

Автоволновой импульс в среде с дисбалансом нагрева/охлаждения

Научный руководитель – Молевич Нонна Евгеньевна

Рящиков Дмитрий Сергеевич

Аспирант

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.

Королева, Естественнонаучный институт, Самара, Россия

E-mail: ryashchikovd@gmail.com

Исследование эволюция волн в среде с дисбалансом нагрева/охлаждения представляет интерес в связи с изучением структур, наблюдаемых в солнечной атмосфере, межзвездной среде и т.п. Приток и отток тепла в этих средах традиционно рассматривается с помощью обобщенной функции тепловыделения, зависящей от температуры и плотности. В равновесии нагрев и охлаждение компенсируют друг друга. При возникновении возмущений среды появляется дисбаланс между нагревом и охлаждением, который наряду с диссипативными процессами может приводить к дополнительному затуханию возмущений, либо к усилению, а также к дисперсии скорости звука [1]. В зависимости от значений производных функции тепловыделения по температуре и плотности в среде могут возникнуть тепловые неустойчивости трех различных типов, которые приводят к росту акустических мод (изоэнтропическая), либо энтропийной моды (изобарическая, изохорическая).

В настоящей работе рассматривается эволюция газодинамических возмущений в изоэнтропически неустойчивой среде. С помощью метода, аналогичного применяемому для изучения ударных волн в релаксирующей среде, впервые описаны и классифицированы возможные стационарные решения одномерной системы уравнений газодинамики с обобщенной функцией тепловыделения. Решения получены без ограничения на амплитуду возмущений, коэффициента усиления и дисперсии. В области изоэнтропической неустойчивости и отрицательной дисперсии одно из этих решений представляет собой автоволновой импульс, форма, амплитуда и скорость которого зависят только от параметров среды распространения и свойств обобщенного источника тепловыделения. Кроме того, численное 1D- и 2D-моделирование показало, что любое малое начальное возмущение в изоэнтропически неустойчивой среде эволюционирует в квазипериодическую последовательность цугов волн, впереди которой следует описанный аналитически автоволновой импульс, а также продемонстрирована устойчивость этого импульса к поперечным возмущениям [2].

Данный результат был обобщен на плазму во внешнем магнитном поле, описываемую системой МГД-уравнений. Численно в двумерной геометрии показано, что в слабом магнитном поле (бета плазмы $\beta \gtrsim 1$) образуются автоволновые импульсы, которые распространяются во всех направлениях и по форме аналогичны импульсам, наблюдающимся в тепловыделяющем газе. При $\beta \lesssim 1$ образуется квазипериодическая последовательность цугов волн, распространяющихся вдоль линий магнитного поля. Однако фронт таких волн оказывается неустойчивым и впоследствии распадается на “V”-образные структуры.

Источники и литература

- 1) Zavershinskii D.I., Kolotkov D.Y., Nakariakov V.M., Molevich N.E., Ryashchikov D.S. Formation of quasi-periodic slow magnetoacoustic wave trains by the heating/cooling misbalance // *Physics of Plasmas*. 2019. Vol. 142. No. 8. P. 082113.
- 2) Рящиков Д.С., Молевич Н.Е., Завершинский Д.И., Двумерные автоволновые газодинамические структуры в изоэнтропически неустойчивом тепловыделяющем газе // *Письма в ЖТФ*. 2018. Т. 44. №24. С. 94-102.