

## КАЛОРИМЕТР-ЗОНД ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ИСТЕКАЮЩЕГО ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА В БЕЗЭЛЕКТРОДНОМ ПЛАЗМЕННОМ РАКЕТНОМ ДВИГАТЕЛЕ <sup>\*)</sup>

Костриченко И.А., Брагин Е.Ю., Гусев С.С.

НИИ “Курчатовский институт”, [nrcki@nrcki.ru](mailto:nrcki@nrcki.ru)

Безэлектродный плазменный ракетный двигатель (БПРД) является разновидностью электрических ракетных двигателей, одной из отличительных особенностей которого является высокая плотность мощности, что в перспективе позволит использовать его для межпланетных перелетов. Принципиально БПРД состоит из трех блоков. В первом (геликонном источнике плазмы) по средствам поглощения рабочим телом вводимой ВЧ мощности происходит создание холодного плазменного потока. Во втором блоке созданный плазменный поток попадает в зону нагрева на ионном-циклотронном резонансе, где дополнительная ВЧ энергия вкладывается в циклотронное движение ионов. Третий блок представляет из себя магнитное сопло, которое формируется естественным образом на торце магнитной системы. Именно в нём в условиях спадающего магнитного поля происходит преобразование вращательной энергии ионов в энергию их продольного движения, которая и даёт нам основной вклад в скорость истекающего потока и тягу двигателя. Стоит задача исследования истекающего из БПРД плазменного потока. В данной работе предлагается использовать калориметр/зонд для оценки его параметров.

Калориметр для «улавливания» всего плазменного потока, а значит всей его энергии, должен представлять собой идеально черное тело, попадая в которое частицы плазменного потока, претерпевая множественные соударения со стенками, передают ему всю свою тепловую энергию, измерив которую, получаем мощность, переносимую плазменным потоком. Подав на корпус калориметра большой отрицательный потенциал относительно земли и измеряя текущий через него ток, получим полный ионный ток плазменного потока. Поделив одно на другое, получим среднюю энергию ионов.

Спроектирован и изготовлен калориметр следующей конструкции: он представляет собой медный цилиндр, радиус которого чуть больше радиуса плазменного шнура в месте измерения, дно калориметра выполнено в виде конуса, обращенного вершиной вовнутрь. Такая форма служит для того, чтобы частица, попавшая в калориметр, ударилась как минимум два раза о его стенки и отдала ему большую часть своей энергии. Таким образом, энергия теплового потока преобразуется в тепловую энергию калориметра, изменение которой мы и регистрируем. Так же такая конструкция обеспечивает достаточную откачку «погибшего» на стенках потока из калориметра.

Подключив калориметр по схеме одиночного зонда Ленгмюра, можно использовать его для измерения полного ионного тока плазмы. Учитывая высокие значения измеряемых токов, требуется использование мощного источника питания и специальной измерительной схемы. В нашем случае измерительная схема была реализована на основе датчика ACS715.

Калориметр/зонд также можно использовать для калибровки других плазменных диагностик. В данной работе мы использовали его для калибровки подвижного двойного зонда Ленгмюра.

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