



**Государственная Дума
Федерального Собрания Российской Федерации
Комитет по энергетике**



Комитет Государственной
Думы по энергетике

Круглый стол

«Углеродный след – Как достичь климатической нейтральности?»

21 декабря 2021 г.

**БЕСКОМПРЕССОРНЫЕ ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ
НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ —
ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕХОДА К ЭНЕРГЕТИКЕ
БЕЗ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ**

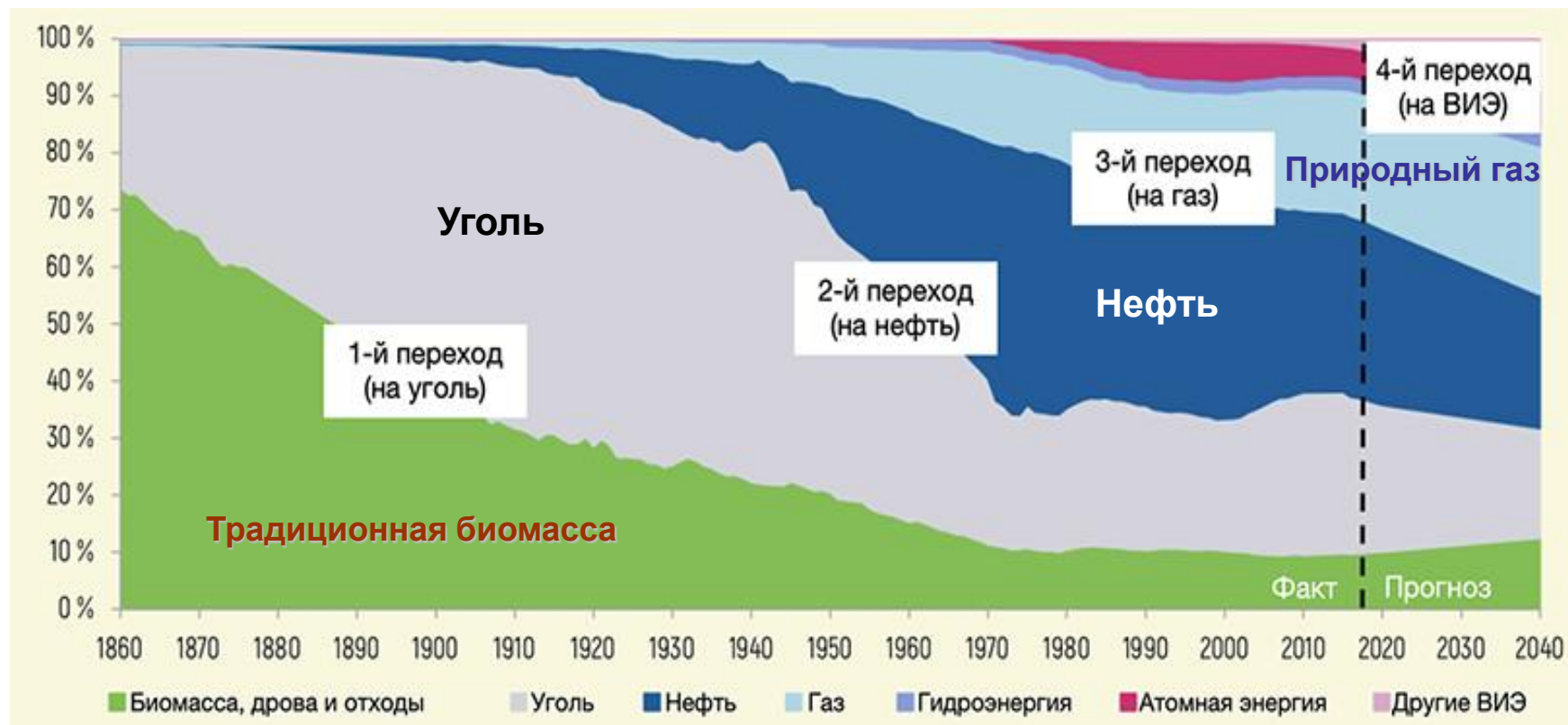
д.т.н. Попель О.С., д.т.н. Косой А.С



Объединенный институт высоких температур РАН

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

Энергетические переходы, как правило, сопоставляются со сменой используемых в мире преобладающих **первичных источников энергии (ПИЭ)**



ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ

1. Четкие временные границы ЭП определить сложно.

2. «Теоретики» ЭП начало ЭП определяют как момент времени, когда достигается 10% сокращение доли рынка определенного энергоресурса за 10 лет.

