

## РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕЛИКОННОГО ИСТОЧНИКА ПЛАЗМЫ И СИСТЕМЫ НАГРЕВА ИОНОВ В СОСТАВЕ МАКЕТА МОЩНОГО БЕЗЭЛЕКТРОДНОГО ПЛАЗМЕННОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА СТЕНДЕ Е-1 <sup>\*)</sup>

Бунин Е.А., Ишков Т.А., Камин Д.В., Сухов А.Е., Жильцов В.А., Коробцев С.В.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [Sukhov\\_AE@nrcki.ru](mailto:Sukhov_AE@nrcki.ru)

В настоящее время в НИЦ «Курчатовский институт» проводятся плазменные эксперименты на макете безэлектродного плазменного ракетного двигателя (БПРД) [1, 2], которым является стенд Е-1.

Целью работы является рассмотрение основных технических систем, реализованных на стенде Е-1, а также получение параметрических зависимостей выходных параметров истекающего плазменного потока, с последующей оптимизацией этих параметров.

Концепция БПРД предусматривает сочетание мощного геликонного источника плазмы (ГИП) с последующим ионно-циклотронным резонансным нагревом (ИЦРН). Обе эти системы подразумевают наличие магнитного поля, служащего, как для магнитного удержания плазмы, так и для создания направленного плазменного потока. На стенде Е-1 для создания магнитного поля необходимой конфигурации и амплитуды предполагается использование катушек из высокотемпературного сверхпроводника (ВТСП) второго поколения с охлаждением криокулерами в вакуумном криостате.

ГИП состоит из высокочастотного (ВЧ) генератора мощностью 50 кВт, работающего на частоте 13,56 МГц, согласующего Г-контура и полуволновой левовинтовой антенны. Данная система позволяет холодную плотную плазму в источнике с плотностью электронов  $n_e > 10^{19} \text{ м}^{-3}$  [3].

Использование системы ИЦРН является основным механизмом передачи ВЧ мощности рабочему телу. Данная система представляет собой ВЧ генератор мощностью 150 кВт, работающий на частоте 0,5 МГц, согласующий Т-контур и полуволновую правовинтовую антенну. Для преобразования энергии электромагнитной волны во вращательную энергию частицы, выполняется следующее условие  $\omega_{ci} \approx \omega_0$ , где  $\omega_{ci}$  – циклотронная частота ионов, а  $\omega_0$  – рабочая частота генератора.

Для диагностики выходных параметров БПРД используется диагностический комплекс, включающий в себя корпускулярные диагностики и микроволновую интерферометрию.

В работе приводится описание основных технических систем стенда Е-1. Представлены результаты обработки и анализа данных, полученных при помощи диагностического комплекса. В результате данной работы был проведен поиск оптимальных параметров создания и последующего нагрева плазмы.

### Литература

- [1]. Zhil'tsov V.A., Kulygin V.M. Fusion and Space //Physics of Atomic Nuclei. – 2019. – Т. 82. – №. 7. – С. 963-976.
- [2]. Takahashi K. Helicon-type radiofrequency plasma thrusters and magnetic plasma nozzles //Reviews of Modern Plasma Physics. – 2019. – Т. 3. – №. 1. – С. 1-61.
- [3]. Rapp J. et al. Performance of the plasma source and heating concept for the Prototype-Material Plasma Exposure eXperiment (Proto-MPEX). – MPEX Team, 2018. – №. IAEA-CN--258.

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