

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям
развития научно-технологического комплекса России на 2014 -
2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного
контракта:** 14.576.21.0049

Название проекта: 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%

Основное приоритетное направление: Энергоэффективность,
энергосбережение, ядерная энергетика

Исполнитель: Закрытое акционерное общество Научно-производственное
внедренческое предприятие "Турбоконт"

Руководитель проекта: Мильман Олег Ошеревич

Должность: директор по науке

E-mail: turbocon2@kaluga.ru

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

Цель 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 CH₄-O₂ 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 (1250/1450оС) охлаждаемых газопаровых турбин,
работающих на смеси пара и продуктов сгорания газа в его среде для
энергоблоков с котлами на угольном топливе.

Основные планируемые 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 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 промперегревом (1250/1450°C), с высокотемпературной охлаждаемой турбиной, обеспечивающего КПД выработки электроэнергии не менее 53% и утилизацию не менее 98% 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%.

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

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 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.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

Найденные технические решения предназначены для дальнейшего продвижения в промышленность 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.

Результаты настоящих 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 с целью создания газопаротурбинной установки 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 CO₂ не менее 98 %, обосновано тем, что примененная в них технология имеет лучшие в мире технико - экономические характеристики по использованию газообразного или жидкого топлива.

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 CO₂. Снижение стоимости достигается за счет сокращения числа агрегатов с двух-трех для парогазовых установок до одного в предложенном проекте. Выбросы уменьшаются за счет утилизации CO₂ в количестве 15÷20% от расхода пара. 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.

Текущие результаты проекта

Выполнены следующие работы.

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.

Разработана концепция создания угольного энергоблока мощностью 300 МВт с сверхкритическими 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; параметров, обеспечивающих высокую полноту сгорания $\text{CH}_4\text{-O}_2$ и высокую степень абсорбции углекислого газа;

Разработаны принципы проектирования высокоэффективных конденсаторов пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов; 3D модель течения парогазовой смеси в проточной части высокотемпературной газопаротурбинной установки; схема высокотемпературной (1000/1250°C) газопаротурбинной установки мощностью 25 МВт.

Оптимизированы параметры элементов схемы высокотемпературной (1000/1250°C) газопаротурбинной установки мощностью 25 МВт, обеспечивающей получение КПД не менее 51%.

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.

Разработаны программы и методики проведения исследований созданных экспериментальных образцов.

По результатам исследований опубликованы статьи:

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;

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.

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