

УДК 532.5

ДЕФОРМАЦИЯ МЕЖФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ «ВОЗДУХ– ЖИДКОСТЬ» ПРИ ЛОКАЛЬНОМ НАГРЕВЕ

Веракса Р.В., Камыш В.В.

Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н., профессор

Введение. В настоящее время существует значительное количество работ, посвященных исследованию конвекции и межфазной неустойчивости, вызванной локальным нагревом [1]. Началом систематического изучения конвективной неустойчивости жидкости со свободной поверхностью можно считать эксперименты Бенара (1900 г.).

При локальном нагреве межфазной поверхности двух сред воздух–жидкость уменьшается поверхностное натяжение в области нагрева и возникает градиент поверхностного натяжения, что приводит к переносу вещества вдоль границы раздела двух сред. Этот эффект известен как термокапиллярный или эффект Марангони. Он оказывает влияние на протекание различных процессов в экологии (очистка поверхности воды от загрязнений нефтепродуктами), биологии (движение бактерий и микроорганизмов, внутриклеточный массообмен) и др.

При малой толщине слоев жидкости, одна поверхность которой (нижняя) контактирует с твердой поверхностью, другая (верхняя) – с воздухом при локальном нагреве наблюдается деформация (искривление) межфазной поверхности воздух–жидкость.

Такая деформация может быть вызвана локальным нагревом как нижней, так и верхней поверхности жидкости. При локальном нагреве нижней поверхности (область А, рис. 1, а) нагретая часть жидкости под действием силы Архимеда перемещается к свободной поверхности воздух–жидкость. Возникающая при этом конвекция называется гравитационной. Гравитационная конвекция и теплопроводность приводят к локальному повышению температуры в области В и понижению поверхностного натяжения. В результате в этой области возникает термокапиллярное конвективное движение. При локальном нагреве поверхности воздух–жидкость (область А, рис. 1, б) движение жидкости обусловлено только термокапиллярной конвекцией. Термокапиллярное движение происходит в приповерхностных слоях, поэтому деформация поверхности наблюдается только в тонких слоях. Таким образом, основной механизм искривления межфазной поверхности при локальном нагреве – термокапиллярная конвекция.

Актуальными являются исследования возможности применения эффекта деформации межфазной поверхности в технических областях, таких как диагностика жидкостей, выращивание монокристаллов, изготовление

однородных полупроводниковых структур, сплавов многокомпонентных металлов, композитов и пр. [2].

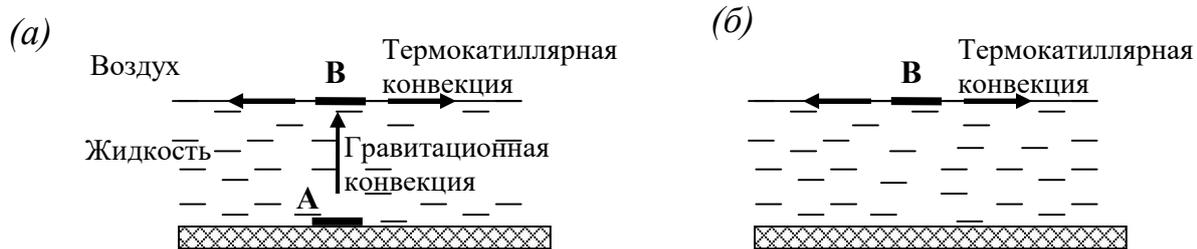


Рисунок 1. Локальный нагрев поверхности «воздух–жидкость»

Целью работы являлось экспериментальное исследование деформации межфазной поверхности воздух–жидкость при локальном бесконтактном и контактном нагреве поверхности.

Экспериментальное исследование. Исследуемой жидкостью являлось смазочное масло Liqui Moly 5W-40, отобранное из работающего дизельного автомобиля. Толщина исследуемого слоя масла – 3 мм.

Бесконтактный нагрев осуществлялся оптическим излучением с помощью лампы накаливания и лазера, контактный – с применением паяльника. Лампа накаливания использовалась с фокусирующей линзой. В качестве лазера использовался лазер непрерывного излучения с длиной волны $\lambda=540$ нм (лазерная указка Laser 303 мощностью 5 мВт).

На рис. 2, а, б, в представлены схемы лабораторных установок, на которых проводились исследования.

