Плазменный Фокус как эффективный инструмент для лабораторного моделирования астрофизических джетов

В.И. Крауз1, В.В. Мялтон1, В.П. Виноградов1, Е.П. Велихов1, С.С. Ананьев1, , С.А. Данько1, Ю.Г. Калинин1, Ю.В. Виноградова1, А.М. Харрасов1, К.Н. Митрофанов2, В.М. Чечеткин1,3, К.Р. Сычугов1,3, Г.И. Астапенко4, Д.А. Войтенко4, И.Е. Гаркуша5, Д.Л. Греков5, В.А. Махлай5, Д.Г. Соляков5

1НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [krauz\_vi@nrcki.ru](mailto:krauz_vi@nrcki.ru)  
2ФГУП «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Москва, Россия, [mitrofan@triniti.ru](mailto:mitrofan@triniti.ru)  
3ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия, [chechetv@gmail.com](mailto:chechetv@gmail.com)  
4ГНПО СФТИ, Сухум, Абхазия, [opti-sfti@yandex.ru](mailto:opti-sfti@yandex.ru)  
5ИФП ННЦ ХФТИ, Харьков, Украина, [garkusha@ipp.kharkov.ua](mailto:garkusha@ipp.kharkov.ua)

Астрофизические джеты различной природы являются одним из наиболее ярких явлений во Вселенной. Существует множество моделей их происхождения, однако их верификация весьма затруднена или невозможна в принципе. В частности, одним из ключевых вопросов является выяснение причин стабильности джетов, при которой они распространятся на расстояния, существенно превышающие их поперечные размеры. Одним из возможных решений является лабораторное моделирование, которое, при соблюдении определенных законов подобия, позволяет получить ценную информацию о фундаментальных процессах во Вселенной, зачастую просто недоступных для прямого исследования в естественных условиях.

Недавно в НИЦ «Курчатовский институт» на установке плазменный фокус ПФ-3 начат новый цикл экспериментов по лабораторному моделированию астрофизических джетов. Программа исследований предполагает изучение механизмов генерации плазменных потоков, генерируемых в плазмофокусных разрядах, и факторов, влияющих на их стабильность при распространении на значительные расстояния. Исследования проводятся с использованием широкого набора диагностических средств, включающего в себя скоростные фоторегистраторы, световые коллиматоры, многокомпонентные магнитные зонды, лазерную диагностику, баллистический маятник и калориметр, методы спектральной диагностики и др.

Обнаружено, что скорость плазменных потоков не зависит существенно от массы рабочего газа. Компактность плазменных сгустков свидетельствует о существенном превышении продольной скорости распространения потока над поперечной скоростью расширения. Эти результаты подтверждены в экспериментах на установке КПФ-4 «Феникс» в Сухумском физико-техническом институте. На этой установке предполагается также проведение экспериментов с импульсным напуском газа, позволяющим изменять соотношение плотности плазмы потока и фоновой плазмы.

Одновременно, детальные исследования параметров плазменных потоков начаты в Институте физики плазмы (ИФП ННЦ ХФТИ) на установках КСПУ Х-50 и МПК. Предполагается проведение исследований параметров плазменных потоков и их стабильности в квазистационарном режиме генерации.

Эксперименты будут сопровождаться аналитическими и численными расчетами. Будет разработан вычислительный код на основе метода годуновского типа, основанном на приближенном решении задачи о распаде разрыва на границах ячеек расчетной сетки. Вычислительный код позволит моделировать плазменные потоки в предположении, что такие процессы можно описать МГД-уравнениями течения сжимаемого газа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 14-29-06085-офи\_м, № 14-02-01203, №14-02-00179, № 13-02-90303\_Абх, и № 14-02-90427 Укр\_а).