РАСЧЁТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАГРУЗОК НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НЕЙТРОННОЙ КАМЕРЫ ВЕРХНЕГО ПОРТА ТОКАМАКА ИТЭР

А.В. Звонков2, И.В. Буслаков1, М.В. Иванцивский3,4, В.С. Модестов1, А.В. Пивков1, С.А. Шиманский1, А.Б. Смирнов1, Г.Е. Немцев2, П.В. Усов3

1Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,   
 г. Санкт-Петурбург, Россия, e-mail: [vmodestov@spbstu.ru](mailto:vmodestov@spbstu.ru)  
2Проектный центр ИТЭР, г. Москва, Россия, e-mail: [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 является вертикальная нейтронная камера (далее — ВНК), входящая в состав верхнего порт-плага термоядерного реактора ИТЭР. На данный момент ИТЭР находится на стадии строительства в исследовательском центре Кадараш на юге Франции.

В данной работе исследуется напряженно-деформированное (далее — НДС) состояние ВНК. Для этого была разработана подробная конечно-элементная модель. Она включает в себя корпус, вольфрамовые пластины, детекторы, элементы системы охлаждения и область, заполненную керамическим карбидом бора. Для определения эффективных физико-механических свойств керамического карбида бора использовалась процедура гомогенизации.

ВНК в составе порт-плага будет эксплуатироваться в условиях высоких температур, значительных электромагнитных нагрузок и интенсивного потока высокоэнергетических нейтронов. При проведении прочностного расчета требуется учитывать все указанные нагружающие факторы.

В работе выполнялся нестационарный тепловой расчет. Исходные данные — значения объемного тепловыделения в конструкции. Они приняты на основании результатов нейтронного расчета. По итогам теплового анализа были определены области конструкции, в которых расчетная температура превышает допускаемую. Соответственно, были сделаны выводы о необходимости модернизации системы охлаждения.

В работе проводилось вычисление динамических электромагнитных нагрузок в отдельных узлах конструкции. Представленные расчеты выполнены методом численного моделирования с использованием программной системы ANSYS Maxwell и Mechanical. Представлено решение электромагнитной динамической задачи, в которой рассмотрен сценарий срыва плазмы с ее последующим неуправляемым движением. Исходными данными для этой задачи стали результаты, полученные с помощью симулятора на основе кода DINA.

При исследовании НДС ВНК происходит передача в задачу расчета НДС векторного распределения сил, полученного при электромагнитном анализе. В результате расчета определяется НДС конструкции в процессе срыва плазмы и делаются выводы о необходимости усиления коробчатой конструкции корпуса.

**Список авторов**

1. И.В. Буслаков, РФ, СПб, СПбПУ, buslakov\_iv@spbstu.ru
2. А.В.Звонков, РФ, Москва, ПЦ ИТЭР, a.zvonkov@iterrf.ru
3. М.В. Иванцивский, РФ, Новосибирск, ИЯФ СО РАН, M.V.Ivantsivsky@inp.nsk.su
4. В.С. Модестов, РФ, СПб, СПбПУ, vmodestov@spbstu.ru
5. Г.Е. Немцев, РФ, Москва, ПЦ ИТЭР, nemtsev@triniti.ru
6. А.В. Пивков, РФ, СПб, СПбПУ, pivkov@spbstu.ru
7. А.Б. Смирнов, РФ, СПб, СПбПУ, smirnov.ab@spbstu.ru
8. П.В.Усов, РФ, Новосибирск, ИЯФ СО РАН,
9. С.А. Шиманский, РФ, СПб, СПбПУ, Sergey.Shimansky@cadfem-cis.ru

CALCULATION MODELING OF THERMAL AND ELECTROMAGNETIC LOADS ON THE VERTICAL NEUTRON CAMERA COMPONENTS OF THE ITER UPPER PORT

A.V. Zvonkov2, I.V. Buslakov1, M.V. Ivantsivsky3,4, V.S. Modestov1, A.V. Pivkov1, S.A. Shimansky1, A.B. Smirnov1, G.E. Nemtsev2, and P.V. Usov3

1Saint Petersburg State Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia,   
e-mail: vmodestov@spbstu.ru   
2Project Center ITER, Moscow, Russia, e-mail: e.alexandrov@iterrf.ru  
3Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia, e-mail: [a.a.listopad@inp.nsk.su](mailto:a.a.listopad@inp.nsk.su)  
4Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

**List of authors**

* + - 1. I.V. Buslakov, RF, SPb, SPbPU, [buslakov\_iv@spbstu.ru](mailto:buslakov_iv@spbstu.ru)
      2. A.V. Zvonkov, RF, Moscow, PC ITER, a.zvonkov@iterrf.ru
      3. M.V. Ivantsivsky, RF, Novosibirsk, BINP SB RAS, M.V.Ivantsivsky@inp.nsk.su
      4. V.S. Modestov, RF, SPb, SPbPU, vmodestov@spbstu.ru
      5. G.E. Nemtsev, RF, Moscow, PC ITER, nemtsev@triniti.ru
      6. A.V. Pivkov, RF, SPb, SPbPU, pivkov@spbstu.ru
      7. A.B. Smirnov, RF, SPb, SPbPU, smirnov.ab@spbstu.ru
      8. P.V. Usov, RF, Novosibirsk, BINP SB RAS
      9. S.A. Shimansky, RF, SPb, SPbPU, Sergey.Shimansky@cadfem-cis.ru