

**Резюме проекта (ПНИ), выполняемого в рамках ФЦП  
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»  
по этапу № 1**

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 техника

Критическая технология: Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии

Период выполнения: 26.08.2014 г. – 31.12.2016 г.

Плановое финансирование проекта: 54 125 000 (пятьдесят четыре миллиона сто двадцать пять тысяч) руб.

Бюджетные средства: 43 300 000 (сорок три миллиона триста тысяч) рублей.

Внебюджетные средства: 10 825 000 (десять миллионов восемьсот двадцать пять тысяч) руб.

Исполнитель: Закрытое акционерное общество Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон».

Индустриальный партнер: ОАО «КТЗ»

Ключевые слова: турбина, конденсатор, неконденсирующиеся газы, абсорбция, макет, компремирование.

### **1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

- 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°С) охлаждаемых газопаровых турбин, работающих на смеси пара и продуктов сгорания газа в его среде для энергоблоков с котлами на угольном топливе.

### **2. Основные результаты проекта**

2.1 Выполнены промежуточные и заключительные отчеты о ПНИ:

- проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ, изучено 35 источников за период 2009 – 2014 гг.;
- выполнены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96;
- разработаны и исследованы варианты возможных решений задачи;
- выбран оптимальный вариант решения задачи;
- выполнен анализ работы турбины на смеси водяного пара и неконденсирующихся газов (НКГ), в том числе с конденсацией пара и удалением НКГ на выходе;
- разработана концепция создания угольного энергоблока мощностью 300 МВт с ультрасверхкритическими параметрами пара, с газовым перегревом пара, обеспечивающего КПД выработки электроэнергии не менее 53 %;
- проведены исследования условий конденсации движущегося пара из парогазовой смеси при низких давлениях;
- исследованы конструкции атмосферных и вакуумных конденсаторов с большим содержанием неконденсирующихся газов;
- проведены исследования условий и параметров, обеспечивающих высокую полноту сгорания  $\text{CH}_4\text{-O}_2$ ;
- исследованы конструкции камер сгорания для  $\text{CH}_4\text{-O}_2$  в смеси с водяным паром;
- проведены исследования условий и параметров, обеспечивающих высокую степень абсорбции углекислого газа;

- исследованы конструкции устройств, обеспечивающих высокую степень абсорбции углекислого газа;
- разработаны принципы проектирования высокоэффективных конденсаторов пара с большим (до 15-20 %) содержанием неконденсирующихся газов;
- разработана 3D модель течения парогазовой смеси в проточной части высокотемпературной газопаротурбинной установки;
- разработана схема высокотемпературной (1000/1250 °С) газопаротурбинной установки мощностью 25 МВт;
- оптимизированы параметры элементов схемы высокотемпературной (1000/1250 °С) газопаротурбинной установки мощностью 25 МВт, обеспечивающей получение КПД не менее 51 %;
- приобретены оборудование, измерительная аппаратура, материалы и комплектующие для изготовления стенда для исследований экспериментального образца высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20 %) содержанием неконденсирующихся газов;
- приобретено оборудование, измерительная аппаратура, материалы и комплектующие для изготовления стенда для исследований экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов;
- приобретены материалы и комплектующие на создание экспериментального образца высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20 %) содержанием неконденсирующихся газов;
- приобретены материалы и комплектующие на создание экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов.

По результатам исследований подготовлена к опубликованию статья Леонтьев А.И., академик РАН, Мильман О.О., д.т.н., профессор «Потери давления при течении и конденсации сред внутри труб и каналов» в журнале «Письма в Журнал технической физики» том 40, выпуск 24, 2014 г., стр. 69-77.

На этом этапе проводились подготовительные мероприятия по использованию уникальной научной установки – опытный образец ВПТУ-100. В целях популяризации результатов проекта в сентябре 2014 г. руководителем проекта д.т.н. профессором Мильманом О.О. был сделан доклад на семинаре в ОИВТ РАН на тему «Высокотемпературная паротурбинная установка на природном газе». В докладе изложены преимущества выбранной в ходе выполнения проекта схемы высокотемпературной газопаротурбинной установки с вакуумным конденсатором и устройством утилизации CO<sub>2</sub>.

Финансирование работ производилось за счет средств субсидий – 13,3 млн. руб., за счет привлеченных средств – 3,325 млн. руб. Объем выполненных работ соответствует техническому заданию и первому этапу Плана-графика Соглашения о предоставлении субсидий № 14.576.21.0049 от 26.08.2014 г.

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

На данном этапе охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности (РИД) не получено.

### **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 CO<sub>2</sub>.

Стоимость снижается за счет сокращения числа агрегатов с двух-трех для парогазовых установок до одного в предложенном проекте. Выбросы уменьшаются за счет утилизации CO<sub>2</sub> в количестве 15÷20 % от расхода пара. Кроме того, уменьшается тепловое загрязнение окружающей среды, поскольку удельный расход пара на 1 кВт установленной мощности в высокотемпературной газопаровой турбине в ≈ 2 раза меньше, чем у существующих установок.

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 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 испытать на опытно-промышленном образце высокотемпературной (1000/1250 °С) газопаротурбинной установке мощностью 25 МВт, на которой будет исследована и отлажена совместная работа всех систем 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> из отработавшей в турбине парогазовой смеси гарантирован тем, что эта технология имеет лучшие в мире технико-экономические характеристики по использованию газообразного или жидкого топлива. С учетом значительной изношенности основных средств электрогенерирующих компаний России ежегодно может внедряться 2-3 энергоблока мощностью 300 МВт, каждый из которых стоит свыше 20 млрд. руб. Коммерциализация проекта будет осуществляться индустриальным партнером ОАО «Калужский турбинный завод» - один из основных производителей паровых турбин в России.

## 7. Наличие соисполнителей

В 2014 году к работам над проектом привлекались следующие соисполнители:

- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (Калужский филиал);
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»;
- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева».


ЗАО НПВП «Турбокон»

Генеральный директор

Руководитель работ по проекту,  
Директор по науке, д.т.н., профессор



  
\_\_\_\_\_ А.С. Карпунин

  
\_\_\_\_\_ О.О. Мильман