система инжекции для нагрева плазмы токамака Т15-Мд [[1]](#footnote-1)\*)

Баркалов К.Е., Анашкин И.О., Баркалов Е.Е., Грибов А.А., Королёв В.Ф., Никулин В.А., Панасенков А.А., Петров В.С.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [Barkalov\_KE@nrcki.ru](mailto:Barkalov_KE@nrcki.ru)

В докладе представлена система инжекционного нагрева (СИН) плазмы создаваемого токамака Т15-МД, предназначенная для ввода пучков атомов водорода с энергией до 75 кэВ при максимальной суммарной мощности не менее 6 МВт. На первом этапе длительность импульса должна быть до 30 с, на втором предполагается удлинение импульса до 400 с (стационарный режим). СИН включает в себя три инжектора нейтральных атомов, каждый из которых оснащён двумя источниками ионов, компонентами внутри вакуумной камеры, такими как газовый нейтрализатор, отклоняющий остаточные ионы магнит, приёмник ионов, раздвижной приёмник атомов для диагностики пучка, крио-конденсационный насос, а так же соединяющим инжектор с камерой токамака атомопроводом с внутренним охлаждаемым лайнером. Работа инжектора обеспечивается системами низковольтного и высоковольтного электропитания с защитой ионных источников от пробоев, электропитания вспомогательного оборудования, системой напуска рабочего газа, устройствами водяного охлаждения ионных источников и компонентов тракта пучка, системой управления. С учётом перехода в практически стационарный режим все компоненты тракта, системы и устройства модернизируются для обеспечения новых требований. Ионный источник (ИИ) СТИС-1С [1] состоит из медной газоразрядной камеры (ГРК), обеспечивающей равномерную плотность тока ионов водорода на эмиссионной поверхности площадью 12х35 см2 на уровне 0,3 А/см2 [2], и изоляторного узла с многощелевой трёхэлектродной охлаждаемой ионно-оптической системой, который необходимо модернизировать для работы с напряжением до 75 кВ при ионном токе до 50 А. Рассмотрена экранировка участка тракта ионного пучка от ГРК до выхода из нейтрализатора от рассеянных магнитных полей токамака, которые могут достигать значения 150 Гс. Эффективность нейтрализации ионного пучка из ИИ, содержащего помимо протонов молекулярные ионы, составляет порядка 50%, следовательно, после нейтрализации и диссоциации молекулярных ионов в пучке имеются компоненты атомов и остаточных ионов с энергиями Е, Е/2 и Е/3. Рассмотрены требования к стабилизации высоковольтных напряжений на двух источниках инжектора и величины отклоняющего ионы магнитного поля для обеспечения полного перехвата на приёмнике всех компонентов ионов. Проведены расчёты эффективности транспортировки пучка до входа в камеру токамака и нагрузок на компоненты тракта как от основного пучка, так и от ионов, образующихся по тракту при ре-ионизации атомов на фоновом газе, и от атомов, получающихся при перезарядке остаточных ионов при их движении в отклоняющем магните. Наиболее нагруженными являются V-образные приёмники атомов и остаточных ионов, которые должны принимать пучки мощностью до 2,5 МВт в стационарном режиме при максимальной плотности мощности до 15 МВт/м2 на панели. Рассмотрены условия охлаждения всех компонентов.

Литература

1. А.Г. Барсуков, А.И. Крылов, А.Ю. Маркелов, А.А. Панасенков, В.А. Смирнов, Г.Н. Тилинин. «Разработка и экспериментальное исследование квазистационарного ионного источника СТИС-1», XL Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, 2013 г, сборник тезисов.
2. Баркалов К.Е., Баркалов Е.Е., Панасенков А.А. *«Измерение параметров плазмы в ГРК СТИС-1С»*, XLVI Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, 2019г., сборник тезисов докладов, стр. 193

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