ИЗМЕРЕНИЕ ТЯГИ МОЩНЫХ ЭРД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА [[1]](#footnote-1)\*)

Брагин Е.Ю., Веселовзоров А.Н., Казеев М.Н., Козлов В.Ф.

Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия, [Bragin\_EY@nrcki.ru](mailto:Bragin_EY@nrcki.ru)

Как известно, лабораторные модели стационарных и квазистационарных безэлектродных плазменных ракетных двигателей (БПРД) обладают большой массой и связаны с внешней конструкцией, поэтому широко известные тягомеры, используемые для определения тяги ЭРД, на основе крутильных весов и обратного маятника не представляются реализуемыми. В этом случае можно использовать тензометрические преобразователи силы давления плазмы на мишень [1]. Таким методом можно измерять силы давления, производимого потоком плазмы в диапазоне от 10-3Н до нескольких Ньютонов, пока имеет место линейность тензодатчика. Целью данной работы является определение возможностей измерения тяговых характеристик БПРД в диапазоне 0.01 – 1 Н с использованием тензометрической балки.

Схема устройства показана на рисунке 1. Мишень, перпендикулярная скорости потока плазмы, закреплена на конце стержня из оксида алюминия, в то время как противоположный конец стержня соединен с тензометрической балкой, на которой установлены четыре тензодатчика. Усилие, обусловленное набегающим на мишень потоком плазмы, создает крутящий момент, вызывающий деформацию балки. Полученные в результате измерения данные связаны с силой, действующей на мишень. Размер мишени и ее положение в потоке могут варьироваться, в результате позволяя определить радиальный профиль плотности тяги. При определенных предположениях полученные данные могут быть использованы для вычисления интегральной тяги ЭРД.

Испытания измерителя тяги на основе тензометрического сенсора были выполнены на стенде Е-1 с использованием стационарного плазменного двигателя СПД-100 мощностью разряда до 2.5 кВт. Проведено сравнение результатов, полученных с использованием тензометрических преобразователей силы, с традиционно используемым тягомером на основе крутильных весов с электромагнитной компенсацией. Использовался режим СПД-100 с тягой около 100 мН. Сравнение измерений, проведенное двумя рассматриваемыми методами, показало, что отличие результатов измерений составляет около 15%. Известно, что измерители тяги на основе крутильных весов имеют ошибку измерений тяги около 2%. Анализ показал, что неточности в измерении тяги тензометрическим тягомером связаны с проблемами интегрирования плотности тяги, определением направления вектора тяги и ионным распылением материала мишени. Приведены оценки влияния каждого из перечисленных эффектов на точность измерения тяги тензометрическим методом.

Рисунок 1. Тягомер на основе тензометрической балки. 1- поток плазмы, 2 – мишень, 3 – алундовый стержень, 4 – тензобалка, 5 – тензодатчики, 6, 7 – зажимы, 8 - консоль.

Литература

1. West M. D., Charles C., and Boswell R. W., “A high sensitivity momentum flux measuring instrument for plasma thruster exhausts and diffusive plasmas, ”Rev. Sci. Instrum. Vol.80, No. 5, 2009. doi: 10.1063/1.3142477

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Lt/en/EJ-Bragin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)