



Исследования и разработки  
Москва 2016

Приоритетное направление:  
**Энергоэффективность, энергосбережение и ядерная энергетика**

Программное мероприятие:  
**1.2 Проведение прикладных научных исследований для развития отраслей экономики**

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

Соглашение № 14.576.21.0049 от 26 августа 2014 г. на период 2014 - 2016 гг.

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 %»

Руководитель проекта:

директор по науке, д.т.н., профессор – Мильман Олег Ошеревич

### Получатель субсидии

Закрытое акционерное общество  
Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон»

### Индустриальный партнер

Открытое акционерное общество "Калужский турбинный завод"

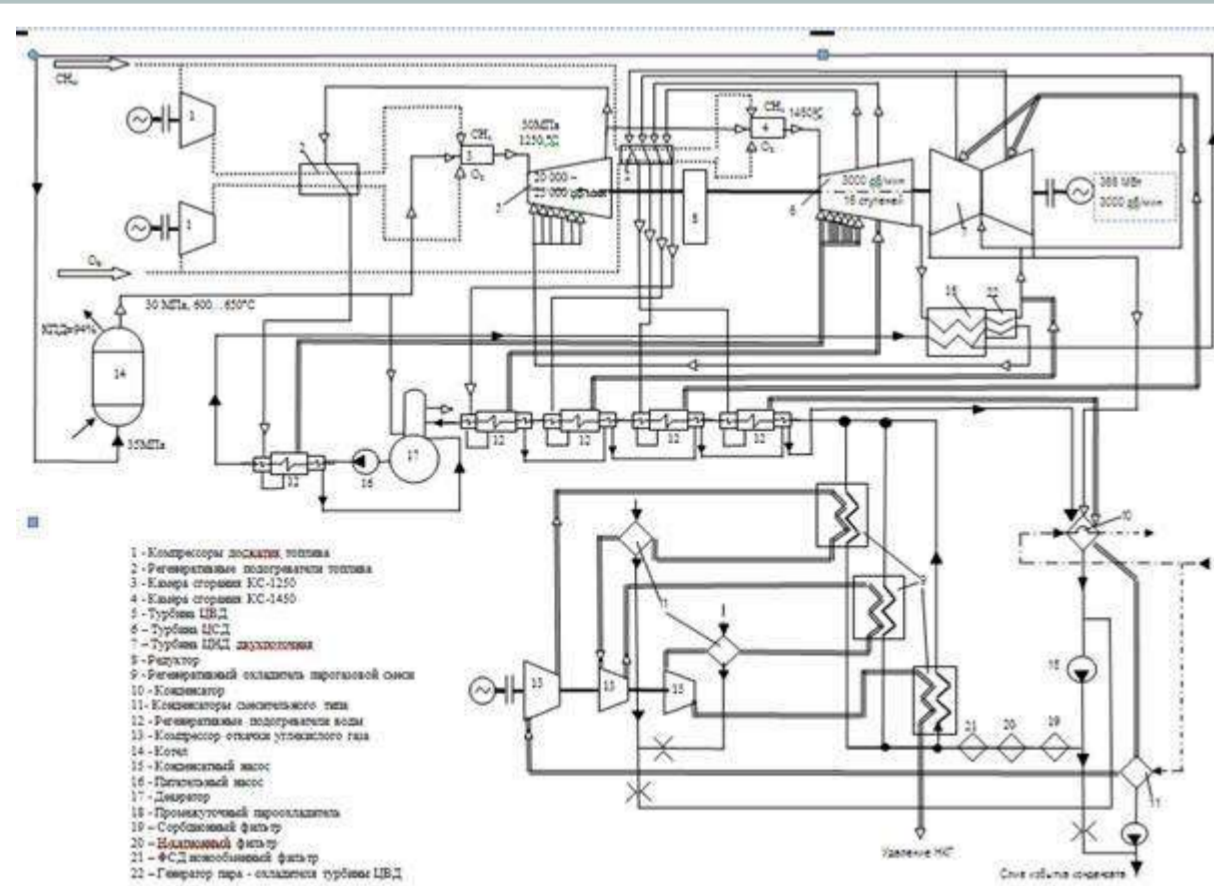
Производство турбин

Производитель разработанных энергокомплексов

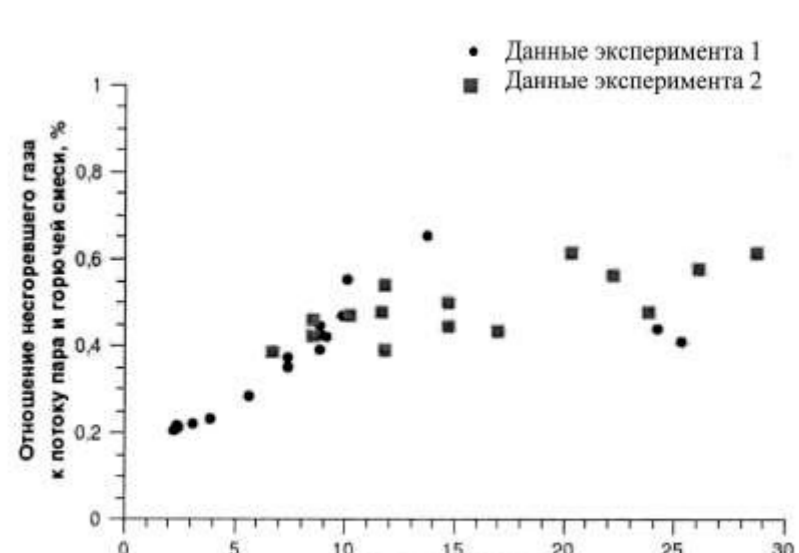
### Результаты проекта

На основе проведенных исследований получены следующие результаты:  
-разработана схема и проведены оптимизация параметров опытного образца высокотемпературной газопаротурбинной установки мощностью 25 МВт на температуру 1000/1250°C, подтвержден коэффициент полезного действия установки 51%;  