Если применить этот критерий к мировой энергетике, то IV ЭП в мире уже начался: доли НВИЭ в мировом энергетическом балансе и в производстве электроэнергии превысили 10%, а в ряде стран-лидеров достигли несколько десятков процентов. В 2020 г на НВИЭ пришлось 83% вновь введенных электрогенерирующих мощностей в мире. Суммарная установленная мощность энергоустановок на (без ГЭС) сегодня более 20% суммарной мощности всех действующих в мире энергоустановок.

3. ЭП в разных странах проходили с разными темпами и разными сроками. Сегодня далеко не все страны подошли, экономически и технологически готовы к началу IV ЭП.

4. Продолжительность ЭП – весьма длительная: не одно десятилетие.

5. Принципиальная особенность IV ЭП:

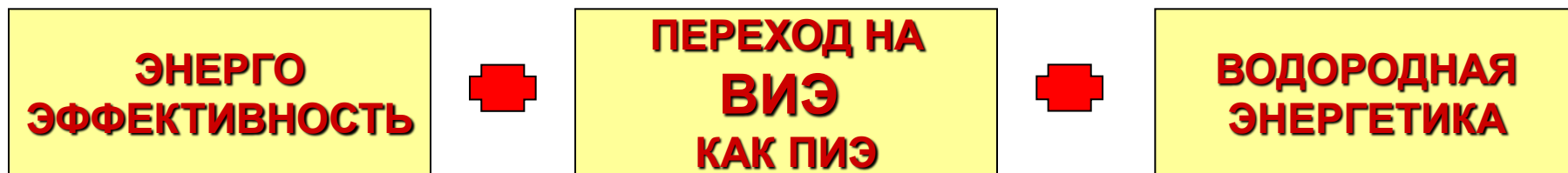
- Если предыдущие ЭП происходили естественным путем (на основе конкуренции альтернативных ПИЭ и технологий их использования), то сегодня странами-лидерами, большинство из которых ставят задачу снизить свою зависимость от импорта энергоресурсов, ко всем странам выдвигается требование «принудительно-добровольного» (обусловленного «необходимостью декарбонизации мировой экономики» и для многих стран не во всех аспектах экономически приемлемого) ускорения IV ЭП.

- Для принуждения к ускорению ЭП ведущими странами предполагается введение экономических мер воздействия на другие страны, в частности, путем различного рода санкций и трансграничного углеродного налога на энергоносители и продукцию с «углеродным следом».

6. Россия сегодня стоит перед выбором стратегии поведения в отношении IV ЭП!

IV ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД (КОНЦЕПЦИЯ ВЕДУЩИХ СТРАН МИРА)

КЛЮЧЕВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ IV ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА



ЦЕЛЬ: Декарбонизация мировой экономики

1. Повышение энергоэффективности экономики – естественный путь снижения потребления природных ресурсов и уменьшения вредных выбросов.
2. Использование ВИЭ как ПИЭ также обеспечивает снижение выбросов CO_2 .
3. Включение водорода как нового энергоносителя в перспективную энергетику, базирующуюся преимущественно на ВИЭ, логически обосновано возможностью его использования как эффективного накопителя энергии и экологически чистого вторичного источника энергии, компенсирующего недостатки ВИЭ (нерегулярность и др.), а также идеей перехода в будущем к экологически чистой **«водородной экономике»**: при наличии H_2 с использованием имеющихся в изобилии в природе C , CO_2 и N_2 можно относительно легко и без **дополнительных** выбросов CO_2 в атмосферу получать электричество, тепло, холод для промышленности и ЖКХ, топливо для транспорта и большинство необходимых химических продуктов, отказавшись от использования нефти, природного газа и угля – источников выбросов CO_2 , по крайней мере, в энергетике

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

ЭНЕРГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Резервы по повышению энергоэффективности российской экономики и энергетики огромны. Это – приоритетнейшее направление снижения потребления энергии и выбросов парниковых газов, но предмет отдельного доклада и рассмотрения.

ПЕРЕХОД НА ВИЭ КАК ПИЭ

Переход на ВИЭ как основные ПИЭ для России в ближайшие десятилетия неактуален как по климатическим, так и, прежде всего, **по экономическим причинам**. Принятая в стране программа развития ВИЭ отвечает задаче предотвращения технологического отставания и освоения передовых технологий, ориентированных на экспорт. Использование ВИЭ в России актуально для удаленных территорий вне сетей централизованного энергоснабжения. Доля ВИЭ в энергетическом балансе страны вряд ли превысит несколько процентов к 2040-50 году.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

В связи с низкими темпами развития возобновляемой энергетики в России идеализированная схема построения «водородной экономики» в обозримое время не реализуема.

