

ОБРАЗОВАНИЕ НАДТЕПЛООВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ В ПИНЧЕВОМ РАЗРЯДЕ ^{*)}

¹Фролов А.Ю., ²Вихрев В.В., ¹Чирков А.Ю.

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия, alexeyfrolov92@yandex.ru

²Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, vikhrev@mail.ru

В газовых Z-пинчах, в момент развития перетяжки, могут формироваться условия, при которых релаксация ионной компоненты плазмы происходит медленнее, чем набор энергии высокоэнергетическими ионами. Этот эффект возникает в результате развития МГД-неустойчивости. Сильно увеличивающееся магнитное поле, совместно с утечкой плазмы через торцы перетяжки, приводят к росту температуры и плотности плазмы.

Время ион-ионных взаимодействий пропорционально температуре плазмы в степени 3/2 и обратно пропорционально плотности [1]. К моменту наибольшего сжатия плазмы наблюдается уменьшение пролетного времени высокоэнергетических ионов через перетяжку Z-пинча по сравнению с характерным временем взаимодействия с ионами плазмы. Это обстоятельство свидетельствует о наличии механизма формирования надтеплового распределения ионов в пинчевом разряде. Имеющиеся экспериментальные данные также свидетельствуют о возможности формирования распределения ионов, отличающегося от распределения Максвелла [2].

Рассмотрение динамики плазмы Z-пинча исходя из кинетического подхода сопряжено со сложностями. Принципиальная возможность формирования надтеплового распределения продемонстрирована в [3]. Более детальный расчет такой задачи сопряжен, в том числе, с численными сложностями. Поэтому необходимо использовать статистические методы, например, метод Монте-Карло.

Данная работа посвящена исследованию образования надтеплового распределения ионов в пинчевом разряде. Исследование основано на моделировании движения отдельно взятых ионов в перетяжке пинча. Рассматривается вероятностный подход к вопросу взаимодействия иона с плазмой. Учитывается изменение во времени величины магнитного и электрического поля, размеров перетяжки, температуры и плотности ионной компоненты плазмы. Рассматриваются ионы, двигающиеся с разными начальными скоростями и в разных направлениях. Результаты моделирования обобщаются для получения итоговых распределений.

Результаты работы демонстрируют наличие в Z-пинчах двух взаимодополняющих механизмов, отвечающих за формирование надтеплового распределения ионов. Первых механизм – неустойчивость. Она обеспечивает запаздывание релаксации плазмы относительно набора ионами энергии. Второй механизм отвечает за набор ионами энергии. Высокоэнергетические ионы, взаимодействуя с изменяющимся магнитным полем, увеличивают свою энергию подобно тому, как описано в [4]. Наличие надтеплового распределения ионов вероятно связано с наличием нейтронной анизотропии, высокоэнергетическими струями ионов и другими особенностями пинчевых разрядов.

Литература

- [1]. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках. 2007.
- [2]. Вихрев В.В., Королёв В.Д. // Физика плазмы, 2007, Т. 33, № 5, С. 397 – 423.
- [3]. Фролов А.Ю., Дружинина О.В, Чирков А.Ю. // Электромагнитные волны и электронные системы, 2021, Т. 26, № 5, С. 5–14.
- [4]. Шлютер А. Управляемые термоядерные реакции. 1960.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)