

Наименование проекта
AP13068552 «Создание комплексной системы диагностики и контроля плазмы на основе бесконтактных и контактных методов измерения»
Конкурс
Конкурс на грантовое финансирование молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2022-2024 годы (Приказ Председателя Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан от «10» ноября 2021 года № 167-нж)
Научный руководитель
Чектыбаев Б.Ж., 1985 г.р., доктор философии (PhD) по специальности 6D072300 – «Техническая физика», ассоциированный профессор, Scopus Author ID: 56674771500, Researcher ID: F-5313-2019, ORCID ID: 0000-0003-4578-1798
Исследовательская группа
<ol style="list-style-type: none"> 1. Миниязов Арман Жанарбекович, 1987 г.р., доктор философии (PhD), Author ID в Scopus 57195102430, Researcher ID Web of Science P-7943-2018, ORCID ID https://orcid.org/0000-0002-2188-8075, Researcher ID in Publons P-7943-2018 2. Туленбергенов Тимур Рымбекович, 1985 г.р., магистр, Author ID в Scopus 55961123200, Researcher ID Web of Science R-1743-2017, ORCID ID https://orcid.org/0000-0002-1541-6231, Researcher ID in Publons R-1743-2017 3. Соколов Игорь Андреевич, 1987 г.р., магистр, Author ID в Scopus 56740171000, ORCID ID https://orcid.org/0000-0002-7665-4022 4. Кожаметов Ернат Абилхайырович, 1990 г.р., PhD, Author ID в Scopus 57221911547 ORCID ID https://orcid.org/0000-0002-6778-1898 5. Жанболатова Файния Қайырдықызы, 1994 г.р., PhD, Author ID в Scopus 57221914487, Researcher ID Web of Science A-5418-2019, ORCID ID https://orcid.org/0000-0002-4423-4349, Researcher ID in Publons A-5418-2019 6. Мухамедова Нурия Мейрамкановна, 1990 г.р., PhD, Author ID в Scopus 57191189373, ORCID ID https://orcid.org/0000-0003-4189-6539 7. Жүнісбек Сағынғали Андасбекұлы, 1994 г.р., Author ID в Scopus 57218952860, ORCID ID https://orcid.org/0000-0001-9824-3024 8. Жаксыбаева Айнур Алжаппаровна, 1989 г.р. 9. Ермаков Владимир Александрович, 1990 г.р. 10. Ильиных Станислав Алексеевич, 1993 г.р.
Краткая информация о проекте (цель, актуальность, ожидаемые результаты, полученные результаты, публикации, патенты)
<p>Цель: Создание комплексной системы диагностики и контроля плазмы на основе бесконтактных и контактных методов измерения с возможностью внедрения на токамаке КТМ.</p> <p>Актуальность: обусловлена необходимостью создания комплексной системы диагностики для получения качественных данных о взаимодействии плазмы с материалами на имитационном стенде ППУ с целью их дальнейшего применения для обеспечения эффективной эксплуатации казахстанского материаловедческого токамака КТМ.</p> <p>Ожидаемые результаты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Будет создана автоматизированная система зондовой диагностики локальных параметров плазмы. Будет разработан подвижный ввод цилиндрического зонда Ленгмюра перпендикулярно плазменному шнуру для измерения радиального распределения параметров плазмы. В систему будет интегрирован специальный блок развертки для снятия вольт-амперных характеристик (ВАХ) плазмы. Будет разработано программное обеспечение для автоматического режима обработки ВАХ и вывода параметров плазмы в режиме реального времени. 2) Будет создан автоматизированный диагностический комплекс для регистрации эмиссионных спектров и оценки плотности плазмы из различных областей плазменно-пучкового разряда в режиме реального времени.

3) Будет проведен комплексный детальный анализ характеристик плазмы на ППУ, полученных контактным и бесконтактным способами измерений. Данные измерения будут проведены в процессе экспериментальных работ по взаимодействию плазмы с поверхностью в режиме реального времени. Будут выданы рекомендации по внедрению и модернизации разработанного комплекса диагностических систем плазмы для проведения научно-исследовательских работ по испытанию материалов на токамаке КТМ.

