

## ОБРАЗОВАНИЕ НАДТЕПЛООВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ В Z-ПИНЧАХ <sup>\*)</sup>

<sup>1</sup>Фролов А.Ю., <sup>2</sup>Вихрев В.В., <sup>1</sup>Чирков А.Ю.

<sup>1</sup>МГТУ имени Н.Э. Баумана, г. Москва, РФ, [frolov@bmstu.ru](mailto:frolov@bmstu.ru)

<sup>2</sup>НИЦ "Курчатовский институт", г. Москва, РФ, [vikhrev@mail.ru](mailto:vikhrev@mail.ru)

Максвелловское (т.е. тепловое) распределение ионов не является наилучшим для генерации ядерных реакций синтеза. Оказывается, существуют распределения ионов по энергии, которые обладают более высокой эффективностью по сравнению с эффективностью тепловой (т.е. максвелловской) плазмы. Например, для плазмы, состоящей из дейтерия, в которой основная часть ионов холодная, а небольшая часть ионов этой плазмы ускорена до 10 кэВ, то такая плазма для генерации ядерной d-d реакции является более эффективной по сравнению с той, у которой плазма имеет тепловое распределение ионов.

В обзоре Л.А.Арцимовича [1] (на стр.9) при описании нейтронного выхода d-d реакции для двух разных законов распределения ионов по энергии; сравнивались: 1) распределение ионов, соответствующее максвелловскому распределению и 2) распределение, в котором энергии у всех ионов равна между собой. Нейтронные выходы сравнивались из одинаковых количеств частиц и одинаковой суммарной энергии в ионах. Из сравнения был сделан вывод о том, что максвелловское распределение ионов является наилучшим для генерации ядерной d-d реакции. Однако, это не так. Существуют распределения, в которых основная часть ионов холодная, а энергия небольшого числа (ускоренных) ионов составляет около 10 кэВ. Такая плазма при одинаковой затрате на нагрев оказывается более эффективной для генерации ядерной реакции по сравнению с той, которая имеется при тепловом распределении частиц. Такое желаемое надтепловое распределение ионов в плазме возникает при очень быстром нагреве ее, и когда ионы не успеют максвеллизироваться в результате столкновений.

Один из способов создания надтеплого распределения ионов в плазме заключается в получении ионами энергии непосредственно от источников энергии, а не от столкновений с более нагретыми электронами. Причем нагрев ионов для создания надтеплого распределения ионов должен происходить достаточно быстро – быстрее, чем за время ион-ионных столкновений.

В работе дан теоретический анализ быстрого нагрева плазмы до термоядерных значений в Z-пинче за счет быстрого роста магнитного поля. К этому методу относится нагрев в результате ускорения ионов в электрическом поле, вызванного ростом величины тока в плазме пинча [2-3]. Рост величины магнитного поля в плазме Z-пинча вызван как повышением величины тока в системе, так и сжатием замагниченной плазмы вместе с магнитным полем. Электрическое поле, возникающее из-за увеличения напряженности магнитного поля, ускоряет ионы в направлении вдоль их движения по ларморовской окружности. В результате роста величины магнитного поля в плазме пинча происходит увеличение энергии ионов пропорционально уже имеющейся у них энергии. Это приводит к генерации ионов в плазме с надтепловым распределением.

На заключительной стадии ускорения ионов в результате этого механизма, появляются частицы, вылетающие из пинча, энергия которых превышает как тепловую энергию, так и энергию частиц, приобретающих ее при полном прохождении напряжения, используемого для генерации тока в Z-пинчевых разрядах.

### Литература

- [1]. Арцимович Л.А. Управляемые термоядерные реакции, 1961.
- [2]. Будкер Г.И. Физика плазмы и проблема УТР, т.1, с.122 (1958).
- [3]. Schluter A., Zeitschrift fur Naturforschung, 1957, 12a, 822.

<sup>\*)</sup> [DOI – тезисы на английском](#)