РАСЧЁТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ, МЕХАНИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК УТОЧНЁННЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРХНИХ ПОРТОВ №№ 02 и 08

Модестов В.С., 1Листопад А.А., Логинов И.Н., Шагниев О.Б., Кириенко И.Д., 1,2Иванцивский М.В., Лобачёв А.М., Муртазин И.Р.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
 Санкт-Петербург, Россия, [vmodestov@spbstu.ru](mailto:vmodestov@spbstu.ru)  
1Институт Ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия,  
 [M.V.Ivantsivsky@inp.nsk.su](mailto:M.V.Ivantsivsky@inp.nsk.su)  
2Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, РФ

Проанализирована модернизированные конструкции верхних порт-плагов (ВПП) и опорных конструкций вневакуумной части портов №2 и №8. Разработаны детальные конечно-элементные модели ВПП с учётом нелинейного контактного взаимодействия диагностического защитного модуля с корпусом порт-плага. При анализе напряжённо-деформированного состояния (НДС) при проектных нагрузках учтены предварительные затяги болтов и шпилек, а также в составе общей расчётной модели учтены конструкции трубопроводов, питающих систему охлаждения.

Тепловой расчёт ВПП проводился с учётом данных нейтронного расчёта, произведённого на предыдущем этапе. Расчёт проводился для режима нормальной работы и режима прогрева. Произведены расчёты гидродинамических характеристик отдельных систем охлаждения порта с определением расходно-напорных характеристик. Впоследствии произведена оценка расходно-напорных характеристик порта в целом с учётом наличия дросселирующих устройств в гидравлической схеме порта.

Произведён расчёт сейсмической прочности линейно-спектральным методом на основании спектров ответа, полученных по результатам анализа Generic модели верхнего порта. В качестве входных спектров ответа использовались расчётные спектры в точках крепления порта к вакуумной камере. Средствами программного пакета Ansys был произведён спектральной плотности мощности интерфейсных воздействий. Результаты были взяты в точках крепления ВПП к порту и преобразованы в спектры ответа для линейно-спектрального анализа конструкции ВПП. Сейсмический расчёт вневакуумной части проводился на основании спектров ответа, приходящих в точку верхнего порта здания ИТЭР.

Вычислены распределения пондеромоторных сил в конструкции при различных сценариях срыва плазмы. Расчётная модель для проведения электромагнитных расчётов значительно уточнена, за счёт чего есть возможность проанализировать каждую деталь конструкции ВПП в отдельности и определить максимальные нагрузки, действующие на неё. На базе электромагнитного расчёта произведён анализ прочности конструкции ВПП и вневакуумной части под действием электромагнитных нагрузок.

Проанализированы возможные сценарии нарушений нормальных условий эксплуатации и аварийных ситуаций. Для необходимых сценариев проанализировано НДС и дана оценка соответствия условиям прочности.