Развитие водородных технологий в России актуально с позиций:

- возможного **экономически оправданного** экспорта водорода в ЕС, Японию, Ю.Корею и др. страны для минимизации ожидаемых потерь от снижения экспорта энергоресурсов,
- развития научно-технологического потенциала страны в области современных водородных технологий, создания импортозамещающих производств электролизного оборудования для различных отраслей промышленности, водородных топливных элементов, востребованных в спецтехнике, автономной и индивидуальной энергетике.

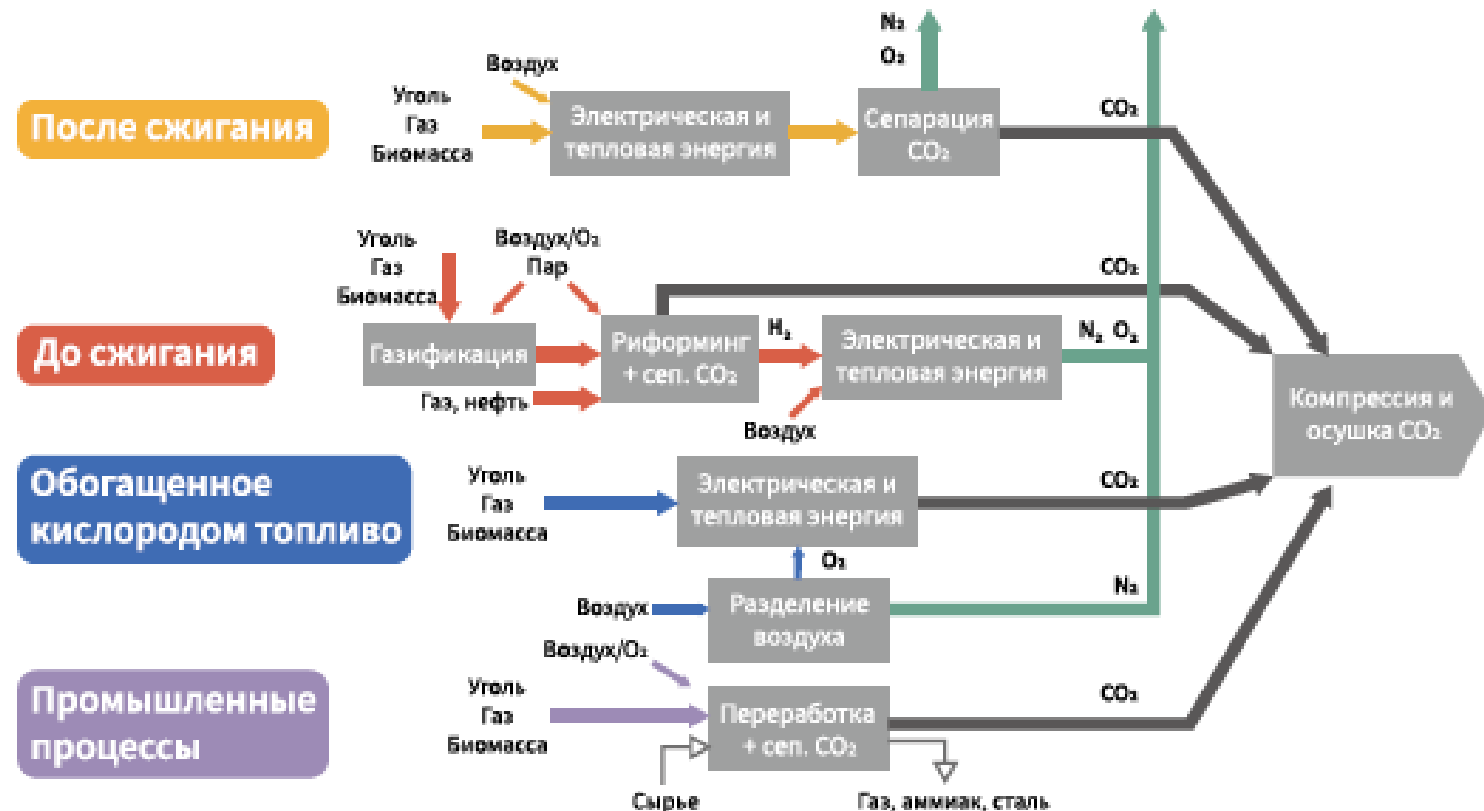
Другие технологии декарбонизации энергетики – CCUS!

