

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 531.78

СТЕНД ДЛЯ ТЕРМОВАКУУМНЫХ
МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

© 2021 г. А. Н. Баженов, А. Н. Коваль, С. Ю. Толстяков,
Е. Е. Мухин, А. М. Дмитриев, Д. С. Самсонов

Поступила в редакцию 17.06.2020 г.

После доработки 20.06.2020 г.

Принята к публикации 21.06.2020 г.

DOI: 10.31857/S0032816220060191

Стенд предназначен для проведения механических испытаний узлов и компонентов в вакууме при повышенных температурах. Вакуумная камера для размещения образца имеет диаметр 0,4 и высоту 0,55 м. Рабочая температура — от комнатной до 800°C. Давление в камере — от 10^5 до 10^{-1} Па. Диапазон измерения механического момента от 0,01 до 20 Н·м.

Вакуумная камера состоит из стационарного основания с фланцами для откачки и электрических соединений и съемной куполообразной камеры. Фланец камеры имеет канавку и уплотняющее резиновое кольцо. Прижатие камеры к основанию обеспечивается воздействием внешнего атмосферного давления. Соединительный фланец и камера имеют принудительное водяное охлаждение. В нижней части основания располагается фланец ISO-250 с проходным сечением 250 мм для присоединения дополнительного оборудования. Съемная камера оснащена тремя оптическими окнами, прозрачными в инфракрасной области до 14 мкм, для проведения дистанционных измерений механических перемещений и бесконтактного измерения распределения температуры поверхностей.

Рабочее давление обеспечивается спиральным насосом ANESTIWATA ISP-1000 с минимальным остаточным давлением 0,3 Па (3 мБар) для режима отжига [1]. При подключении высоковакуумного насоса достигается вакуум 10^{-4} Па. Измерение давления осуществляется вакуумметрами Пирани Thugacont VSP 63DL с предельным измеряемым давлением 0,1 Па.

Нагрев испытываемого изделия обеспечивается излучением от ламп накаливания Osram HALOLINE PRO 2900 К суммарной мощностью до 2 кВт. Мощность регулируется с помощью коммерчески доступных регуляторов PLZ025 или лабораторных трансформаторов. Для равномерности нагрева и уменьшения потерь лучистой энергии излучатели и объект окружены экранами.

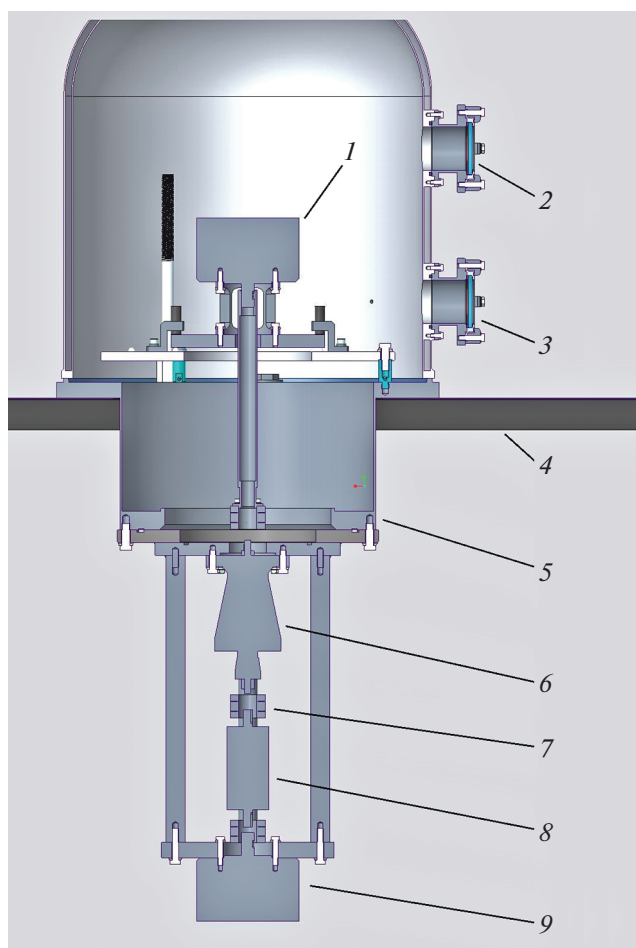


Рис. 1. Схема измерения механического момента и номинальной приемистости шагового двигателя. 1 — испытуемый двигатель; 2 — и.к.-окно (фторид бария) для наблюдения температуры двигателя; 3 — окно для видеосъемки; 4 — несущая рама; 5 — вакуумная камера с фланцами для откачки и электрических вводов; 6 — узел передачи вращения в вакуум; 7 — сильфонная муфта; 8 — измеритель крутящего момента; 9 — нагрузочное устройство.

ми. В случае исследования крупногабаритных объектов нагреватели помещались внутри них. Измерение температуры в восьми контрольных точках осуществляется с помощью платиновых датчиков Pt100 Heraeus LN222 и контроллера Овен ТРМ138 с разрешением 0.1°C. Бесконтактное измерение температуры поверхностей проводится пирометром Ortris CTlaser 3M и тепловизором Testo 885-2.

Измерение крутящего момента производится через ввод вращения с помощью измерителя Datum M425 с рабочим диапазоном от 0.01 до 20 Н · м, расположенного снизу от камеры вне вакуума. Для снижения требований к соосности валов двигателя и измерителя передача вращения выполнялась через беззазорные муфты R+W Antriebselemente BK1/30 с металлическим сильфоном. Типичная рабочая схема приведена на рис. 1. Стенд оснащен электрическим краном с кареткой для манипуляций с образцами и камерой.

Стенд был разработан для проведения испытаний внутривакуумных компонент термоядерного реактора ИТЭР [2]. Требования к условиям эксплуатации и, соответственно, испытаний опреде-

ляются документами ITER Vacuum Handbook [1]: рабочая температура — от 20 до 200°C, в диапазоне давление в камере — от 1 до 10⁻³ Па. Точностные и нагрузочные требования сформулированы в документе [3].

Помимо механических измерений, на стенде проводятся измерения, например, диэлектрических потерь в минеральной изоляции, испытания устройств для ввода лазерной мощности в плазму ИТЭР (оптические окна, зеркала).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ITER Vacuum Handbook. http://www.iter.ru/FusionCentre/htmlfiles/HAD/ITERDocs/ITER_Vacuum_Handbook_2EZ9UM_v2_3.pdf
2. ITER. <https://www.iter.org/>
3. DA Design Description Document (DDD) 55.C2-Edge Thomson Scattering. 2016. P44.

*Адрес для справок: Россия, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН.
E-mail: alexandre.bazhenov@gmail.com*