

## ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ И НЕУСТОЙЧИВЫХ РЕЖИМОВ В МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Гумеров И. И.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д. ф.-м. н., доцент Холодова С. Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

kholodovase@yandex.ru

### Введение

Магнитогиродинамические процессы во вращающихся электропроводящих жидкостях представляют интерес как для фундаментальных исследований, так и в практическом приложении. Взаимодействие силы Кориолиса, гравитации и магнитного поля порождает сложный спектр волновых движений [1,2]. Особый интерес представляет анализ устойчивости этих режимов, который существенно зависит как от физических параметров среды, так и от топологии границ и структуры внешнего магнитного поля.

### Основная часть

В представляемом исследовании проводится анализ динамики вращающегося слоя идеальной несжимаемой электропроводящей жидкости, ограниченного сверху твёрдой непроницаемой, а снизу свободной поверхностями. Рассматриваются два типа краевых задач с различной конфигурацией внешнего магнитного поля. Динамика среды описывается системой уравнений магнитогиродинамики, включающей уравнения движения, неразрывности, магнитной индукции и соленоидальности магнитного поля.

В приближении длинных волн малой амплитуды исходная система редуцируется к одному скалярному уравнению для модифицированной функции возмущения свободной поверхности. Вид этого уравнения и соответствующее дисперсионное соотношение определяются типом граничных условий для магнитного поля.

Для внешнего поля, параллельного оси вращения, дисперсионное соотношение представляется алгебраическим уравнением шестой степени, а для внешнего поля, нормального к граничным поверхностям, дисперсионное соотношение принимает вид уравнения восьмой степени. Для численного решения дисперсионных уравнений в комплексной плоскости применяется модифицированный метод Ньютона [3].

### Выводы

Проведенное исследование демонстрирует, что характер устойчивости длинноволновых возмущений во вращающемся слое электропроводящей жидкости зависит от взаимной ориентации внешнего магнитного поля и границ слоя.

В случае поля, параллельного оси вращения, показано, что при достаточно больших значениях магнитного числа Рейнольдса наблюдаются незатухающие альфвеновские колебания. Конечные значения магнитного числа Рейнольдса приводят лишь к затуханию возмущений за счет магнитной диффузии, неустойчивые моды не возникают.

В случае поля, нормального к границам, показано, что при любых конечных значениях магнитного числа Рейнольдса диссипативные эффекты приводят к развитию неустойчивости, которая, однако, может быть подавлена сильным вращением или интенсивной диффузией. Полученные результаты вносят вклад в понимание механизмов генерации крупномасштабных структур в природных и технических объектах.

### Литература

1. Андреасян Р. Р., Михайлов Е. А., Андреасян А. Р. Структура и особенности формирования инверсий галактического магнитного поля // *Астрономический журнал*. 2020. Т. 97. № 3. С. 179–189.
2. Rax J. M., Gueroult R., Fisch N. J. Rotating Alfvén waves in rotating plasmas // *Journal of Plasma Physics*. 2023. Vol. 89. 905890613. <https://doi.org/10.1017/S0022377823001368>.
3. Madsen K. A. A root-finding algorithm based on Newton's method // *BIT Numerical Mathematics*. 1973. Vol. 13. P. 71–75. <https://doi.org/10.1007/BF01933524>.