МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ПЕРВОЙ СТЕНКИ РЕАКТОРА-ТОКАМАКА

Сычугов Д.Ю., Жилкин А.С.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия cmc@cs.msu.su

В течение последних двух десятилетий в ряде стран ведется проработка проектов следующего после ITER поколения установок типа токамак – нейтронных источников [1] и демонстрационных реакторов [2]. По мере проектирования таких установок пополняется список новых технических и научных проблем, которых не существовало на установках предыдущего и нынешнего поколений и которые неизбежно придется решать. В данном списке важное место занимает разработка такой конструкции первой стенки реактора, которая могла бы выдерживать идущие от термоядерной плазмы тепловые потоки. Предварительные оценки показывают, что без дополнительного охлаждения такую стенку сделать нельзя.

В данной работе проводится численный анализ принятого на сегодняшний день варианта конструкции первой стенки проектируемого реактора ТИН (термоядерный источник нейтронов) [2]. Рассматриваемая стенка имеет неоднородную структуру и состоит из составного слоя PFM (Plasma-Facing Material), представляющего собой набор ячеек, выполненных из тугоплавкого и теплоёмкого материала, и трубок-носителей охлаждающего агента. Стенка имеет конечную толщину, ее внутренняя сторона принимает на себя идущие из плазмы тепловые потоки, внешняя сторона соприкасается с бланкетом.

Авторами разработана новая двумерная усредненная модель баланса тепла, позволяющая учитывать особенности конструкции стенки. Модель включает в себя уравнения переноса тепла для двух типов трубок охлаждающей жидкости, текущей в противоположных направлениях, и уравнения теплопроводности для слоя PFM. При рассмотрении стационарного режима работы реактора на внутренней границе стенки ставится граничное условие второго рода (заданный постоянный тепловой поток, идущий от плазмы), а на внешней границе стенки ставится условие теплообмена с бланкетом реактора.

Работа поддержана грантами РФФИ № 17-07-00544 и № 17-07-00883.

Литература

1. G.M. Voss, S. Davis, A. Dnestrovskij, A. Kirk, P.J. Knight, M. Loughlin, M.H. O’Brien, D. Sychugov, A. Tabasso, H.R. Wilson. Conceptual design of a component test facility based on the spherical tokamak. //Fusion Engineering and Design, v. 83, 2008, p. 1648 – 1653,
2. B.V. Kuteev, E.A. Azizov, P.N. Alexeev, V.V. Ignatiev, S.A. Subbotin and V.F. Tsibulskiy. Development of DEMO-FNS tokamak for fusion and hybrid technologies. //2015, Nucl. Fusion 55 073035.