Исследование влияния массивной газовой инжекции в токамаке Т-10 на процессы в срыве плазменного разряда [[1]](#footnote-1)\*)

2Дремин М.М., 1Капралов В.Г., 1Тотров Д.Р., 1Богданов А.М., 2Крылов С.В., 1Новохадская Е.О., 1Свинцов М.В., 2Трубников А.С.

1СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия, [v.kapralov@spbstu.ru](mailto:v.kapralov@spbstu.ru)  
2НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [Dremin\_MM@nrcki.ru](mailto:Dremin_MM@nrcki.ru)

Одним из основных направлений исследований на современных плазменных установках является исследование срывов плазмы и предотвращение формирования пучков ускоренных электронов [1]. В экспериментах на токамаке Т-10 наряду со штатными системами управления плазмой и газонапуском применялся ряд возмущающих плазму систем: инжектор топливных макрочастиц с системой хордовой инжекции [2, 3], подвижный и стационарный импульсные газовые клапаны для массивного газового напуска [4].

Подвижный газовый клапан PMGI и система хордовой инжекции являются уникальными, и отсутствуют на других установках. Первая система предоставляет возможность сканирования по расстоянию в пределах 1.2 м от края плазмы, включая допустимость расположения сопла клапана вплотную к последней замкнутой магнитной поверхности, а вторая система позволяет оценить зависимость процессов в плазме от прицельного параметра инжекции и сравнивать варианты ко- и контр-пеллет-инжекции.

Экспериментально было показано, что с приближением подвижного клапана к границе плазмы быстрее и интенсивнее происходят тепловой и токовый срывы, причем для токового срыва есть и зависимость изменения скорости спада тока от положения клапана, которая также усиливается по мере приближения клапана к плазме. Более того, была обнаружена возможность перевода токового срыва из медленного в быстрый с помощью массивной газовой инжекции во время срыва. С другой стороны зафиксировано, что интегральное количество высвечиваемой в тепловом срыве энергии в похожих разрядах одинаково, независимо от положения клапана. Массивная инжекция газа до срыва приводит к его инициированию и позволяет изучать сценарии оптимального гашения плазмы, а инжекция после срыва плазмы предоставляет возможность предотвратить формирование или подавить сформированные пучки убегающих электронов.

С помощью кода АСТРА [5] рассмотрено влияние различных каналов потери тепловой энергии по мере развития срыва. Начальная медленная фаза развития теплового срыва описывается за счет подбора источников примеси и коэффициентов переноса, а для заключительной быстрой фазы теплового срыва необходимо учитывать развитие неустойчивостей и перемешивание плазмы. В моделировании выполнено сравнение 4 вариантов принудительного завершения разряда: срыв по предельной плотности, с помощью инжекции макрочастиц и двух вариантов массивного газонапуска. Моделирование показало возможность изменения режимов удержания за счет инжекции газа или макрочастиц и оценен вывод тепловой энергии за счет повторных инжекции газовой струи во время теплового срыва с учетом геометрии расположения источника частиц.

Авторы благодарят коллектив установки Т-10 за предоставленные данные и поддержку.

Литература

1. Dremin M.M. et al., Problems of Atomic Science and Tech., Ser. Th. Fusion, 2012 , **4**, 58.
2. Ryzhakov D.V., et al. Journal of Physics: Conference Series 2017. Т. 907. № 1. 012004.
3. Egorov S.M., et al. "Proc 13 Int Conf Plasma Phys Controlled Nucl Fusion Res" 1991, 599.
4. Kapralov V.G. et al., Journal of Physics: Conf. Series, 2017, **907**, 1, 012010.
5. Pereversev G.V. and Yushmanov P.N., Preprint IPP 5/98, 2002.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Mu/en/BV-Dremin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)