Описание нейтронного ИзЛУЧЕНИЯ из Z-пинчевых разрядов

Вихрев В.В., Баронова Е.О.

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

В отличие от других систем, используемых для создания управляемой термоядерной реакции, Z-пинчи обладают важным свойством - в них развивается МГД-неустойчивость, которая приводит к набору кинетической энергии частицами плазмы. Этой энергии часто бывает достаточно для протекания интенсивной термоядерной реакции в плазме пинча.

Энергетическое распределение ионов в плазме Z-пинча не является максвелловским. Это связано с тем, что основная энергия ионами приобретается не вследствие столкновений с другими частицами, а в результате неустойчивости пинча. Энергию ионы получают непосредственно из энергии магнитного поля.

Основной задачей для теоретического предсказания нейтронного выхода в Z-пинчах является описание энергетического распределения ионов в каждый момент времени во всех точках пинча в условиях МГД-неустойчивости. Решение этой задачи довольно сложно. Однако несколько стало проще, когда выяснилось, что знание распределения ионов в плазме для вычисления нейтронного выхода не является существенным в тех случаях, когда средняя энергия ионов в плазме превышает 3 кэВ [1]. Поэтому главной задачей при описании генерации нейтронного излучения являлась разработка развития МГД-неустойчивости [2]. В результате для определения нейтронного выхода в Z-пинчах были предложены и используются три метода.

Основным способом для вычисления нейтронного выхода является моделирование развития разряда Z-пинча до той стадии его развития, когда средняя энергия частиц плазмы в нем становится существенно выше 3 кэВ. В этом случае в расчетах можно использовать практически любые разумные формулы для оценки нейтронного излучения, в том числе и выведенные для максвелловского распределения ионов. При моделировании развития Z-пинча до той стадии развития его, когда средняя энергия ионов становится велика (выше 3 кэВ), конкретное распределение ионов по энергии слабо влияет на интенсивность нейтронного излучения плазмой [1]. Нейтронный выход из стадии развития пинча, когда средняя энергия частиц его мала, оказывается несущественным в общем нейтронном выходе.

Вторым способом вычисления нейтронного выхода в Z-пинчевых разрядов является использование так называемой простой модели плазменного фокуса, предложенной в [3]. Он основан на особенности пинча, которая состоят в том, что при развитии МГД-неустойчивости его происходит увеличение средней энергии частиц в плазме пинча. Этот процесс в работе [3]. был описан аналитически. Такой способ оказывается менее трудоемким в вычислительном плане и дает правильные результаты для разрядов при токах пинча выше 1 МА.

Третий способ вычисления нейтронного выхода в пинчевых разрядах заключается в использовании более точного распределения частиц по энергии [4]. Он позволяет даже при использовании довольно крупной расчетной сетки довольно точно вычислить нейтронный выход из Z-пинчевого разряда. Все три способа были проверены для описания нейтронного выхода в установках с плазменным фокусом.

Литература.

1. Коган В.И. Физика плазмы и проблема управляемых термоядерных реакций. Т.2 М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 109.
2. Дьяченко В.Ф., Имшенник В.С. Вопросы теории плазмы, 1974, вып. 8, С.164.
3. Вихрев В.В., Брагинский С.И. Вопросы теории плазмы, 1980, вып. 10, С.243.
4. Вихрев В.В., Мироненко-Маренков A.В. Физика плазмы, 2012, Т.38, №3, С.251.