ТРАНСПОРТИРОВКА КОМПОНЕНТОВ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

1,2Саврухин П.В., 3Кузьмин Е.Г., 3Кедров И.В., 1Шестаков Е.А., 2Сидоренко И.А., 2Кирнев Г.С.

1НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, [psavrukhin@bk.ru](mailto:psavrukhin@bk.ru),  
2Частное учреждение «ИТЭР-Центр», г. Москва, Россия  
3Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры  
 им. Д.В. Ефремова, г. Санкт-Петербург, Россия

Вакуумная камера является одним из основных элементов термоядерного реактора и является первым барьером ядерной безопасности. Вакуумная камера обеспечивает экранирование от жёсткого гамма и нейтронного излучения плазмы, а также является основным структурным элементом, поддерживающим внутрикамерные элементы и модули бланкета. Вакуумная камера токамака ИТЭР представляет собой цельносварную двухслойную оболочку из нержавеющей стали с внутренними каналами для водяного охлаждения и нагрева в режиме предварительного прогрева [1]. Доступ внутрь вакуумной камеры осуществляется через шлюзовые камеры и патрубки. Из-за присутствия радиоактивных продуктов и конструкции с водяным охлаждением, вакуумная камера ИТЭР, включая патрубки, рассматривается как оборудование класса 1 важное для безопасности реактора (SIC/PIC) и классифицируется Ядерным регулятором Франции (АSN) как ядерное оборудование под давлением (NPE). В соответствии с требованиями норм ESPN, изготовление элементов вакуумной камеры, испытания и критерии приемки основаны на требованиях RCC-MR 2007 [2]. Оборудование вакуумной камеры на всех этапах изготовления проверяются Согласованным Нотифицированным Органом (ANB).

На примере поставки верхних патрубков вакуумной камеры ИТЭР [2] рассматриваются требования к тестированию ядерного оборудования под давлением на заводе изготовителе, анализируются условия транспортировки и хранения в соответствии с нормативами ESPN, и требованиями МО ИТЭР. Рассматриваются требования к составлению Плана транспортировки и Контролю состояния оборудования на всех этапах погрузки и перевозки. Анализируются различные варианты датчиков нагрузок в соответствии с требованиями к транспортировке ядерного оборудования под давлением.

Приводятся основные результаты транспортировки патрубка PSE12 вакуумной камеры ИТЭР, проведенной в соответствии с требованиями норм безопасности Ядерного регулятора Франции АSN. Приводятся результаты анализа нагрузок и состояния технических характеристик патрубка PSE12 на всех этапах погрузки и транспортировки.

Рассматриваются предварительные требования к транспортировке компонентов вакуумной камеры токамака ТИН.

Токамак ИТЭР классифицируется как ядерная установка «INB no.174».

Работа поддержана ГК Росатом (Государственный контракт № Н.4а.241.9Б.17.1001 от 31.01.2017 и № Н1/15471-Д от 28.09.2018).

Литература

1. C-H Choi et al., Status of the ITER vacuum vessel construction Fusion Engineering and Design 20145 89(7-8). DOI: 10.1016/j.fusengdes.2013.12.056.
2. RCC-MR 2007 Design and Construction Rules for Mechanical components of nuclear installations edited by AFCEN, http://afcen.com/en/publications/rcc-mrx/69/rcc-mr-2007.