Решение проблемы декарбонизации в соответствии с принятыми Россией международными обязательствами должно осуществляться, **в первую очередь**, на основе разработки и внедрения экономически обоснованных технологий утилизации CO₂, выбрасываемого электростанциями на органическом топливе и промпредприятиями с его последующим захоронением и/или использованием в нефтедобыче и химических производствах. Требуется разработка и создание принципиально новых объектов энергетики на органическом топливе, исключаящих выброс CO₂ в атмосферу с продуктами сгорания, а вывод его из цикла в удобной для последующего захоронения и/или использования (**технологии CCUS – carbon capture, utilization and storage**).

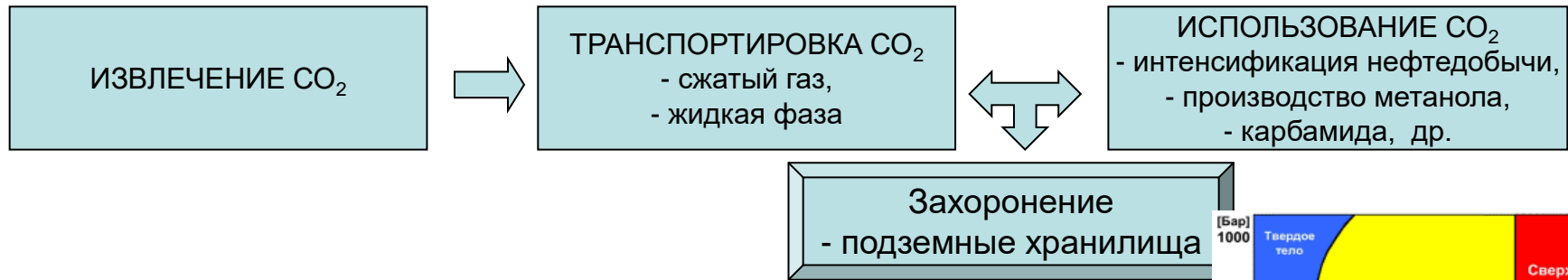
ВЫВОД: Возобновляемая энергетика и водородная энергетика (ориентированная на экспорт водорода) требуют развития, но задачи декарбонизации российской энергетики в обозримой перспективе не решат!

Наиболее приемлемый для России путь – **освоение новых энергетических технологий на органическом топливе с использованием CCUS**

Варианты улавливания CO₂

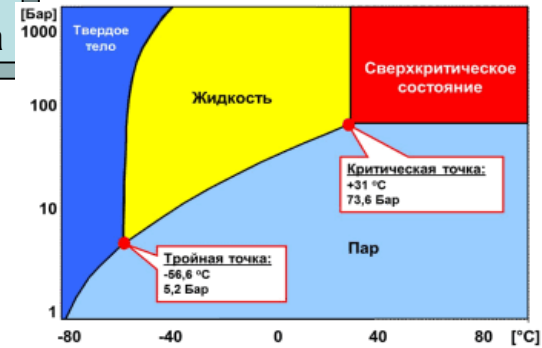


О технологиях извлечения и утилизации CO₂ (CCUS)

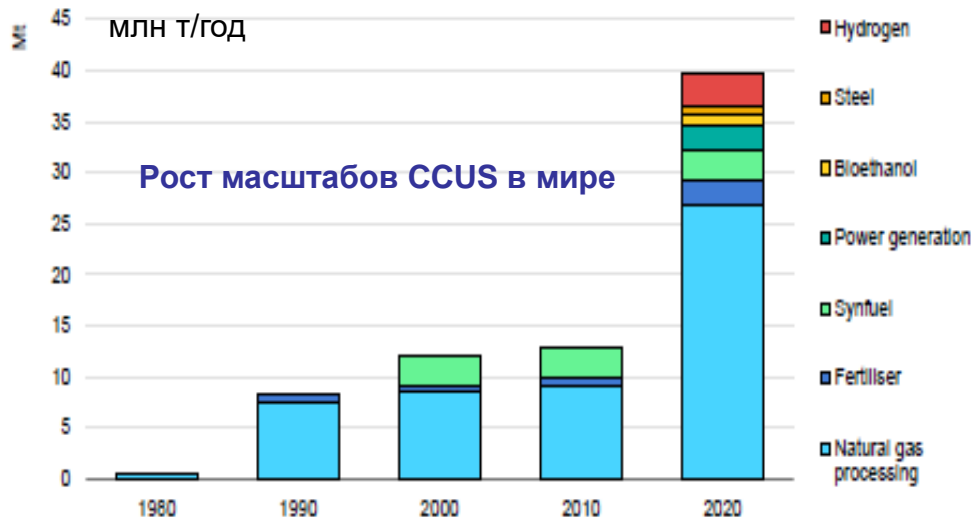


Технологии CCUS - Carbon Capture Utilisation and Storage – активно развиваются в мире.

