ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ОПОРНЫХ РАМ ПОРТ-КАМЕРЫ И ОКОЛОПОРТОВОГО ПРОСТРАНСТВА ВЕРХНИХ ПОРТОВ ИТЭР

E.В. Александров2, И.В. Буслаков1, В.А. Вилькин3, А.А. Листопад3, А.В. Лукин1, В.С. Модестов1, А.В. Пивков1, И.А. Попов1, М.В. Иванцивский3,4

1Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,   
 г. Санкт-Петурбург, Россия, [vmodestov@spbstu.ru](mailto:vmodestov@spbstu.ru)  
2Проектный центр ИТЭР, г. Москва, Россия, [e.alexandrov@iterrf.ru](mailto:e.alexandrov@iterrf.ru)  
3Институт Ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия,   
 [a.a.listopad@inp.nsk.su](mailto:a.a.listopad@inp.nsk.su)  
4Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

Объектом исследования в данной работе являются опорные рамы порт-камеры и околопортовое пространство верхних портов №№ 2, 8 термоядерного реактора ИТЭР, который строится в исследовательском центре Кадараш на юге Франции.

В данной работе исследуется напряженно-деформированное состояние опорных рам. Основной задачей оборудования порта является диагностирование характеристик плазмы. Основной функцией опорных рам верхних портов является обеспечение жесткой фиксации размещаемых в порту диагностических модулей и диагностик.

Оборудование верхних портов будет эксплуатироваться в условиях значительных электромагнитных нагрузок и интенсивного потока высокоэнергетических нейтронов. При проведении прочностного расчета требуется учитывать все указанные нагружающие факторы, а также выполнить расчет прочности опорных рам под действием сейсмических нагрузок.

В работе проводится вычисление динамических электромагнитных нагрузок в отдельных узлах конструкции. Представленные расчеты выполнены численным моделированием с использованием программной системы ANSYS Maxwell и Mechanical. Представлено решение электромагнитной динамической задачи, в которой рассмотрен сценарий срыва плазмы с ее неуправляемым движением по вертикали (сценарий VDE — Vertical Displacement Event) «вверх». Исходными данными для этой задачи стали результаты, полученные с помощью симулятора на основе кода DINA, разработанного для моделирования эволюции равновесия плазмы токамака ИТЭР. Выполнена интерполяция исходных данных из комплекса DINA в среду расчета электромагнитных полей ANSYS Maxwell. Решена динамическая задача, где определена временная точка, в которой значения сил и моментов, возникающих при взаимодействии наведенных токов с магнитным полем ИТЭР, оказывают максимальное воздействие на конструкцию рам.

При исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) опорных рам происходит передача в задачу расчета НДС векторного распределения объёмных сил, полученного при электромагнитном анализе. Кроме того, в расчет НДС из теплового анализа передается распределение температуры в конструкции. По результатам расчета с указанными граничными условиями оценивается распределение эквивалентных напряжений, возникающих в конструкции, с последующими выводами о ее работоспособности по итогам проведенных расчетов. Расчет сейсмической прочности опорных рам осуществляется линейно спектральным методом с применением спектров ответа, полученных для областей крепления опорных рам к корпусу реактора для всех рассматриваемых типов землетрясений.