

Новосядлый В.А.

(Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону)

Конвекция Марангони в двухслойной системе при действии вибрации

В докладе представлены результаты исследования влияния вибрации на поведение двухслойной системе вязких несмешивающихся жидкостей с учетом эффекта Марангони на деформируемой границе раздела. Двухслойные системы вызывают большой научный интерес прежде всего потому, что наличие второй жидкости приводит к появлению новых режимов движения, которые не наблюдаются в случае, когда сверху находится газ. В связи с этим двухслойным системам было посвящено и посвящается довольно много работ, например классическая [1], интересная экспериментальная работа [2], где была экспериментально обнаружена конвекция при нагреве сверху, работа [3], где исследовалась конвекция при нагреве снизу. Действие вибрации высокой частоты в двухслойных системах изучалось в работах [4], [5]. Но кроме высокочастотных колебаний интересно изучить влияние вибраций конечной частоты. Как известно, в условиях космического полета, на экспериментальные установки действуют микроускорения [6], имеющие сложный спектр колебаний.

В данном исследовании рассматриваются два случая — поступательные вибрации большой частоты и малой амплитуды, и поступательные вибрации конечной частоты и амплитуды. В случае больших частот направление вибрации произвольное, в случае конечных частот — колебания вертикальные по закону $f(\omega t)$, причем считается, что $f''(\omega t)$ имеет разложение в конечный ряд Фурье $f''(\omega t) = \sum f_j e^{ij\omega t}$. Это позволяет свести задачу изучения линейной устойчивости равновесного решения к решению задачи на собственные значения матрицы, коэффициенты которой вычисляются по явным соотношениям, а в случае гармонических колебаний — к решению дисперсионных соотношений в цепных дробях.

В высокочастотном случае применен метод осреднения. Показано, что влияние вибрации на линейную устойчивость равновесия описывается одним параметром, а также вибрация приводит к увеличению поверхностного натяжения, сглаживая поверхность раздела. Для системы силиконовое масло - флюоринерт, изученной в [3], обнаружены замкнутые нейтральные кривые колебательной неустойчивости (рис. 1).

Результаты вычислений для системы ацетонитрил-п-гексан для случая высокочастотного воздействия представлены на рис. 2, слева. Существует возможность возникновения монотонной неустойчивости при нагреве сверху, и колебательной неустой-

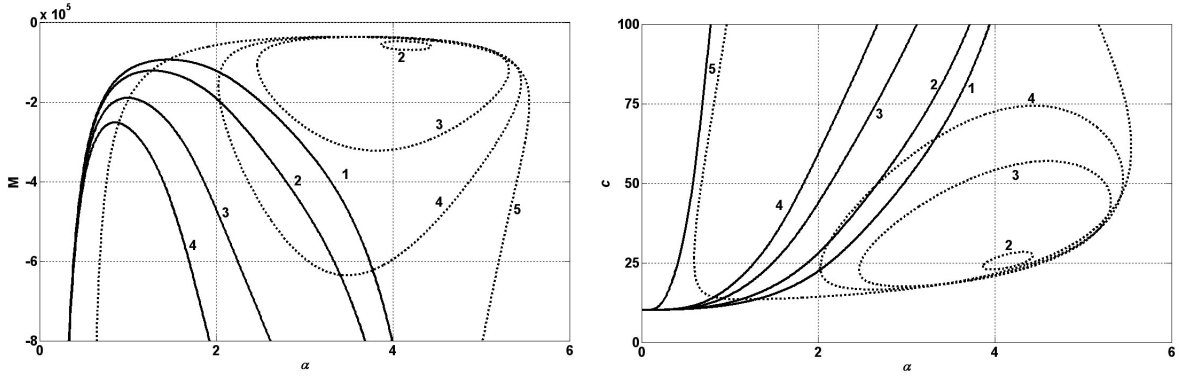


Рис. 1: Силиконовое масло - флюоринерт. Нейтральные кривые числа Марангони (слева) и частоты колебаний справа. Пунктирные линии — замкнутые нейтральные кривые. Значения вибрационного параметра: 1 - 0, 2 - 1050, 3 - 4830, 4 - 9800, 5 - 106

чивости при нагреве снизу. Подобная система была изучена в [2]. Вид собственных функций, соответствующих минимуму монотонной неустойчивости при нагреве сверху приведен на рис. 2, справа.

