

# Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Энергоэффективность, энергосбережение и ядерная энергетика

**Тема:** Прикладные научно-технические разработки в обеспечение создания энергоблока мощностью 300 МВт с ультрасверхкритическими параметрами пара на базе угольных котлов с газовым перегревом пара и получением коэффициента полезного действия не менее 53%

**Соглашение 14.576.21.0049**  
на период 2014 - 2016 гг.

**Руководитель проекта:** Директор по науке  
Мильман Олег Ошеревич

**Получатель субсидии:** ЗАО НПВП «Турбоконт»

## Цели и задачи проекта

Реализуемый проект направлен на исследование наиболее значимых процессов и выработку оптимальных технических решений при создании экологически чистой высокотемпературной газопаротурбинной установки мощностью 300 МВт (ГПТУ-300) для энергоблоков с котлами на угольном топливе и газовым перегревом пара, а именно:

- оптимизацию тепловой схемы и параметров установки
- исследование работы высокотемпературной паротурбинной установки на парогазовой смеси, содержащей до 15-20% неконденсирующихся газов;
- разработку новых принципов проектирования высокоэффективных конденсаторов пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов;
- исследование экспериментального образца камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром;
- исследование экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов.

Целью настоящего проекта является создание научно-технического задела в области разработки:

- энергоблоков с ультрасверхкритическими параметрами пара, обеспечивающих КПД выработки электроэнергии не менее 53 %.
- высокотемпературных (1250/1450°C) охлаждаемых газопаровых турбин, работающих на смеси пара и продуктов сгорания газа в его среде для энергоблоков с котлами на угольном топливе .

## Ожидаемые результаты проекта

В результате выполнения работ будут получены следующие результаты:

- разработана оптимальная тепловая схема и параметры опытного образца высокотемпературной газопаротурбинной установки мощностью 300 МВт (ГПТУ-300) для энергоблоков с котлами на угольном топливе и газовым перегревом пара;
- созданы и исследованы экспериментальные образцы установки (технологически усовершенствованной высокотемпературной паровой турбины ВПТУ-100 для исследований на парогазовой смеси, содержащей до 15-20% неконденсирующихся газов; высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов; камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром; системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов, в частности  $\text{CO}_2$ , образовавшихся в процессе работы высокотемпературной газопаротурбинной установки);
- разработаны и экспериментально подтверждены научно-технические основы расчета и проектирования элементов новых высокоэффективных энергоустановок, базирующихся на газовом перегреве пара;
- разработан проект технического задания на опытно-конструкторские работы по теме: «Создание угольного энергоблока мощностью 300 МВт с ультрасверхкритическими параметрами пара, с газовым перегревом острого пара и промпергревом (1250/1450°C), с высокотемпературной охлаждаемой турбиной, обеспечивающего КПД выработки электроэнергии не менее 53% и утилизацию не менее 98%  $\text{CO}_2$  из отработавшей в турбине парогазовой смеси».
- разработан эскизный проект опытно-промышленного образца высокотемпературной (1000/1250°) газопаротурбинной установки мощностью 25 МВт, позволяющей в комплексе исследовать особенности совместной работы систем, входящих в ГПТУ-300;
- разработано технико-коммерческое предложение по созданию высокотемпературной газопаротурбинной установки мощностью 300 МВт;
- технико-экономическое обоснование на тему: «Перспективные высокотемпературные газопаровые турбины в территориальных генерирующих компаниях»;
- разработана система удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов с коэффициентом улавливания не менее 98%.

## Перспективы практического использования

Итогом проекта будет создание научно-технической базы для разработки энергоблока мощностью 300 МВт на параметры пара 35 МПа, 1250/1450°C с КПД не менее 53% .

Предлагаемые технические решения предназначены для дальнейшего продвижения в промышленность перспективных высокотемпературных газопаротурбинных установок с прямым сжиганием смеси топливо- кислород в среде водяного пара.

Такие установки с КПД не менее 53% составят конкуренцию парогазовым установкам (ПГУ) по двум принципиально важным показателям: более низкой стоимости и существенно лучшим экологическим показателям за счет системы утилизации неконденсирующихся газов, прежде всего  $\text{CO}_2$ .

Потребителями научно-технических результатов проекта являются энергомашиностроительные предприятия, а их продукции – территориальные электрогенерирующие компании как в России, так и за рубежом.

Высокий коэффициент полезного действия в сочетании с меньшими капиталовложениями, лучшими экологическими характеристиками – главные аргументы в пользу широкого внедрения установок в энергетику, масштабы которой практически безграничны.

Кроме того, предлагаемый новый тип энергоустановок перспективен для внедрения в воздухонезависимых подводных аппаратах неатомных подводных лодках.

По уровню решаемых технических задач проект относится к созданию принципиально новой продукции.

## Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

На основе разработанной эскизной конструкторской документации созданы экспериментальные образцы высокотемпературной паротурбинной установки (ВПТУ) при работе на парогазовой смеси с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов; высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов; камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром; системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов, а также стенды для их исследований.



Стенд ВПТУ для экспериментальных исследований работы турбины на парогазовой смеси, с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов



Стенд для испытаний экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов



Стенд для экспериментальных исследований экспериментального образца камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром



Стенд для экспериментальных исследований экспериментального образца высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов

Разработаны программы и методики проведения исследований созданных экспериментальных образцов.

По результатам исследований опубликованы статьи и подана заявка на полезную модель:

- Клименко А.В., д.т.н., профессор, член-корр. РАН; Мильман О.О., д.т.н., профессор; Шифрин Б.А. к.т.н. «Высокотемпературная газопаротурбинная установка на базе комбинированного топлива» в международном журнале «Теплоэнергетика» № 11 2015г., стр. 1–10;

- Прибатурин Н.А., Мильман О.О., Богомолов А.Р., Шевырев С.А., Азиханов С.С. «Горение смеси метан-кислород в среде перегретого водяного пара атмосферного давления» Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. №12, Т.326, 2015г.

- заявка на полезную модель №2015119614 от 26.05.2015г. «Высокотемпературная паротурбинная установка» авторы: Мильман О.О., Шифрин Б.А.

Проводились подготовительные мероприятия по использованию уникальной научной установки – опытного образца ВПТУ-100.

## Партнеры проекта

Индустриальный партнер - Открытое акционерное общество "Калужский турбинный завод", крупнейший производитель оборудования для малой и промышленной энергетики, финансовая поддержка индустриального партнера составляет 1,02 млн. рублей

Соисполнители проекта :

- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ";
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана" (Калужский филиал);
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского";
- Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное внедренческое предприятие "Турбоконт-н"