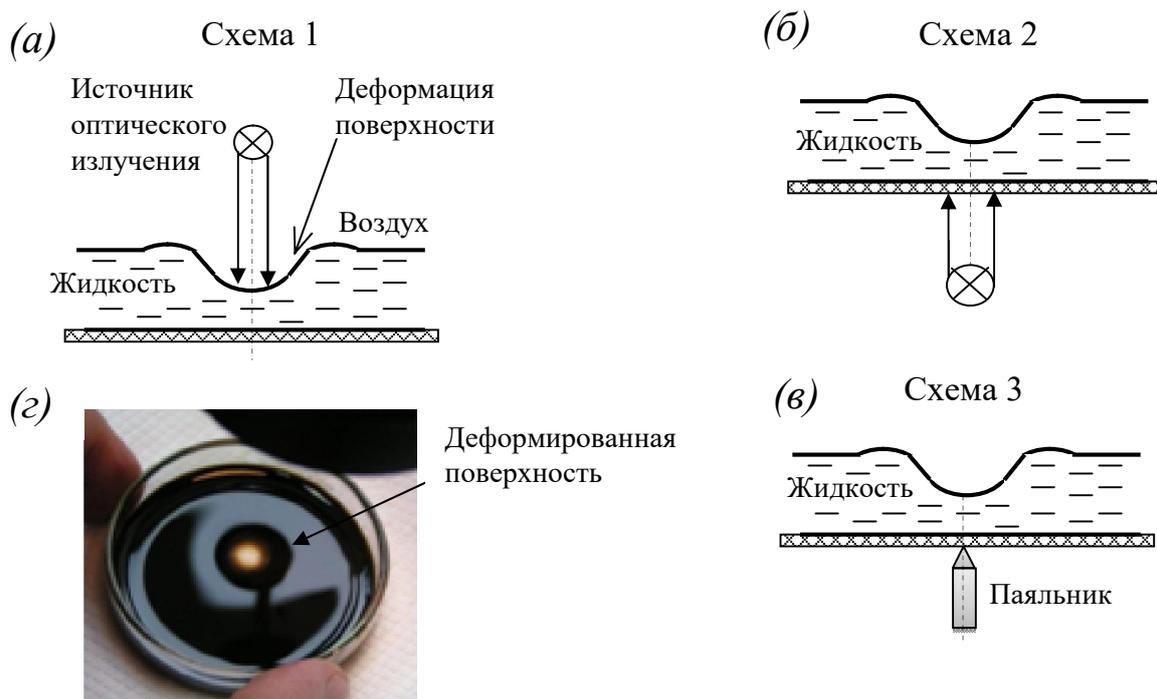


Рисунок 2. Схемы лабораторных установок (а, б, в), деформация поверхности жидкости при локальном нагреве (г)

Бесконтактный нагрев проводился как верхней (схема 1, рис. 2, а), так и нижней поверхности масла (схема 2). При контактном воздействии нагревался нижний слой жидкости (схема 3).

Температура воздуха в ходе экспериментов составляла 19°C . Температуру в зоне локального нагрева измеряли с помощью терморезистивного термометра.

Во время проведения эксперимента контролировалось время задержки – интервал времени между началом воздействия теплового излучения и началом деформации поверхности.

При облучении поверхности воздух–масло лампой накаливания по схеме 1 поверхность искривлялась при температуре 45°C в области облучения, время задержки составляло около 4 сек. Полученный характер искривления поверхности приведен на рис. 2, г. Деформация поверхности воздух–масло при облучении лампой нижней поверхности слоя масла (схема 2) происходила при температуре 60°C , время задержки около 6 сек.

Воздействие лазерным излучением как на верхнюю, так и на нижнюю поверхности слоя масла вызывало слабую степень деформации межфазной поверхности. При этом измеренная температура в области облучения поверхности составляла 32°C , а время задержки – 8 сек.

При контактном нагреве (схема 3, рис. 2, в) паяльником нижней поверхности жидкости (поверхности кюветы) происходило быстрое

искривление поверхности воздух–масло при температуре в области облучения 80°C и времени задержки 2 сек.

Выводы.

Анализ полученных результатов показал, что независимо от типа источника определяющим фактором при деформации межфазной поверхности является температура, создаваемая в локальной области нагрева.

Очевидно, что при создании портативных приборов для анализа свойств жидкостей целесообразно использовать оптические источники, которые одновременно являются источниками теплового излучения и носителями оптических сигналов, отражающих степень деформации поверхности.

В то же время контактный нагрев может более эффективно использоваться при технологических процессах.

Литература

1. Applications of Marangoni forces in actuating solid phase objects/by Hendarto, Erwin, Ph.D., University of Michigan, 2013, 146 p./ Dissertation/ Engineering; Mechanical engineering Publication Number 3595310.

2. Microscale fluid transport using optically controlled marangoni effect: pat. 7939811 USA/Thundat T.G, Passian A., Farahi R.H. – publ. 10.05.2011.

УДК 539

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

Карасева А.В., Кацубо В.В.

Научный руководитель – Мартинович В.А., к.ф.-м.н., доцент

Алмаз является самым твердым минералом, представляющим собой плотнейшую упаковку атомов углерода. Этот кристалл обладает уникальным набором следующих физических свойств [1]:

1) по шкале Мооса твёрдость максимальна и равна 10;

2) плотность $3,417\text{-}3,554\text{ г/см}^3$;

3) чистый алмаз – самый прозрачный из всех материалов, пропускает видимый, ультрафиолетовый и инфракрасный свет; показатель преломления $n=2,417\text{-}2,421$, обладает сильной дисперсией;

4) имеет аномально высокую теплопроводность ($900\text{-}2300\text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), что позволяет рассматривать алмаз в качестве перспективного полупроводника;