

ПЬЕЗО- И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ АКТУАТОРЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ВАКУУМНОМ ОБЪЁМЕ ИТЭР^{*)}

³Панкратьев П.А., ³Смирнова Е.П., ³Гук Е.Г., ³Раздобарин А.Г., ³Медведев О.С.,
³Елец Д.И., ³Букреев И.М., ³Толстяков С.Ю., ³Чернаков А.П., ³Климов В.Н.,
¹Чернаков П.В., ²Кириенко И.Д., ²Модестов В.С., ³Мухин Е.Е.

¹ООО «Спектрал-Тех», Санкт-Петербург, Россия

²СПбПУ Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

³ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

Внутри вакуумного объёма ИТЭР будут работать несколько десятков подвижных затворов, предотвращающих деградацию диагностических систем из-за напыления и распыления частицами из плазмы. Экстремальные, не встречающиеся в других установках, условия во внутривакуумном объёме ИТЭР такие как высокие температуры и значительный флюенс нейтронов в совокупности с мощным магнитным полем затрудняют применение электромагнитных приводов для перемещения затворов. Перспективным типом приводов считаются пьезодвигатели на основе высокотемпературной пьезокерамики. В докладе будут представлены два типа актуаторов, разработанных для диагностик томсоновского рассеяния и контроля эрозии, работающих на двух различных принципах: пьезодвигатель и биметаллический актуатор.

Эксплуатация пьезодвигателей в условиях ИТЭР затруднена из-за высоких доз облучения быстрыми нейтронами (> 0.1 МэВ) и гамма-квантами (> 0.1 МэВ), а также высоких рабочих температур, которые могут приводить к ослаблению и потере пьезоэлектрических свойств у используемых в моторе материалов. Компьютерное моделирование предсказывает флюенсы порядка 10^{19} см⁻² для быстрых нейтронов и гамма-квантов в предполагаемом месте установки привода шторки диагностики томсоновского рассеяния в ИТЭР за всё время его эксплуатации. Проведенные ранее испытания ультразвукового пьезомотора показали, что некоторые из существующих высокотемпературных пьезокерамик способны выдерживать необходимые дозы облучения [1,2]. Данный мотор обладает низким крутящим моментом и высокой скоростью вращения, а разработанный редуктор позволяет увеличить спектр выполняемых мотором задач.

Был изготовлен прототип затвора из стеклокерамики MACOR с комбинированной системой работы актуатора, состоящего из биметаллических пластин, соединённых переключкой и позволяющего работать в условиях вакуума как при наличии, так и в отсутствие магнитного поля. В отсутствие магнитного поля, актуатор приходит в движение благодаря нагреванию биметаллических элементов при помощи пропускания через них тока порядка 20 А. Цикл открытия/закрытия затвора в этом режиме составляет около 5 мин. В присутствии магнитного поля, актуатор приводится в движение благодаря силе Ампера, и время его срабатывания составляет несколько секунд. Для актуатора такого типа разработана система фиксации в открытом и закрытом положении, основные компоненты которой работают на том же принципе что и основной актуатор. Проведена адаптация конструкции актуатора для использования в диагностике контроля эрозии. В докладе представлены результаты испытаний данного затвора, включая испытания сейсмостойкости, удовлетворяющие требованиям ИТЭР.

Литература

- [1]. Mukhin E.E. et al., Fusion Eng. Des. **176**, 113017 (2022).
- [2]. Мухин Е.Е. и др., Письма в ЖТФ **48**(23), 6 (2022).

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)