

ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ФЛАНЦЕВ ВЕРХНИХ ПАТРУБКОВ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ ТОКАМАКА ИТЭР^{*)}

^{1,3}Саврухин П.В., ²Кузьмин Е.Г., ²Кедров И.В., ²Бондарь А.В., ¹Брыксин Д.А.,
²Кононов А.А., ²Воробьева М.С., ²Чайка П.Ю.

¹Частное учреждение ГК Росатом «Проектный центр ИТЭР», 123060, Москва, РФ,

²Акционерное общество «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», 196641, Санкт-Петербург, РФ

³НИЦ «Курчатовский Институт», 123182, г. Москва, Россия // Savrukhin_PV@nrcki.ru

Концепция сооружения токамака-реактора ИТЭР, предусматривающая поэтапную установку и регулярное плановое обслуживание внутрикамерных элементов, требует оборудования разъёмных высоковакуумных уплотнений парубков установки и диагностических вставок. В качестве первичной границы вакуума на внешней границе патрубков используются заглушки, интегрированные с компонентами диагностических вставок (уплотнительные фланцы), и временные перекрывающие пластины, используемые на начальной стадии проекта (заглушки). Граница вакуума обеспечивается с помощью кромоочного сварного соединения и, на определенный период работы установки, с помощью фланцев с эластичными (эластомер) и металлическими (Helicoflex) прокладками [1].

Уплотнительные фланцы и заглушки изготавливаются в соответствии с требованиями системы менеджмента качества (СМК) МО ИТЭР (класс качества QC-1) и вакуумными требованиями (класс VQC-1A), при допустимой величине протекания при испытаниях на вакуумную герметичность, не более 1×10^{-10} Па м³ с⁻¹. Температура прогрева уплотнительных фланцев 200 - 240 С. Использование металлических прокладок требует повышенную точность изготовления фланцев (отклонение размеров до +/- 0.5 мм, плоскостность до 0.4/1000 мм и шероховатость 0.8 мкм Ra (ISO4287) Max/Min = 1.0 / 0.4 мкм Ra.

Проектирование, изготовление и испытания элементов уплотнительных фланцев проводятся в соответствии с кодами и правилами RCC-MR 2007 [2]. Двойные фланцы с крепёжными элементами относятся к элементам, важным для ядерной безопасности, и классифицированы как PIC/SIC-1. Временные заглушки оснащены трубками, приваренными к внешней поверхности, и содержат воду под давлением (PED оборудование 1 категории, модуль A). В проекте используется два типа временных заглушек: Тип 1, предназначенный для уплотнения с эластомерными прокладками, которые используются на начальной стадии работы установки (не являются компонентами, важными для безопасности non-PIC), и Тип 2 – с металлическими прокладками, которые могут быть использованы на второй стадии работы и считаются элементами важными для безопасности (PIC/SIC-1). Крепежные элементы патрубков и диагностических вставок относятся к элементам, важным для безопасности, и классифицированы как PIC/SIC-2. Из-за высокого уровня наведенного излучения, а также значительного веса и габаритов, монтаж фланцев осуществляется с помощью систем дистанционного обслуживания (RH Class 3). В качестве основных конструкционных материалов уплотнительных фланцев используется нержавеющая сталь 304L и сплав Инконель 718.

Работы по изготовлению уплотнительных фланцев и заглушек производится в рамках Соглашения 1.5.P2B.RF.01.0 о поставках верхних патрубков вакуумной камеры ИТЭР в соответствии с утвержденными планами изготовления и контроля (МИП). Ключевые операции МИП освидетельствуются представителями ЧУ «Проектный центр ИТЭР» и МО ИТЭР с целью контроля соблюдения требований качества и ядерной безопасности. Разработка технологий изготовления уплотнительных фланцев и заглушек, а также опытное изготовление уплотнительных фланцев и заглушек осуществляется АО «НИИЭФА».

Работа выполнена при поддержке Росатом Госконтракт № Н.4а.241.19.24.1024 от 20.03.2024.

References

- [1]. Yu.Utin et al., Fusion Engineering and Design, Vol.98–99, 2015, p.1643.
- [2]. RCC-MR 2007 Design and Construction Rules for Mechanical components of nuclear installations edited by AFCEN, <http://afcenc.com/en/publications/rcc-mrx/69/rcc-mr-2007>.

*) [DOI – тезисы на английском](#)