В контексте IV ЭП они могут позволить решить проблему декарбонизации как в сочетании с технологиями использования ВИЭ и водородной энергетики, так и независимо от них.

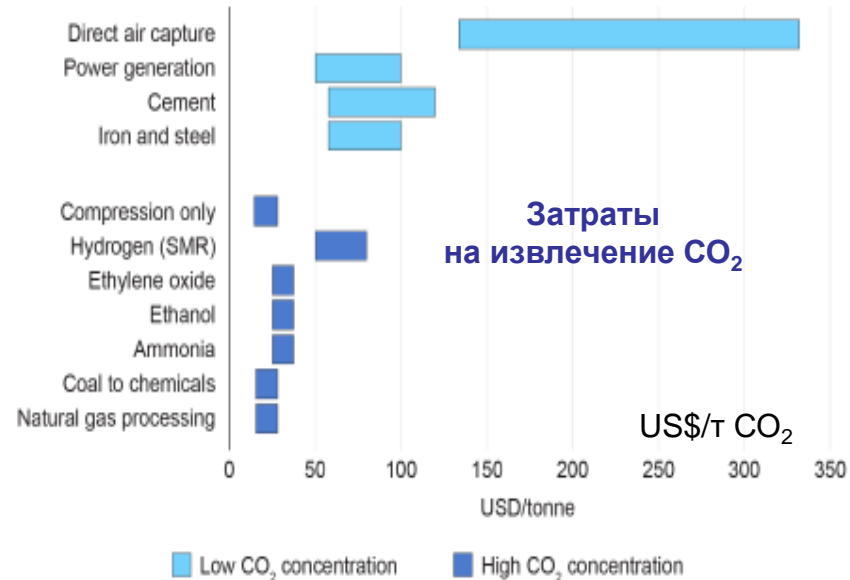


Global CO₂ capture capacity at large-scale facilities by source



Рост масштабов CCUS в мире

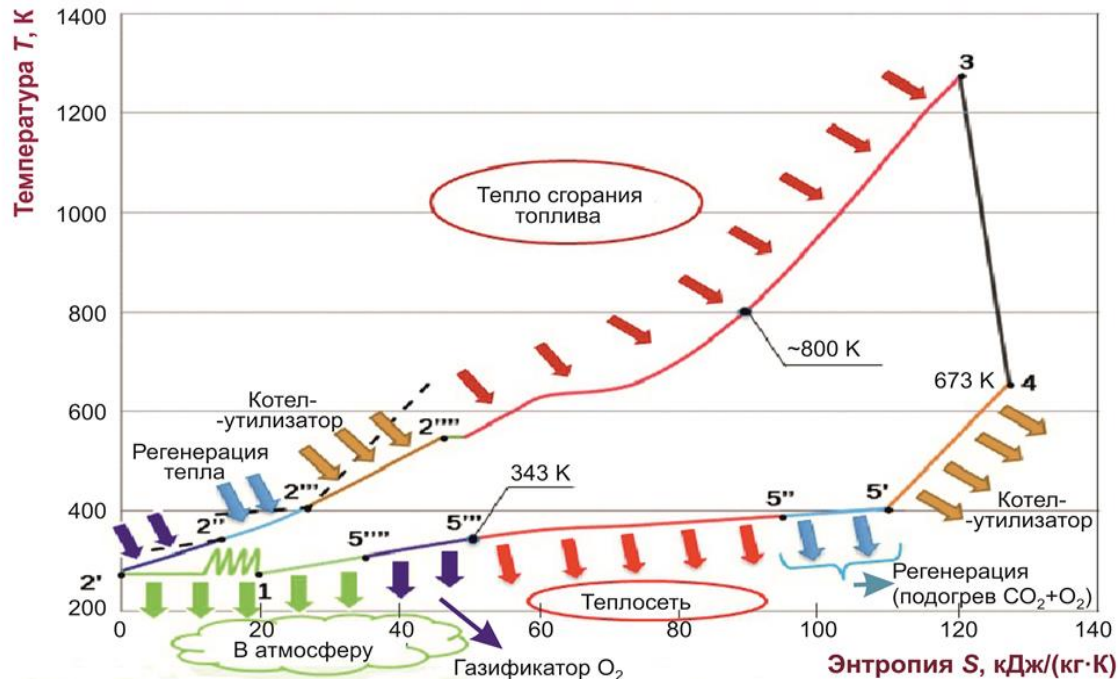
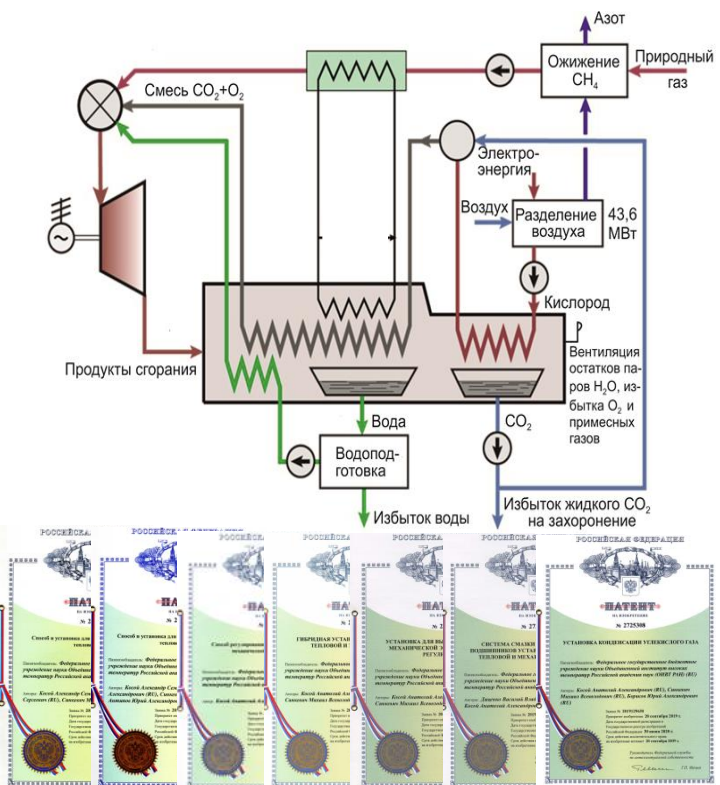
Levelised cost of CO₂ capture by sector and initial CO₂ concentration, 2019



