

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 533.95

С.А. БЕЛОВ^{1,2}, Н.Е. МОЛЕВИЧ^{1,2}, Д.И. ЗАВЕРШИНСКИЙ^{1,2}

УСИЛЕНИЕ АЛЬФВЕНОВСКИХ ВОЛН В РЕЗУЛЬТАТЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КВАЗИРЕЗОНАНСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИМИ ВОЛНАМИ В ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ ИЗОЭНТРОПИЧЕСКИ НЕУСТОЙЧИВОЙ ПЛАЗМЕ*

Рассмотрен квазирезонансный параметрический распад магнитоакустической волны на две альфвеновские волны в тепловыделяющей плазме. Показано, что в условиях изоэнтропической неустойчивости в резонансных условиях (нулевая отстройка частоты) происходит биэкспоненциальное усиление альфвеновских волн. Наличие отстройки частоты приводит сначала к предшествующему этому усилению этапу параметрической модуляции амплитуды альфвеновских волн, длительность которого возрастает с ростом отстройки. Найдена граничная отстройка частоты, при которой усиление альфвеновских волн вообще не происходит.

Ключевые слова: магнитогидродинамика, МГД-волны, параметрическое усиление, изоэнтропическая неустойчивость.

Введение

Известно, что альфвеновские волны большой амплитуды могут распадаться на магнитоакустические волны и альфвеновские волны меньших частот. Последующее затухание быстрых магнитоакустических волн может приводить к нагреву солнечной короны [1]. Более того, альфвеновские волны с энергией, достаточной для ускорения солнечного ветра и нагрева короны до наблюдаемых скорости и температуры, уже зарегистрированы [2]. Однако механизм возникновения зарегистрированных альфвеновских волн остается неизвестным. С другой стороны, аналитически и численно было показано, что в изоэнтропически неустойчивой тепловыделяющей среде [3] происходит усиление акустических и магнитоакустических волн, а также возможна генерация цуга автоволновых импульсов [4–10]. Параметрическая перекачка энергии от этих усиливающихся акустических волн в альфвеновские волны может привести к усилению последних и быть возможным механизмом возникновения регистрируемых мощных альфвеновских волн в изоэнтропически неустойчивых областях солнечной атмосферы. В [11–13] показано, что параметрический распад акустических волн происходит в областях с давлением плазмы, бóльшим магнитного давления, причем в условиях изоэнтропической неустойчивости этот параметрический распад является беспороговым, а рост альфвеновских волн происходит биэкспоненциально.

Цель данной работы – изучение квазирезонансного коллинеарного параметрического взаимодействия между акустической волной и двумя альфвеновскими волнами в изоэнтропически неустойчивой тепловыделяющей плазме.

1. Математическая модель

Система идеальных МГД-уравнений, описывающая процессы в тепловыделяющей, полностью ионизованной плазме, может быть записана следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= \text{rot}[\mathbf{v} \times \mathbf{B}], \quad \text{div} \mathbf{B} = 0, \\ \rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} &= -\nabla P - \frac{1}{4\pi} [\mathbf{B} \times \text{rot} \mathbf{B}], \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \rho \mathbf{v} = 0, \\ C_{\infty} \rho \frac{dT}{dt} - \frac{k_B T}{m} \frac{d\rho}{dt} &= -\rho \mathfrak{Z}(\rho, T), \quad P = \frac{k_B T \rho}{m}, \\ \mathfrak{Z}(\rho, T) &= L(\rho, T) - Q(\rho, T). \end{aligned} \quad (1)$$

* Работа частично поддержана Министерством образования и науки РФ в рамках госзадания вузам и научным организациям в сфере научной деятельности (проект № 3.1158.2017/4.6), госзадания ФАНО (проект № 0023-2016-0002).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>