- разработаны принципы проектирования высокоэффективного конденсатора пара из парогазовой смеси с содержанием НКГ до 20%;  
- разработаны технико-экономическое обоснование и техническое задание на опытно-конструкторские работы по созданию высокотемпературных газопаротурбинных установок (ГПТУ) мощностью 300 МВт с котлом на угольном топливе и газовым перегревом пара до 1250/1450°C, а КПД не ниже 53% и утилизацией CO<sub>2</sub> на выходе из ГПТУ.  
На заключительном пятом этапе работ проведено обобщение результатов исследований и получены следующие данные:  
- Коэффициент теплопередачи в конденсаторе парогазовой смеси с содержанием до 20 % неконденсирующихся газов составил не менее 2400Вт/м<sup>2</sup>К при скорости воды 1,5 м/с;  
- степень утилизации CO<sub>2</sub> в абсорбере системы удаления неконденсирующихся газов достигает 98 % при наличии в смеси до 20 % паров воды;  
- выявлены важные составляющие процесса горения смеси CH<sub>4</sub> – O<sub>2</sub> в среде водяного пара: установлено, что в присутствии паров H<sub>2</sub>O имеет место процесс образования водорода в диапазоне температур смеси 600÷800°C;  
- КПД разработанных установок ГПТУ-25 составляет 51%, а ГПТУ-300 составляет не менее 54% (нетто) при утилизации выбросов CO<sub>2</sub> в окружающую среду.