Затраты на извлечение CO₂

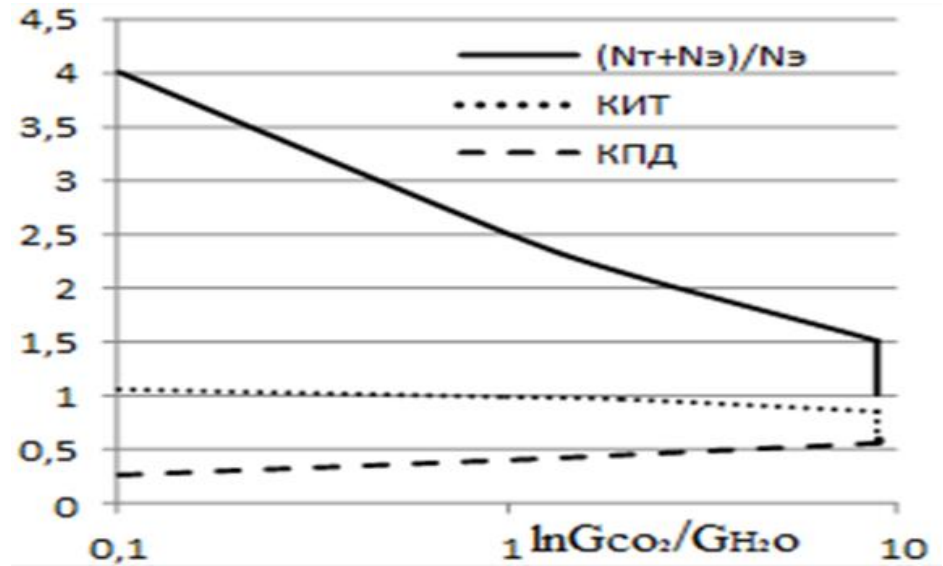
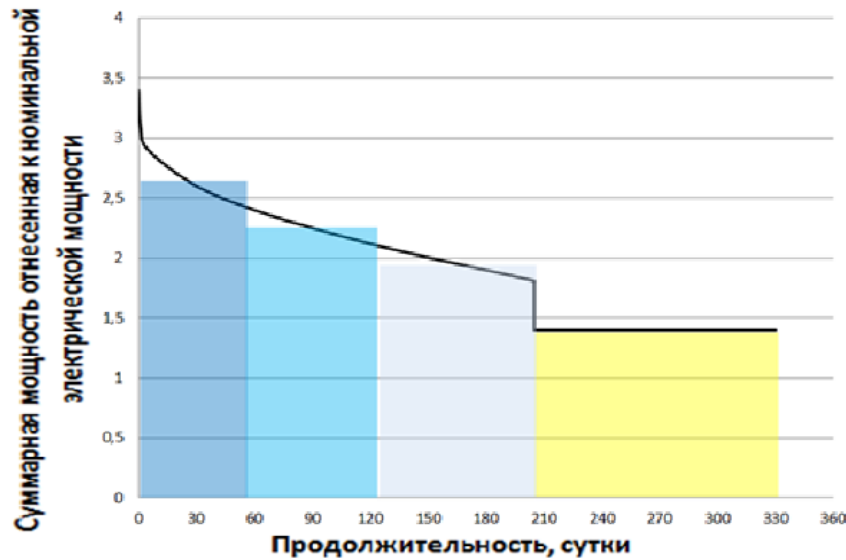
US\$/t CO₂