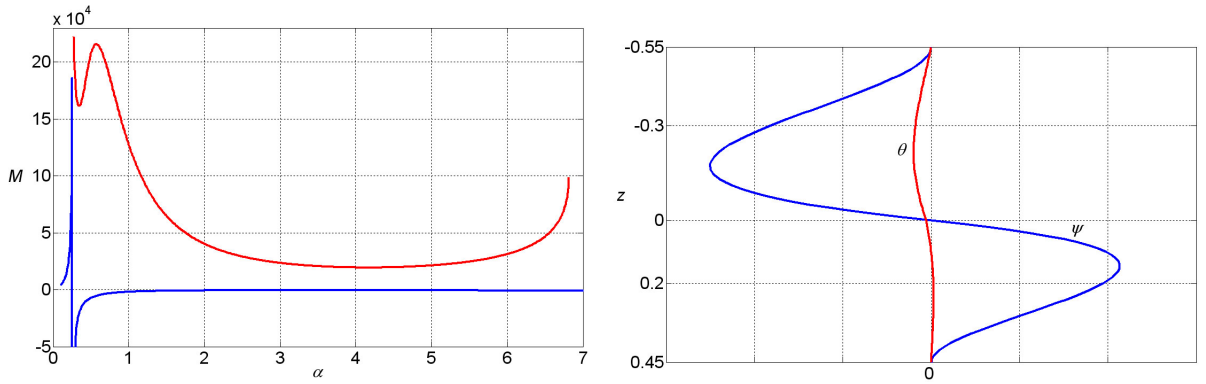


Рис. 2: Ацетонитрил-п-гексан. Слева - нейтральные кривые. Синие кривые - монотонная неустойчивость, красные - колебательная. Справа - собственные функции. θ — температура, ψ — функция тока.

Построены асимптотики малых волновых чисел, соответствующие случаям монотонной неустойчивости, $M = const$, и колебательной неустойчивости, $c = const$. В случае монотонной неустойчивости первые члены асимптотики прямо пропорциональны гравитации, поэтому если она мала, то необходимо рассматривать следующие члены асимптотики, которые зависят от поверхностного натяжения и вибрации.

В данном случае конечных частот получен выход на высокочастотную асимптотику при значениях частоты $\omega \approx 10^5$. Как известно, воздействие вибрации конеч-

ной частоты на двухслойную систему может привести к появлению неустойчивостей синхронного и субгармонического типов. Кроме того, влияние термокапиллярного эффекта может привести к тому, что колебательная неустойчивость станет ведущей. Такой вариант представлен на рис. 3 при значении частоты $\omega = 2350$.

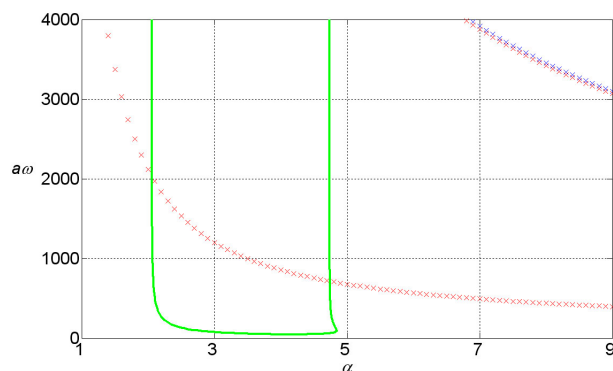


Рис. 3: Силиконовое масло-флюоринерт. Красные крестики — субгармоническая неустойчивость, синие крестики — синхронная, зеленая кривая — колебательная.

Список литературы

- [1] Zeren R.W., Reynolds W.C. Thermal instabilities in two-fluid horizontal layers. J. Fluid Mech. 53 (1972), pp. 305–327.
- [2] Juel A., Burgess J.M., McCormick W.D., Swift J.B., Swinney H. Surface tension-driven convection patterns in two liquid layers. Physica D: Nonlinear Phenomena 143 (2000), pp. 169–186.
- [3] Zhou B., Liu Q., Tang Z. Raleigh-Marangoni-Benard instability in two-layer fluid system. Acta Mechanica Sinica 20, 4 (2004), pp. 366–373.
- [4] Бирих Р.В., Бушуева С.В. Термокапиллярная неустойчивость в двухслойной системе с деформируемой границей раздела // Изв. РАН. МЖГ. 2001. № 3. С. 13–20.
- [5] Бирих Р.В., Брискман В.А., Бушуева С.В., Рудаков Р.Н. Термокапиллярная и вибрационная неустойчивость в двухслойной системе с деформируемой границей раздела // Сб. науч. трудов. Термо- и концентрационно-капиллярные эффекты в сложных системах. Екатеринбург, УрО РАН. 2003. С. 21–33.

- [6] *Никитин С.А., Полежаев В.И., Сазонов В.В.* Исследование квазистатической компоненты микроускорения на борту ИСЗ с помощью датчика конвекции // Проблемы Механики. Сб. статей к 90-летию со дня рождения А.Ю. Ишлинского. Под ред. Д.М. Климова. М.: Физматлит, 2003. с. 600–618.