### Результаты проекта



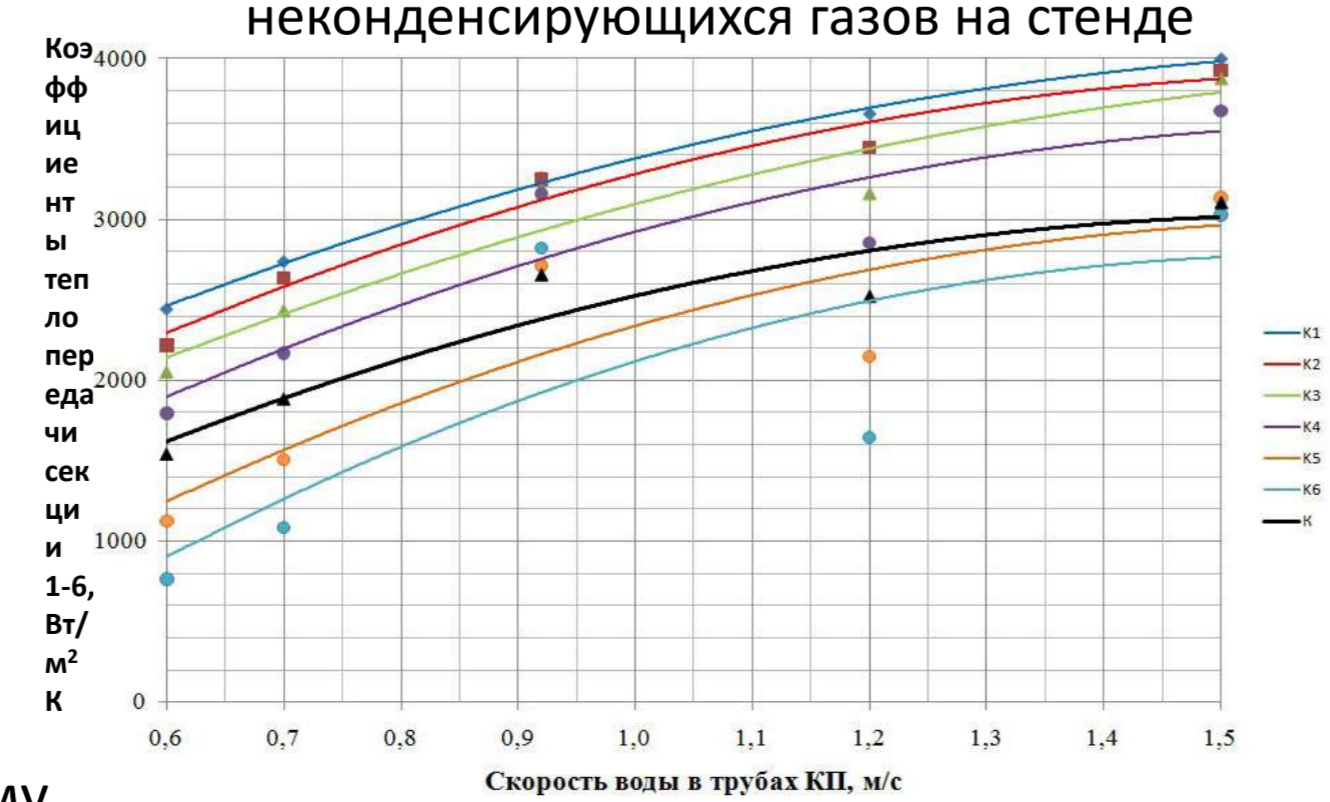
Тепловая схема ГПТУ-300 – двухвальный вариант



Отношение несгоревшего газа к суммарному потоку в зависимости от доли горючей смеси в камере сгорания



Экспериментальный образец высокоэффективного конденсатора пара с большим (до 15-20%) содержанием неконденсирующихся газов на стенде



Зависимость коэффициента теплопередачи в конденсаторе от скорости охлаждающей воды (Q=Q<sub>потока</sub>, массовая концентрация НКГ Σ=10%)

### Цели и задачи проекта

Цели работы:

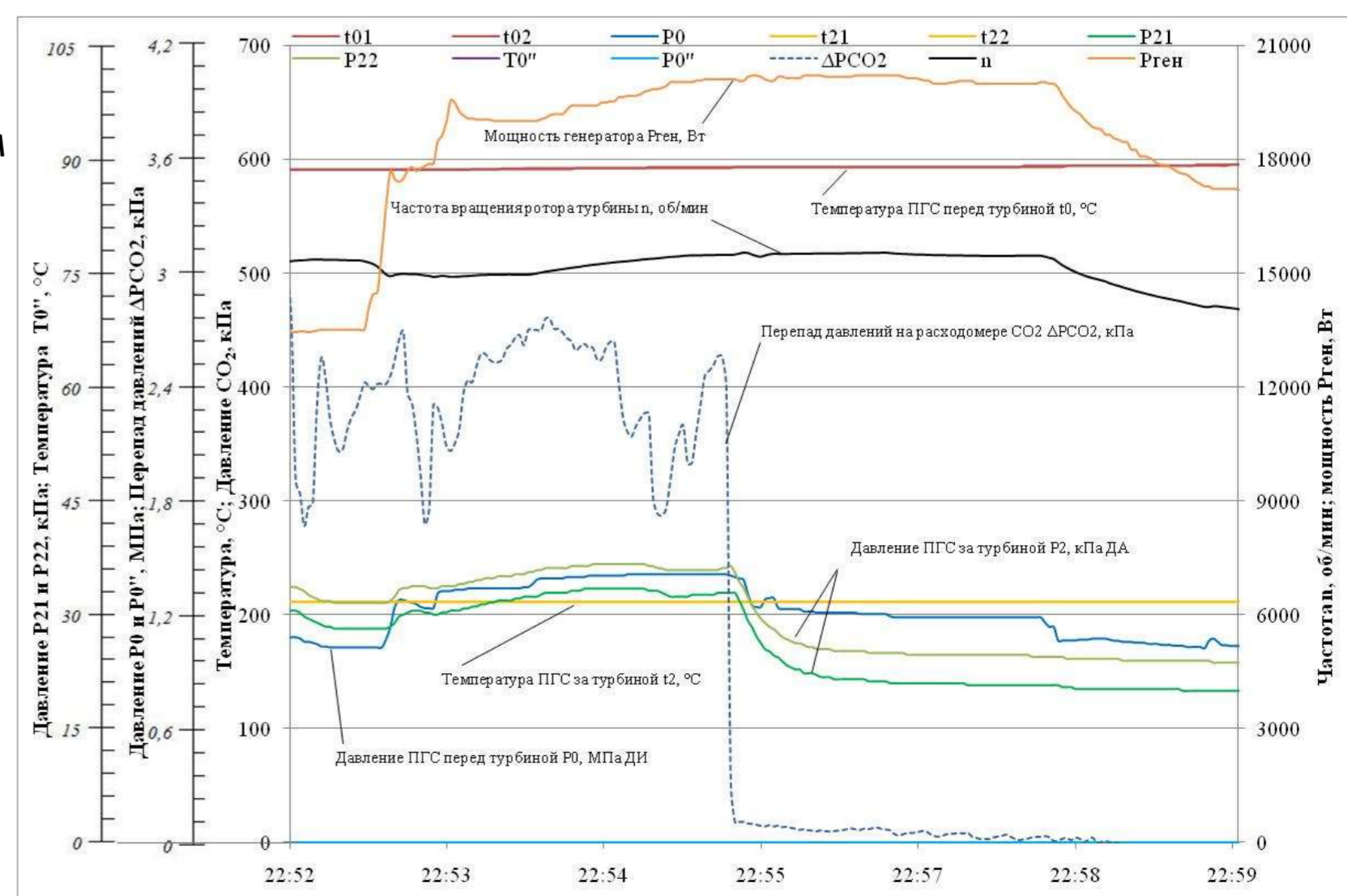
- создание научно-технического задела в области разработки энергоблоков с ультрасверхкритическими параметрами пара, обеспечивающих КПД выработки электроэнергии не менее 53 %;
  - создание научно-технического задела в области разработки высокотемпературных (1250/1450°C) охлаждаемых газопаровых турбин, 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 CH<sub>4</sub>-O<sub>2</sub> в смеси с водяным паром;
  - исследование экспериментального образца системы удаления и подготовки к утилизации неконденсирующихся газов.

### Перспективы практического использования

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.



Экспериментальный образец камеры сгорания CH<sub>4</sub>-O<sub>2</sub> в смеси с водяным паром на стенде



Работа турбины при изменении концентрации CO<sub>2</sub>