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С НУЛЕВЫМИ ВЫБРОСАМИ CO₂ В АТМОСФЕРУ (с выводом CO₂ из цикла в жидкой фазе, разработка ОИВТ РАН)

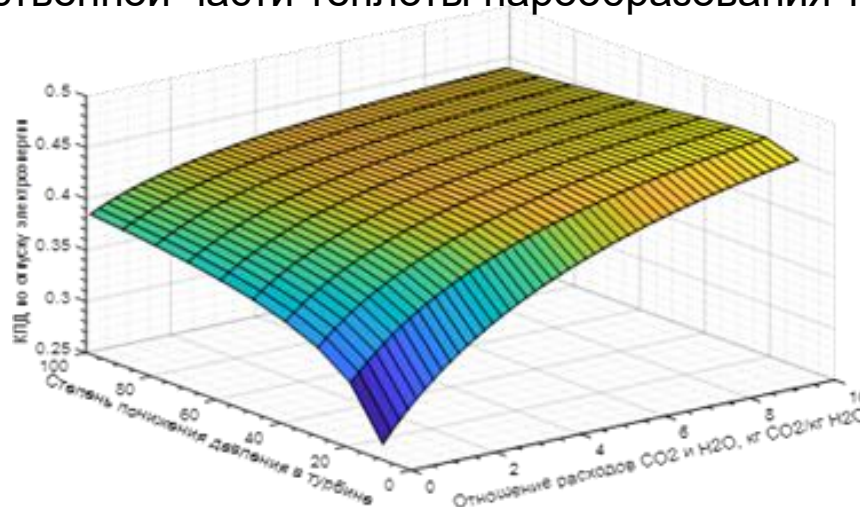


- по эффективности не уступает современным ПГУ;
- 100% утилизация CO₂ выхлопа в жидкой фазе - наиболее удобной для транспортировки;
- большая удельная мощность турбины - малые весогабариты и низкие кап.затраты строительства;
- генерация воды высокого качества - пригодна для использования в различных технологиях и питания тепловой сети;
- аккумулирование компонентов рабочего тела и распределение энергетических затрат на их производство с обеспечением «сглаживания» суточного графика потребителя энергии;
- регулирование мощности практически без изменения КПД за счет изменения давления в камере сгорания.

БкПГУ-ТЭЦ



- широкий диапазон независимого управление производством тепловой и электрической энергией;
- использование существенной части теплоты парообразования топливной воды;



- регулирование мощности практически без изменения КПД за счет изменения давления в камере сгорания.

Сравнение БкПГУ с современными энергетическими установками

Показатель	ПГУ-325	ПГУ-450Т	ПГУ-800	ПГУ лучший Мировой	БкПГУ 60 Пилотный образец	БкПГУ 600 Коммерческая электростанция
Производство только электроэнергии						
Мощность электрическая, МВт	325	450	808	600	60	600
КПД без учета затрат на улавливание CO ₂ , %	51,7	51	54,6	62,2	50	54
Затраты энергии на улавливание CO ₂ , %	10-15	10-15	10-15	10-15	1,5	1,5
Доля уловленного CO ₂ , %	90	90	90	90	~100	~100
КПД с учетом затрат на улавливание CO ₂ , %	36,7-41,7	36 - 41	39,6-44,6	47,2-52,2	48,5	52,5
Совместное производство электричества и тепла						
Условный относительный годовой расход топлива ^[1] без учета затрат на улавливание CO ₂	0,94	0,945	0,92	0,87	0,88	0,85
Условный относительный годовой расход топлива ^[2] с учетом затрат на улавливание CO ₂	1,05-1,1	1,05-1,1	1,03-1,08	0,98-1,03	0,89	0,86

^[1] Годовой расход топлива, отнесенный к условному эталону. За условный эталон принята теплофикационная паротурбинная установка Т-250/300-240. Все варианты и условный эталон приведены к равным условиям (установки приведены к равной номинальной мощности, генерируют одинаковое количество энергии с одинаковым температурным графиком).

