РаСчет мощностных нагрузок от пучка на компонентах тракта инжектора и на стенке камеры токамака Т-15МД [[1]](#footnote-1)\*)

Баркалов Е.Е., Баркалов К.Е., Длугач Е.Д., Ерёмин В.А., Панасенков А.А.

НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия, Barkalov\_KE@nrcki.ru

В настоящее время проводятся работы по модернизации системы инжекции нейтральных пучков токамака Т-15МД. В качестве источника дополнительного нагрева плазмы в токамаке планируется использовать три инжектора энергичных атомов водорода, каждый с мощностью 2 МВт [1]. Система инжекционного нагрева (СИН) установки Т-15МД является глубокой модернизацией СИН «старого» токамака Т-15, многие элементы которой функционально не соответствуют современным требованиям, одним из которых является существенное увеличение длительности импульса до десятков, а затем и сотен секунд. При переходе в практически стационарный режим работы огромную роль начинают играть величины мощностных нагрузок на компоненты пучкового тракта инжектора. Если при работе в режиме коротких импульсов (на уровне 1 секунды) можно было упростить охлаждение компонентов, принимая во внимание их теплоёмкость и возможность остывания в паузах между импульсами, то теперь модернизированные конструкции компонентов должны обеспечивать их адекватное стационарное охлаждение.

В данной работе представлены результаты расчётов транспортировки пучков ионов и атомов с помощью кодов PDP и BTR [2, 3], на основе которых получены параметры пучка, входящего в плазму токамака, и мощностные нагрузки на компоненты тракта как от прямого перехвата пучка, так и от энергичных ре-ионов, образующихся по всему тракту вследствие ре-ионизации части нейтрального пучка при столкновениях быстрых атомов с молекулами фонового газа. Эти ре-ионы отклоняются рассеянным магнитным полем токамака в основном на стенки атомопровода, соединяющего инжектор с токамаком, и как показывают расчёты, они могут в зависимости от профилей магнитного поля и фонового газа давать локальные нагрузки с высокой плотностью мощности. Аналогично, часть выходящих из нейтрализатора остаточных ионов, отклоняемых магнитным полем электромагнита, по мере своего движения к приёмнику перезаряжается на фоновом газе с образованием энергичных атомов. На основе расчётных данных определены места установки охлаждаемых защитных элементов в камере инжектора и в атомопроводе и профили нагрузок на них.

Введённый в токамак нейтральный пучок не полностью захватывается в плазме, часть его проходит «насквозь» на стенку камеры. Проведены расчёты доли прошедшей мощности, которая зависит от плотности плазмы, энергии пучка, его размера и профиля на входе. Так как мощность вводимого пучка с одного инжектора может составлять до 2 МВт, то для неохлаждаемой стенки камеры определены ограничения на вводимую мощность в зависимости от параметров плазмы.

Литература

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. «Система инжекции для нагрева плазмы токамака Т-15МД», XLVIII Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, 15-19 марта 2021г. сборник тезисов докладов, стр. 69
2. 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 Серия ТС, 2018, 41 вып.3, 57–79.
3. Dlougach E.D. BTR code for NBI design and study. VANT Fusion Ser. 2021, 44, 68–79.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Mu/en/BB-Barkalov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)