Анализ методов пассивного снижения магнитного поля для инжекторов нейтрального пучка ДЕМО-ТИН [[1]](#footnote-1)\*)

Клищенко А.В., Ананьев С.С., Длугач Е.Д.

НИЦ Курчатовский институт, Москва, РФ, [kliand@mail.ru](mailto:kliand@mail.ru)

Работа термоядерного источника нейтронов (ТИН) в стационарном режиме потребует нагрева плазмы и поддержания тока в ней с помощью инжекции пучков быстрых атомов. В проекте ДЕМО-ТИН [1] предполагается использование шести инжекторов, обеспечивающих мощность дополнительного нагрева до 30 МВт при энергии атомов 500 кэВ. В качестве прототипа для инжектора ДЕМО-ТИН может служить инжектор, детально разработанный для проекта ИТЭР, с сохранением компоновки инжектора, но изменениями отдельных компонентов - что вызвано отличием энергии и мощности пучка [2]. Внутри этих компонентов есть очень строгие ограничения на величину магнитного поля (плотность потока должна быть ниже некоторого значения вдоль пути движения ионов и ещё ниже в области нейтрализации) [3]. Для достижения этих характеристик в среде с высоким рассеянным полем из-за магнитной системы установки, включающей катушки полоидального и тороидального поля, центральный соленоид и непосредственно плазму, предусматривается дополнительная экранировка инжекторов. На данном этапе мы ожидаем, что предлагаемая конструкция позволит получить требуемые значения магнитного поля только путем пассивной экранировки инжектора(-ов) за счет корпуса, выполненного из ферромагнитного материала с высоким значением магнитной проницаемости.

Электромагнитный анализ эффективности такого экрана был выполнен с помощью 3D-моделрования с использованием кода ANSYS. Для этого была создана расчетная конечноэлементная модель ДЕМО-ТИН, включающая в себя вакуумный объем, в котором расположена вся электромагнитная система, включая ток в плазме, и один из 6 нагревных инжекторов. Были рассчитаны величины компонент магнитного поля на оси инжекции без экранирования области инжектора. Было показано, что вертикальная компонента поля Bz в области инжектора является максимальной и находится в диапазоне 300 Гс на входе (со стороны тора) до 150 Гс в другом конце не экранированного корпуса. Были рассмотрены варианты однослойного экранирования с применением различных материалов, и многослойных: двух- , трех- и четырехслойного с различной толщиной слоев и вакуумных зазоров между ними. Путем выбора оптимальных толщин слоев и вакуумных промежутков было получено подавление величины проекции вектора магнитной индукции на плоскости, перпендикулярные направлению пучка, до допустимых значений в области компонентов инжектора. Эти результаты будут использованы в дальнейшем при инженерном проектировании корпуса инжектора и атомопровода.

Работа поддержана Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт» (28.09.2020 № 1934а).

Литература

1. Y.S. Shpanskiy, “Progress in the design of the DEMO-FNS hybrid facility,” Nucl. Fusion, vol. 59, no. 7, p. 076014, Jul. 2019
2. S.S. Ananyev, E.D. Dlougach, A.I. Krylov, A. A.Panasenkov and B. V. Kuteev, Concept of Plasma Heating and Current Drive Neutral Beam System for Fusion Neutron Source DEMO-FNS — Physics of Atomic Nuclei, 2019, Vol. 82, No. 7, pp. 981–990, DOI: 10.1134/S1063778819070020
3. С.С. Ананьев, Е.Д. Длугач, Б.В. Кутеев, А.А. Панасенков, Моделирование и оптимизация системы нейтральной инжекции для проекта термоядерного источника нейтронов ДЕМО-ТИН — ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2018, т. 41, вып. 3, DOI: 10.21517/0202-3822-2018-41-3-57-79

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/Mu/en/AK-Klishchenko_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)