

**Резюме проекта, выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
<no etapy №1>**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.619.21.0001 _

Тема: «Комплекс мероприятий по модернизации и развитию инфраструктуры уникальной научной установки «Сферический токамак Глобус-М» с целью доведения параметров до мирового уровня и увеличения числа пользователей уникальным научным оборудованием»

Приоритетное направление: Энергетика и энергосбережение

Критическая технология: Технология новых и возобновляемых источников энергии

Период выполнения: 15 августа 2014 г. – 31 декабря 2015 г.

Плановое финансирование проекта: 123,33 млн. руб.,

 Бюджетные средства 123,33 млн. руб.,

 Внебюджетные средства 0 млн. руб.

Получатель/Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Индустриальный партнер: не предусмотрено проектом

Ключевые слова: сферический токамак, модернизация электромагнитной системы, реверсивный источник питания, системы дополнительного нагрева плазмы, диагностический комплекс, защитные материалы

1. Цель проекта

Целью настоящего проекта является развитие уникальной научной установки «Сферический токамак Глобус-М». В результате выполненного комплекса работ должна быть создана новая электромагнитная система токамака, позволяющая увеличить магнитное поле и ток, протекающий через плазмы, в 2-2,5 раза до значений поля 1 Тл и тока плазмы 0,5 МА. В задачу работ входит модернизация источников питания для новой электромагнитной системы, дооснащение диагностического комплекса и систем дополнительного нагрева установки, создание ряда методик для диагностики плазмы и проведения плазменных экспериментов.

Программа научных исследований, проводимых с использованием УНУ, охватывает широкий круг проблем в области физики высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза, таких как взаимодействие плазмы с быстрыми сверхтепловыми частицами, взаимодействие плазмы с электромагнитным излучением, физика процессов в периферийной плазме и взаимодействие плазмы с поверхностью

2. Основные результаты проекта

На этапе №1 проводились работы по подготовке производства новой электромагнитной системы токамака Глобус-М. Основную проблему представляет намотка центрального соленоида для возбуждения тока плазмы. Соленоид наматывается по месту в два слоя на центральную колонну обмотки тороидального магнитного поля высокопрочным медным проводником сечением $20 \times 15 \text{ мм}^2$ с отверстием для водяного охлаждения. Длина двухслойной катушки примерно 1,3 м. Сила натяжения проводника при намотке превышает 500 кг. В процессе эксплуатации токамака ток в соленоиде изменяется в пределах $\pm 70 \text{ кА}$, а магнитное поле на оси достигает значения 8 Тл. Механическая нагрузка на соленоид приводит к заметной деформации катушки в продольном и радиальном направлении. По этой причине при намотке соленоида требуется обеспечить его свободное перемещение относительно основания. В рамках подготовки производства оригинальная технология была отработана в процессе изготовления полномасштабного прототипа соленоида. Прототип был намотан на сталь-

ную бобину. Правильный выбор съемных прокладок, уложенных по всей поверхности бобины, обеспечил зазор между бобиной и соленоидом толщиной 1 мм. Соленоид был удален с бобины без всяких повреждений и успешно прошел электрические испытания.

Начаты работы по реконструкции источников питания. Они направлены на создание реверсивного по току управляемого тиристорного модуля с повышенным выходным напряжением. Ток источника ± 70 кА. Источник питания будет подключен к центральному соленоиду новой электромагнитной системы. Начаты работы по модернизации систем дополнительного нагрева плазмы. Новый передающий тракт системы ниже-гибридной генерации тока позволит увеличить мощность излучения многоволноводной антенны до величины 300-400 кВт.

В рамках Программы научных исследований проведены первые оригинальные эксперименты по безындукционному поддержанию тока излучением на частоте 2,45 ГГц, вводимом в плазму с помощью много волноводной антенны. Разработаны две новые методики. Впервые на сферических токамаках проведены исследования спада тепловых потоков за пределами сепаратрисы с применением методов интегрально моделирования. На основе анализа диамагнетизма плазмы в омическом режиме впервые продемонстрирован изотопный эффект в величине времени удержания энергии в сферическом токамаке. Продемонстрирована повышенная аккумуляция водорода в образцах вольфрама, облученных плазменной пушкой.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

В настоящее время рассматривается вопрос о патентопригодности технологии намотки центрального соленоида, обеспечивающей зазор между витками и основанием.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Результаты выполненных на этапе №1 работ будут использованы для создания новой электромагнитной системы УНУ Глобус-М. Результаты исследования ширины спада тепловых потоков за сепаратрисой являются вкладом в международную базу данных. Данные облучения поверхности вольфрама с плазменными потоками важны для проектирования приемных диверторных устройств.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Технология изготовления прототипа центрального соленоида будет использована при намотке соленоида на центральную колонну ОТП. Применение данной технологии существенно повысит надежность эксплуатации модернизированной УНУ Глобус-М.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Коммерциализация проектом не предусмотрена

7. Наличие соисполнителей

На этапе №1 основными соисполнителями работ являлись ОАО «НИИЭФА», ЗАО «ИНТЕХМАШ», ООО ИФТ, все г. Санкт-Петербург, ОАО «Электровыпрямитель», г. Саранск.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук.

Директор, член - корреспондент РАН

А.Г.

Руководитель работ по проекту
гл. научн. сотр., д.ф.м.н.



М.П.


Забродский


Гусев В.К.