

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

### «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.576.21.0049

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%»

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Критическая технология: Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе

Период выполнения: 26.08.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 52.625 млн. руб.

Бюджетные средства 41.80 млн. руб.,

Внебюджетные средства 10.825 млн. руб.

Получатель: Закрытое акционерное общество Научно-производственное внедренческое предприятие "Турбокон"

Индустриальный партнер: ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "КАЛУЖСКИЙ ТУРБИННЫЙ ЗАВОД"

Ключевые слова: ТУРБИНА, КОНДЕНСАТОР, НЕКОНДЕНСИРУЮЩИЕСЯ ГАЗЫ, АБСОРБЦИЯ, МАКЕТ, КОМПРЕМИРОВАНИЕ.

#### 1. Цель проекта

- Создание научно-технического задела в области разработки энергоблоков с ультрасверхкритическими параметрами пара, обеспечивающих КПД выработки электроэнергии не менее 53 %.
- Создание научно-технического задела в области разработки 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. Задача ПНИ состоит в исследовании наиболее значимых процессов и выработке 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:
  - оптимизация тепловой схемы и параметров установки
  - исследование высокотемпературной паротурбинной установки на парогазовой смеси, содержащей до 15-20% неконденсирующихся газов;
  - разработка 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.

#### 2. Основные результаты проекта

На 2 этапе выполнены следующие работы:

- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец высокотемпературной паротурбинной установки (ВПТУ) при работе на парогазовой смеси с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов;
- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов;
- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром;
- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов;
- разработана эскизная конструкторская документация на стенд ВПТУ для экспериментальных исследований работы турбины на парогазовой смеси, с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов;

- разработана эскизная конструкторская документация на стенд для экспериментальных исследований экспериментального образца высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов;
- разработана эскизная конструкторская документация на стенд для экспериментальных исследований экспериментального образца камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром;
- разработана эскизная конструкторская документация на стенд для экспериментальных исследований экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов;
- проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96;
- разработаны, собраны и налажены системы регистрации параметров стенда для экспериментальных исследований экспериментального образца высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов;
- разработаны, собраны и налажены системы регистрации параметров стенда для экспериментальных исследований экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов;
- подготовлена заявка на охраняемый документ.

По результатам исследований в редакцию международного журнала «Теплоэнергетика» подана статья 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».

Проведенные научные исследования базируются на новаторских разработках, защищенных патентами на объекты интеллектуальной собственности.

В процессе работы использованы современные методы исследований: математическое 3D-моделирование, компьютерные системы сбора и обработки информации.

Научные результаты, полученные на разработанных экспериментальных образцах 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, будут вполне оригинальными в научном плане.

Прикладная направленность исследований позволит использовать их результаты для проектирования натуральных элементов энергоблока мощностью 300 МВт с ультравысокими параметрами пара на базе угольных котлов с газовым перегревом пара.

Экспериментальные образцы высокотемпературной паротурбинной, высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов и камеры сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром созданы впервые и не имеют мировых аналогов.

Финансирование работ производилось за счет средств субсидий – 4,725 млн. руб., а также за счет привлеченных собственных средств предприятия – 4,002816 млн. руб. Объем выполненных работ соответствует техническому заданию и второму этапу Плана-графика Соглашения о предоставлении субсидий № 14.576.21.0049 от 26.08.2014г.

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

Полезная модель, заявка №2015119614 от 26.05.2015г. «Высокотемпературная паротурбинная установка», РФ.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

Технические решения предназначены для дальнейшего продвижения в промышленности перспективных высокотемпературных газопаротурбинных установок с прямым сжиганием смеси топливо - кислород в среде водяного пара. Потребителями научно-технических результатов проекта являются энергомашиностроительные предприятия, а их продукции – территориальные электрогенерирующие компании, как в России, так и за рубежом.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

Разрабатываемые 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  $\text{CO}_2$ . Стоимость снижается за счет сокращения числа агрегатов с двух-трех для парогазовых установок до одного в предложенном проекте. Выбросы уменьшаются за счет утилизации  $\text{CO}_2$  в количестве 15÷20 % от расхода пара. Кроме того, вдвое уменьшается тепловое загрязнение окружающей среды. 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 воздухо-независимых подводных аппаратах и неатомных подводных лодках. По уровню решаемых технических задач проект относится к созданию принципиально новой продукции.

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Результаты ПНИ планируется использовать на опытно-промышленном образце высокотемпературной (1000/1250 °С) газопаротурбинной установке мощностью 25 МВт, на которой будет исследована и отлажена совместная работа всех систем применительно к созданию ГПТУ-300 МВт. Внедрение угольных энергоблоков мощностью 300 МВт с ультрасверхкритическими параметрами пара с газовым перегревом пара и промперегревом (1250/1450 °С) с высокотемпературной охлаждаемой турбиной, обеспечивающих КПД выработки электроэнергии не менее 53 % и утилизацию не менее 98 % CO<sub>2</sub> обоснован тем, что эта технология имеет лучшие в мире технико - экономические характеристики по использованию газообразного или жидкого топлива. Коммерциализация проекта будет осуществляться индустриальным партнером ОАО «Калужский турбинный завод» - один из основных производителей паровых турбин в России.

## 7. Наличие соисполнителей

На втором этапе в 2015 году к работам над проектом привлекались следующие соисполнители:

- Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственной внедренческое предприятие «Турбокон-н».
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского».

Закрытое акционерное общество Научно-производственное внедренческое предприятие "Турбокон"

\_\_\_\_\_ генеральный директор

(должность)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ Карпунин А.С.

(фамилия, имя, отчество)

### Руководитель работ по проекту

\_\_\_\_\_ директор по науке

(должность)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ Мильман О.О.

(фамилия, имя, отчество)

**М.П.**