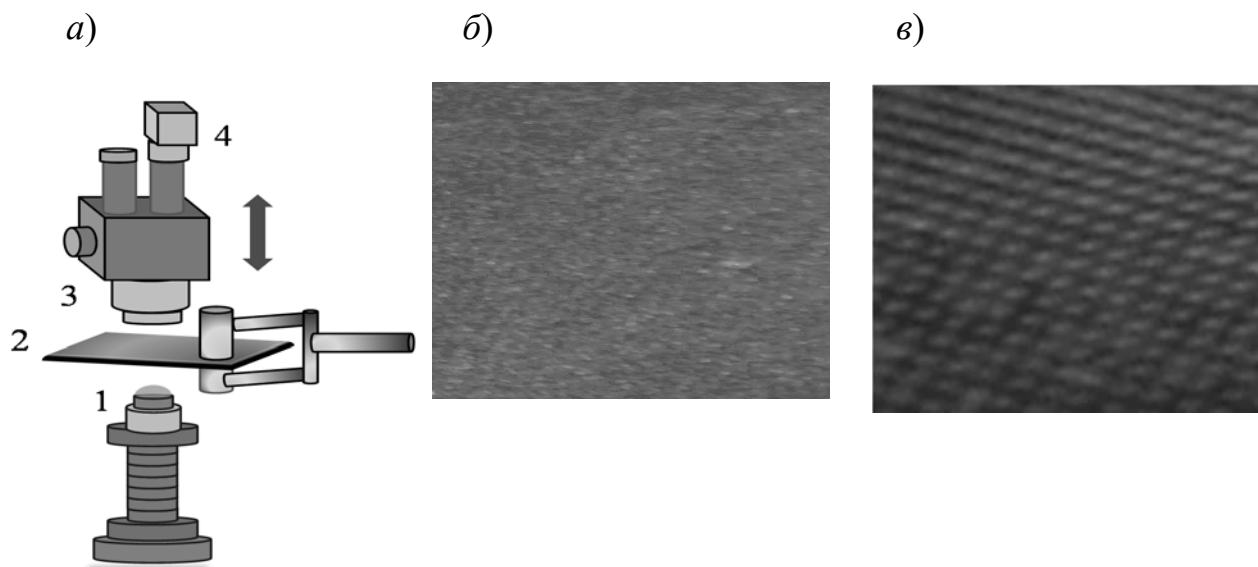


Рис. 3. Принципиальная схема наблюдения и регистрации волн Фарадея на поверхности жидкости

Согласно схеме, капля жидкости (мыльной воды) наносилась на торец магнестрикционного излучателя 1 и растекалась до тонкой пленки. Изменяя рабочую частоту магнестрикционного излучателя, поверхность жидкости

становилась мутной. С помощью микроскопа МБС-10 3 (2 – защитное стекло) и цифровой камеры 4 Levenhuk M1200 PLUS, установленной вместо окуляра микроскопа и подключенной к персональному компьютеру, осуществлялась видеорегистрация поверхности жидкости. На поверхности жидкости наблюдалась стоячая волна в виде сетчатого узора (узор Фарадея), что является признаком существования параметрического резонанса, т. е. волн Фарадея. Изображения поверхности жидкости представлены на рис. 3, б, в. Рис. 3, б соответствует отсутствию волн Фарадея. На рис. 3, в изображены волны Фарадея на поверхности мыльной тонкой пленки. Кроме того, волны Фарадея удалось наблюдать на поверхности мыльного пузырька (рис. 4, а); на рис. 4, б – увеличенный масштаб. Эксперименты проводились с пузырьками не более 5 мм. Заметим, что мыльные пузыри, например, в биофизических исследованиях часто выступают в роли модельных объектов при исследовании жидких оболочек благодаря своей сферической форме и предельно малой толщине стенки, а также представляют интерес для инженерных решений [2].

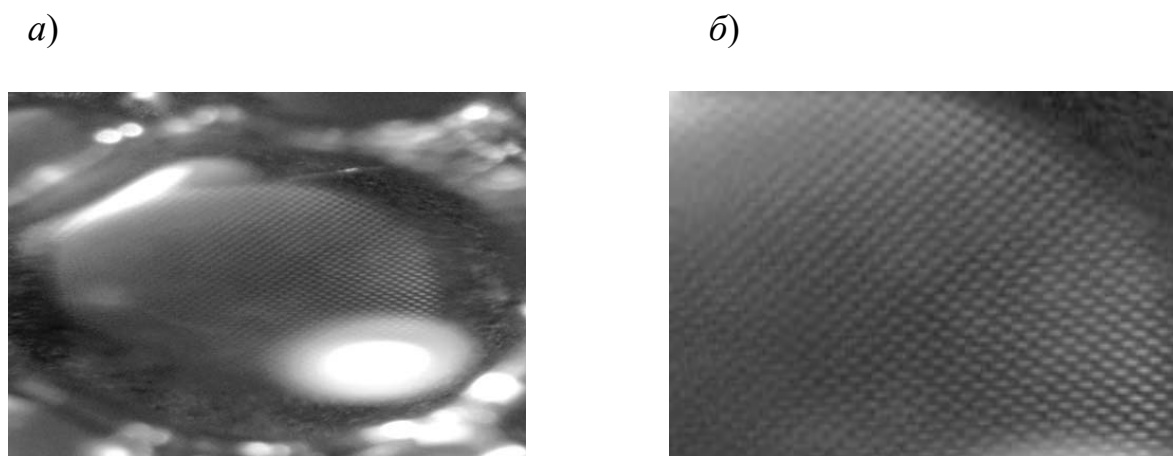


Рис. 4. Узоры Фарадея на поверхности мыльного пузырька

Таким образом, предложены экспериментальные установки, позволяющие судить о динамике жидких сред в режиме реального времени, представляющие собой простой и доступный инструмент для визуализации волновых процессов в звуковом поле.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Acoustic Levitation: A Novel Approach to Study the Physical Properties of Blood in Normal Subjects and in Patients with Sick Cell Disease / V. Hosseinzadeh [et al.] // Blood blood. – 2017. – Vol. 130, № 1. – P. 4776.
2. **Ochiai, Y.** A Colloidal Display: membrane screen that combines transparency, BRDF and 3D volume / Y. Ochiai, A. Oyama, K. Toyoshima // SIGGRAPH 2012 Talks. – 2012. – P. 26.