

Отзыв научного руководителя о диссертации Оксаны Александровны
Бурмистровой «Устойчивость свободных пленок жидкости
и вращающихся жидких слоев», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Пленочные течения и их устойчивость интенсивно изучаются более семидесяти лет, начиная с работы П.Л. Капицы (1948). Большой вклад в их исследование внес В.Е. Накоряков и созданная им научная школа. Основной объект исследования здесь – пленка или жидкий слой, ограниченный свободной поверхностью и твердой стенкой. Интерес к этим задачам вызван богатыми приложениями в химической технологии и энергетике. При этом необходимо знать, является ли течение устойчивым.

Вопросам устойчивости изотермических движений посвящены сотни статей и ряд монографий. Что касается неизотермических движений, то их устойчивость исследована недостаточно. Особенно это относится к новому физическому объекту – это свободная пленка, то есть жидкий слой малой толщины, с обеих сторон ограниченный свободными поверхностями. Здесь происходит накопление материала, добываемого в основном экспериментальными методами (работы О.А. Кабова, Л. Тадриста, И. Уэно и их соавторов). Работа О.А. Бурмистровой является одной из первых работ, где изучается влияние термокапиллярного эффекта на устойчивость свободных пленок жидкости.

Впервые исследована устойчивость слоистого течения вертикальной пленки жидкости, в котором действие силы тяжести уравнивается термокапиллярной силой. Соответствующая несамосопряженная спектральная задача имеет высокий порядок и содержит много параметров. Диссертантка аналитически рассмотрела длинноволновые возмущения, относительно которых движение оказалось устойчивым. Далее решение продолжалось численным способом, что позволило найти границу устойчивости в зависимости от чисел Галилея и Био. Решение этой задачи потребовало больших усилий.

Вторая задача, изученная диссертанткой, связана с поиском условий равновесия и устойчивости вертикальной пленки, ограниченной твердыми плоскостями. В отличие от первой задачи, которая двумерна, новая задача решается в приближении тонкого слоя, что отнюдь не делает ее тривиальной. Диссертантка грамотно сочетала численный метод ортогонализации Годунова – Абрамова и асимптотический метод Вишика – Люстерника. Полученные результаты хорошо согласуются между собой. Главный из них – такая пленка всегда неустойчива, однако инкремент нарастания возмущений чрезвычайно мал, что позволяет существовать пленке десятки минут. Это проливает свет на природу равновесия долгоживущих вертикальных свободных пленок, что наблюдается в опытах.

Если в первых двух задачах дестабилизирующим фактором являлась сила тяжести, то в третьей задаче эту роль может играть центробежная сила. Здесь речь идет о причинах неустойчивости свободной границы слоя на внутренней поверхности вращающегося цилиндра. В отличие от хорошо изученной задачи, когда слой расположен на внешней поверхности цилиндра, указанная задача почти не подвергалась подробному анализу. В частности, в ней не была выявлена роль термокапиллярного эффекта. Этот пробел заполнила диссертантка. Она нашла зависимость критических чисел Марангони от трех определяющих параметров задачи. В частности, показано, что уменьшение относительной толщины слоя приводит к уменьшению критического числа Марангони.

Перечисленные результаты представляют прикладной интерес, так как свободные пленки имеют перспективу использования в пищевой промышленности и в устройствах по опреснению воды. Результаты исследования устойчивости вращающихся слоев жидкости могут найти технологические приложения при производстве пластиковых труб.

Тематика диссертационной работы имеет перспективы развития. Здесь актуальной является задача о влиянии испарения на устойчивость движения вертикальной свободной пленки. Просматриваются приложения к интерпретации экспериментов с жидкостями в условиях микрогравитации. В задаче об устойчивости вращающегося слоя интересно было бы учесть зависимость вязкости жидкости от температуры.

В процессе работы над диссертацией О.А. Бурмистрова показала себя квалифицированным исследователем, способным к самостоятельной научной работе. Ее характеризует инициатива и чувство ответственности. Три статьи по теме диссертации в журналах из списка ВАК написаны ею без соавторов. Кроме того, она имеет две публикации, которые не вошли в диссертацию. Результаты диссертации докладывались на Всероссийском съезде по механике в Казани и на ряде отечественных и международных форумов.

Считаю, что представленная диссертация «Устойчивость свободных пленок жидкости и вращающихся жидких слоев» удовлетворяет высоким требованиям ВАК, а Оксана Александровна Бурмистрова вполне заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Доктор физико-математических наук
по специальности 01.02.05 –
«Механика жидкости, газа и плазмы»,
член-корреспондент РАН, профессор,
главный научный сотрудник федерального
государственного бюджетного учреждения
науки «Институт гидродинамики им. М.А.
Лаврентьева Сибирского отделения РАН»

Пухач / Пухначев Владислав Васильевич / «15» апреля 2019 г.

Подпись В.В.Пухначева удостоверяю:

Ученый секретарь ИГиЛ СО РАН

Любашевская / И.В. Любашевская /

