

НАУЧНЫЙ СОВЕТ АН СССР
"ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ"

НАУЧНЫЙ СОВЕТ АН БССР
"ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ"

АКАДЕМИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ КОМПЛЕКС
"ИНСТИТУТ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА
имени А.В. ЛЫКОВА АН БССР"

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
имени Б.И. СТЕПАНОВА АН БССР

ФИЗИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

ЧАСТЬ I

МАТЕРИАЛЫ
VIII Всесоюзной конференции

Под общей редакцией акад. АН БССР
О. Г. МАРТЫНЕНКО



Минск 1991

А.А. Касанцев, В.Г. Соколов, С.Ю. Таскаев, В.Е. Чуприянов

ТЕЧЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ ПРИ МОЩНОЙ АТОМАРНОЙ ИНЖЕКЦИИ

Данная работа посвящена обсуждению явлений, наблюдаемых при инъекции мощных атомарных пучков в плазменную струю.

Эксперименты проводились на установке "АМБАЛ-Ю"/1,2/ - одиночном пробкотроне с mtl В. Плазменная струя генерируется щелевым газоразрядным источником /3/, расположенным в запробочной области. На выходе из источника поток ионов водорода ≈ 4 кА, плотность плазмы $\approx 2 \cdot 10^{14}$ см $^{-3}$, степень ионизации более 99,9 %, температура электронов ≈ 10 эВ, энергия ионов ≈ 50 эВ. Инжекция ведется в центральной плоскости пробкотрона. Мощность инъекции ≈ 3 МВт (поток атомов водорода ≈ 160 экв.А, энергия атомов ≈ 18 кэВ), длительность ≈ 200 мкс.

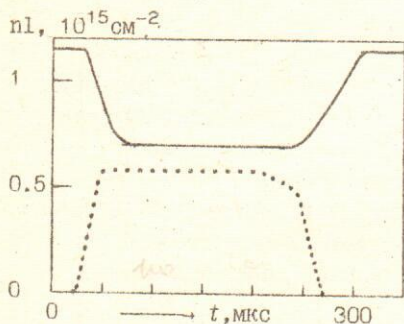


Рис.1. Линейная плотность плазмы в центральной плоскости пробкотрона во время инъекции (ток инъекции показан пунктирной кривой)

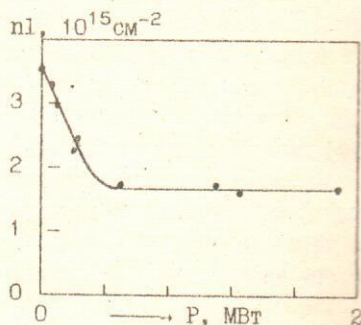


Рис.2. Зависимость линейной плотности плазмы в центральной плоскости пробкотрона от мощности инъекции

было обнаружено, что во время инъекции значительно уменьшается плотность плазмы в области инъекции (рис.1). При мощности инъекции, большей некоторой величины, плотность плазмы уже не изменяется (рис.2). Поперечных потерь, объясняющих уменьшение плотности плазмы, не обнаружено. Измерения торцевым многосеточным анализатором ионов и болометром, расположенными на оси установки в запробочной области (противоположной той, где установлен источник плазмы), пока-

зывают ускорение всего потока плазмы примерно в два раза до звуковой скорости ($\approx 10^7$ см/с). В пробкотроне, вне зоны инжекции, в направлении к источнику плазмы наблюдается распространение области повышенной плотности плазмы, переходящее к стационарному состоянию.

Для объяснения наблюдаемых явлений полезно рассмотреть одномерный стационарный поток идеального газа, адиабатичность которого нарушается тем, что на некотором весьма коротком участке к газу подводится извне тепло. Это приводит к ускорению дозвукового потока. Согласно этой модели, поток с числом Маха $M=0,5$ при увеличении температуры изэнтропически заторможенного газа в 1,4 раза ускоряется до $M=1$, что приводит к уменьшению плотности ускоренного потока в 2,2 раза. При дальнейшем нагреве переход в режим с $M>1$ невозможен и плотность не изменяется. Это объясняет независимость плотности (плазмы) от мощности инжекции при мощности, большей некоторой. При достижении $M=1$ и продолжении нагрева происходит разрыв характеристик течения, приводящий к возникновению ударной волны и скачка уплотнения, распространяющегося навстречу потоку, амплитуда которого растет с увеличением мощности инжекции. По экспериментальным данным, потоку для ускорения до скорости звука передается мощность $\approx 300-400$ кВт (мощность, вложенная в плазму, ≈ 900 кВт). Как видно, значительная часть мощности инжекции передается ионам, хотя классический механизм передачи энергии от горячих ионов ионам плазмы обеспечивает передачу только $\approx 2\%$ вложенной мощности. Механизм передачи энергии ионам пока остается не совсем ясным, и он требует дальнейшего рассмотрения. Таким образом, инжекция мощных атомарных пучков в дозвуковую плазменную струю ведет к увеличению потоковой скорости струи вплоть до скорости звука и к возникновению в этом случае продольных ударных волн.

Л и т е р а т у р а

1. Димов Г.И. Эксперимент АМБАЛ-Ю. - Новосибирск, 1987. - (Препринт / ИЯФ СО АН СССР, 87-150).
2. Кабанцев А.А. и др. Транспортировка интенсивных плазменных струй в неоднородных магнитных полях. - Новосибирск, 1989. - (Препринт / ИЯФ СО АН СССР, 89-46).
3. Димов Г.И., Кабанцев А.А., Таскаев С.Ю. Источник мишенной плазмы с щелевой геометрией разрядного канала для установки АМБАЛ-Ю // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. - 1989. - Вып. 3. - С. 58-60.