

Поцелуев Сергей Иванович

ХНУ имени В. Н. Каразина, факультет математики и информатики,
старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной информатики,
младший научный сотрудник кафедры прикладной математики.

«Устойчивость равновесных состояний ограниченных объемов намагничивающихся жидкостей в магнитном поле»

(по результатам совместной работы с Борисовым И. Д. и Пацегоном Н. Ф.)

Исследуется неустойчивость равновесия и возбуждение волн на ограниченной поверхности раздела намагничивающихся жидкостей. Рассматривается система несмешивающихся магнитных жидкостей, разделенных горизонтальной пластиной с отверстием. Феррожидкости находятся в стационарном вертикальном магнитном поле. Толщина пластины, разделяющая жидкости, предполагается малой по сравнению с толщиной нижнего и верхнего слоев жидкостей. Это позволяет отождествлять пластину с ее срединной поверхностью. Горизонтальная поверхность раздела и однородное магнитное поле отвечают одному из возможных состояний равновесия жидкостей. Для описания движения жидкостей вблизи этого равновесного состояния в линейном приближении, задача сформулирована в терминах потенциала малых смещений частиц жидкостей и возмущений потенциала магнитного поля. При этом предполагается, что контур поверхности раздела жидкостей, который совпадает с острым краем пластины, в процессе колебаний жидкостей остается неподвижным. Подробно рассмотрен случай кругового отверстия в пластине, что разделяет несмешивающиеся жидкости.

С помощью преобразований Ханкеля задачу о собственных колебаниях жидкости сведено к интегро-дифференциальному уравнению со спектральным параметром относительно мод колебаний поверхности раздела жидкостей. Решения полученной спектральной задачи отыскивались с использованием метода Галеркина. Предложен метод построения границы области устойчивости в пространстве физических параметров системы. В случае жидкости, намагничивающейся по закону Ланжевена, проведены расчеты границы области устойчивости, определены моды наиболее быстро растущих возмущений. Установлено, что при небольших значениях числа Бонда, которое характеризует отношение гравитационных сил к капиллярным силам, наиболее опасными являются осесимметричные возмущения или возмущения по первой или второй гармониках. В определенном диапазоне значений числа Бонда в равной мере могут быть опасными осесимметричные возмущение и возмущения по второй гармонике, это объясняется совпадением спектров собственных значений задачи. С ростом значений числа Бонда при фиксированных значениях остальных параметров увеличиваются критические значения индукции магнитного поля, которые при этом асимптотически возрастают как корень из числа Бонда.

Также рассматривается двухслойная система несмешивающихся феррожидкостей, расположенных в соленоиде с идеально проводящей боковой стенкой. Предполагается,

что жидкости находятся под действием сил поверхностного натяжения, гравитационного поля и магнитного поля, направленного вертикально вверх. Рассматриваются малые колебания невязких магнитных жидкостей вблизи состояния равновесия. В этом случае малые возмущения равновесного состояния и дальнейшую эволюцию поверхности раздела определяют потенциальные составляющие поля скорости жидкости. В системе уравнений вместо условия неподвижности контура поверхности раздела жидкостей принимается условие сохранения угла смачивания боковой стенки соленоида. Из уравнений и граничных условий получено спектральную краевую задачу и найдено ее решения (то есть собственные значения и собственные функции этой задачи).

Сформулировано условие устойчивости (неустойчивости) равновесного состояния жидкостей. Показано, что увеличение индукции магнитного поля неизбежно приводит к возникновению отрицательных собственных значений, а, следовательно, к неустойчивости равновесного состояния жидкостей. Рассмотрены процессы возникновения и роста упорядоченных структур свободной поверхности магнитной жидкости на примере цилиндра с прямоугольным и круговым поперечными сечениями. Построена граница области устойчивости в пространстве безразмерных параметров системы. Показано, что область значений параметров, которые отвечают неустойчивым равновесным состояниям, разбивается на зоны, каждая из которых характеризуется вполне определенной модой наиболее быстро растущих возмущений. Изменение индукции магнитного поля, которое вызывает переход физических параметров из одной зоны в другую, сопровождается качественной перестройкой форм поверхности раздела феррожидкостей. С увеличением числа Бонда влияние боковых стенок соленоида ослабевает, а критические значения индукции магнитного поля стремятся к значениям, которые отвечают случаю неограниченной поверхности раздела жидкостей.

Список работ по теме доклада

1. Borysov I. D. Instability of equilibrium and appearance of ordered spatial structures on the free surface of ferrofluid / I. D. Borysov, S. I. Potseluev and T. Yu. Yatsenko // *Magnetohydrodynamics*. – 2014. – Vol. 50, №1. P. 3–12.
2. Борисов И. Д. Неустойчивость Розенцвейга в двухслойной системе несмешивающихся намагничивающихся жидкостей / И. Д. Борисов, С. И. Поцелуев // *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна: Серія «Математика, прикладна математика, механіка»*. – 2016. – Т. 84. – С. 46–60.
3. Пацегон Н. Ф. Устойчивость свободной поверхности вязкой намагничивающейся жидкости при многопараметрическом возбуждении / Н.Ф. Пацегон, С.И. Поцелуев // *Прикладная гидромеханика*. – 2014. – Т. 16 (88), № 3. – С. 36–51.
4. Поцелуев С. І. Багатопараметричне збудження поверхневих і внутрішніх хвиль у магнітних рідинах / С. І. Поцелуев // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми. http://math.univer.kharkov.ua/other/64.051.11/files/dis_Potseluev.pdf