Полученные результаты:

1) Создана автоматизированная система измерения и регистрации локальных параметров плазмы с использованием контактного метода (зондовая диагностика). Проведена разработка подвижного ввода цилиндрического зонда Ленгмюра для измерения радиального распределения параметров плазмы. Разработан подвижный ввод цилиндрического зонда Ленгмюра перпендикулярно плазменному шнуру для измерения радиального распределения параметров плазмы (акт № 12-230-02/106 от 01.08.2022 г.). Проведена интеграция пикоамперметра Keithley 6487 с функцией развертки в программный комплекс Trace Mode класса SCADA HMI информационно-измерительной системы имитационного стенда с плазменно-пучковой установкой, для снятия ВАХ плазмы (акт № 12-230-02/114 от 08.08.2022 г.). Разработана методика определения параметров плазмы с применением зондовой диагностики, которая включает в себя алгоритм измерения, регистрации, обработки экспериментальной ВАХ зонда и определения локальных параметров плазмы (температура электронов T_e , потенциал плазмы $\phi_{пл}$ и концентрация плазмы n_e).

2) Создан автоматизированный диагностический комплекс, который позволяет регистрировать эмиссионные спектры и параметры плотности плазмы из различных областей плазменно-пучкового разряда в режиме реального времени (акт №12-230-02/165 от 13.11.23 г.). Определена плотность плазмы в центральной области плазменного пучка методом оптической спектрометрии в среде водорода (протокол №12-230-02/125 от 31.08.2023 г.). Измерение эмиссионного спектра проводилось при разных режимах работы ППУ с вариацией параметров ускоряющего напряжения электронного пучка, потенциала коллектора и давления рабочего газа. Разработана методика по определению параметров плазмы с применением оптической спектрометрии (методика №12-230-02/435вн от 31.03.2023 г.). В данной методике изложены основы теории измерения уширения спектральных линий в результате эффекта Штарка, порядок подготовки диагностической системы и алгоритм оценки концентрации электронов

3) Проведен комплексный детальный анализ характеристик плазмы на ППУ, полученных контактным и бесконтактным способами измерений. Измерение эмиссионного спектра и ВАХ проводилось при максимальных значениях параметров плазмы ППУ вблизи взаимодействия с вольфрамом. Установлено, что оба разработанных метода, которые применялись в экспериментальной работе показывают схожие закономерности изменения концентрации плазмы от давления и отрицательного потенциала мишени. Наблюдается разница в значениях концентрации примерно в 15 раз между контактным и бесконтактным способом, что обусловлено областью измерения параметров плазмы и различием в физике измерений. Выданы рекомендации по внедрению и модернизации разработанного комплекса диагностических систем плазмы для проведения научно-исследовательских работ по испытанию материалов на токамаке КТМ.

Публикации и патенты по проекту:

Ключевые материалы исследований проекта опубликованы в следующих статьях, входящих в базы данных Web of Science и Scopus:

1 Chektybayev B.Zh., Skakov M.K., Tulenbergenov T.R., Sokolov I.A., Miniyazov A.Zh., Zhanbolatova G.K., Nauryzbayev R.Zh. Measurement of plasma parameters in the PBI using the Langmuir probe // Fusion Engineering and Design. – August 2024.– Vol. 205.– 114546.– doi: 10.1016/j.fusengdes.2024.114546 (Scopus, процентиль 68 Nuclear Energy and Engineering),

2 Chektybayev B., Zhunisbek S., Kashikbayev Ye, Duisen A., Sokolov I., Tulenbergenov T. First spectroscopic studies in the plasma-beam installation // Journal AIP Advances. – September 2024.– Vol. 14.– 095218.– doi: 10.1063/5.0224254 (Scopus, процентиль 51 General Physics and Astronomy).

Ключевые материалы исследований проекта опубликованы в следующих научных статьях, рекомендованных КОКСНВО:

1 Скаков М.К., Туленбергенев Т.Р., Чектыбаев Б.Ж., Соколов И.А., Миниязов А.Ж., Жанболатова Г.К., Наурызбаев Р.Ж. Измерение электронной температуры и концентрации плазмы на плазменно-пучковой установке с использованием электрического зонда // Вестник НЯЦ РК.– Декабрь 2023.– Выпуск 4.– doi: 10.52676/1729-7885-2023-4-5-13.

Патенты:

1 Получен патент РК на изобретение «Электромагнитная система управления пучком заряженных частиц» № 36874 от 02.08.2024, по заявке №2023/0378.1, бюллетень № 31.