Состояние программы развития технологий дополнительного нагрева и топливной инжекции в виде пучка быстрых атомов для ГССД в РФ [[1]](#footnote-1)\*)

1Ананьев С.С., 1Панасенков А.А., 1,2Кутеев Б.В.

1НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, [Ananyev\_SS@nrcki.ru](mailto:Ananyev_SS@nrcki.ru)  
2Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Программа развития гибридных систем синтез-деление (ГССД), предлагаемая НИЦ «Курчатовский институт», предусматривает создание стендовой базы для отработки технологий и их взаимной интеграции. Своевременное обеспечение специализированными стендами и квалифицированным персоналом позволит эффективно реализовать проект строительства ГРУ с тепловой мощностью до 500 МВт [1].

Задачи текущего периода включают обоснование выбора технологий топливного цикла (ТЦ) и гибридного бланкета, а также техническое проектирование источника термоядерных нейтронов ТИН-К и гибридной реакторной установки (ГРУ) для тестирования технологий, материалов и компонент ГССД. Работы координируются с федеральным проектом комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 года» (РТТН) ГК Росатом.

В результате работ до 2024 года планируется подготовить эскизный и технический проекты мульти-изотопного комплекса нейтральной инжекции с характеристиками ТИН-К и ГРУ, разработать и запустить в эксплуатацию физическую модель (стенд) системы формирования и транспортировки пучков быстрых атомов для исследований, направленных на определение эксплуатационных параметров, производительности вспомогательных подсистем, количества изотопов водорода в них и др. параметров системы нейтральной инжекции (СНИ) с использованием проектов ДЕМО-ТИН [2] и ТИН-СТ [3] как основы проектирования ТИН-К и ГРУ. Планируются анализ и обоснование безопасности технологических систем, а также обучение персонала для эксплуатации ГССД с запасом трития на площадке от 0,1 до 2,0 кг. Разрабатываемые системы инжекции нейтралов ориентированы на использование положительных ионов для ТИН-К с суммарной мощностью до 10 МВт и отрицательных ионов с мощностью до 40 МВт для ГРУ. Соответствующие потоки нейтральных атомов достигают от 3,7·1019 до 4,6·1019 1/с.

На более поздних этапах должны быть разработаны технические проекты СНИ [4 - 6] для ТИН-К и ГРУ, изготовлены макеты и проведена их совместная эксплуатация, в соответствии с исследовательской программой, нацеленной на эффективный отвод тепловых нагрузок с взаимодействующими с пучками и плазмой конструкций токамака, выбор оптимальной технологии формирования ионного пучка и разделение заряженных и нейтральных компонент пучка, оптимизацию архитектуры газового цикла, обоснование радиационной безопасности установки. Будут также описаны основные этапы составленной дорожной карты, ориентированной на запуск ТИН-К в 2030 и ГРУ в 2040 годах, и планируемые результаты совместного развития технологий СНИ как активного участника ТЦ ГССД.

Работа поддержана Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт».

Литература

1. Kuteev B.V. & Goncharov P.R. // Fusion Sci. Technol., vol.76, p.836–847, 2020.
2. Kuteev B.V., Shpanskiy Yu.S. et al //ВАНТ. Сер. Терм. синтез, т. 44, вып. 2, c. 7-14, 2021.
3. Kuteev B.V., Azizov E.A. et al. // Nucl. Fusion 51 (2011) 073013 (6pp).
4. Ананьев С.С., Длугач Е.Д. и др., ВАНТ. Сер. Терм. синтез, 2018, т. 41, вып. 1, с. 5.
5. Ananyev S.S., Dlougach E.D. et al // Fusion Engineering and Design 161 (2020) 112064.
6. Panasenkov A.A., Ananyev S.S., и др. // ВАНТ. Сер. Терм. синтез, 2021, 44 (2), 86–99.

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