Разработка магнитной системы и системы формирования ионного пучка для протонного инжектора проекта DARIA [[1]](#footnote-1)\*)

Выбин С.С., Изотов И.В., Миронов Е.А., Палашов О.В., Скалыга В.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», Нижний Новгород, Россия

Уменьшение количества доступных нейтронных источников (связанное с выводом из эксплуатации исследовательских ядерных реакторов) приводит к уменьшению объема исследований и повышает их стоимость. С другой стороны, для обучения специалистов по работе с нейтронными пучками, разработки новых методик и проверки идей необходимы относительно недорогие компактные источники. В связи с этим был разработан проект компактного источника нейтронов DARIA (Dedicated to Academic Research and Industrial Application) [1]. Источник построен на базе линейного ускорителя протонов.

В данной работе рассматривается протонный источник как составляющая проекта DARIA. Ранее были успешно проведены испытания источника протонных пучков GISMO [2], который является газодинамическим ЭЦР ионным источником для различных приложений. За счет высокого энерговклада в плазму (полная мощность до 10 кВт в непрерывном режиме, удельная мощность до 200 Вт/см3) и высокой частоты нагрева (28 ГГц) обеспечивается формирование интенсивных ионных потоков с плотностью тока до 1,5 А/см2. В работе проводится оптимизация протонного источника для использования его в проекте DARIA.

Изменение магнитной системы направлено на ослабление требований к системе формирования ионного пучка. Магнитная ловушка состоит из набора постоянных магнитов NdFeB(N48) с радиальным или аксиальным направлением вектора намагниченности. Её можно полностью описать геометрическими параметрами составляющих частей. Таким образом была поставлена и решена задача поиска оптимальных параметров магнитной ловушки.

Задачами оптимизации системы формирования ионного пучка являются: снижение потерь пучка в экстракторе, улучшение его качества на входе в линейный протонный ускоритель. Для формирования протонного пучка используется трехэлектродная система экстракции (с дополнительным экранирующим электродом), дополненная магнитной линзой, необходимой для формирования слабо расходящегося пучка. При расчетах предполагается наличие компенсации пространственного заряда пучка на уровне 90%. Поставлена и решена задача о формировании протонного пучка с полным током не менее 100 мА с энергией 40 кэВ и с полным (доля пучка 95%) нормализованным эмиттансом менее 1 π мм мрад. При этом производится расчет формирования протонного пучка с плотностью тока на уровне сотен мА/см2. Расчеты формирования ионного пучка проводились с использованием пакета вычислительных программ IBSimu [3].

Литература

1. G. Kropachev, T. Kulevoy and A. Sitnikov. The Proton Linac for Compact Neutron Source Daria, *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2019, Vol. 13, No. 6, pp. 1126–1131.
2. Барабин С.В., Кропачев Г.Н., и др. Измерения эмиттанса газодинамического электронно-циклотронного резонансного источника ионов, *Письма в ЖТФ*, 2021, том 47, вып. 10, стр. 7
3. T. Kalvas, O. Tarvainen, T. Ropponen, et al. IBSIMU: A three-dimensional simulation software for charged particle optics, *Rev. Sci. Instrum.* 81, 02B703 (2010).

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Lt/en/ET-Vybin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)