^[2] Условный эталон не корректировался на улавливание CO₂.

Эффективные энерготехнологические комплексы с БкПГУ

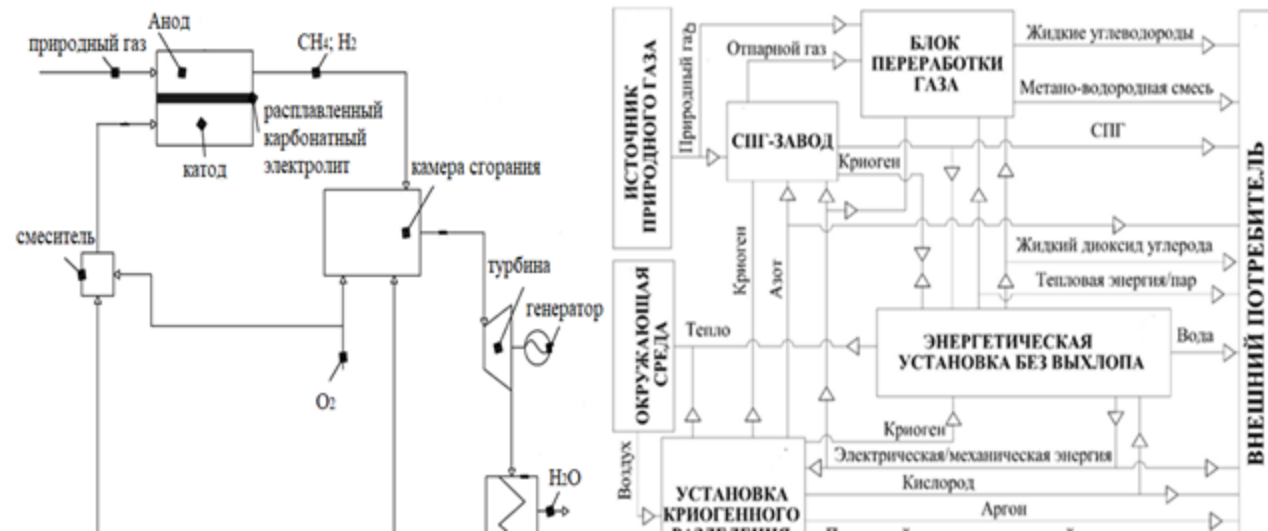
Мультигенерация и каптаж шахтного метана



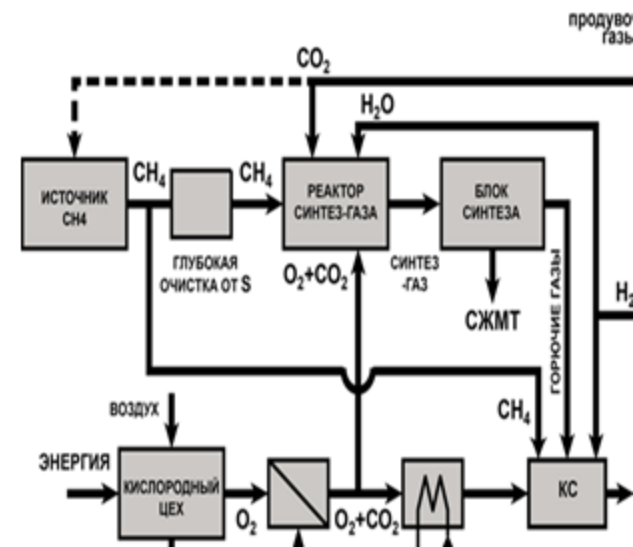
Использование ВИЭ с производством водорода



Гибридные установки БкПГУ + ТЭ Использование холода-ресурса: СПГ- завод; СПГ -ТЭЦ



Производство водорода и ж углеводородов



ПАРАМЕТРЫ БЕЗКОМПРЕССОРНОЙ ПГУ МОЩНОСТЬЮ 60 МВт

Величина		Численное значение	Примечания
На входе в камеру сгорания			
СПГ	Максимальный расход, кг/с	2,5	
	Максимальное давление, МПа	35	
	Максимальная температура, К	400	
	Максимальный объемный расход, м³/с	0,016	Уд. Объем 0,0064
	Максимальная скорость, м/с	30	
	Площадь сечения каналов, м²	0,00055	Труба Ду 30
Кислород	Максимальный расход, кг/с	10	
	Максимальное давление, МПа	35	
	Максимальная температура, К	400	
	Максимальный объемный расход, м³/с	0,03	Уд. Объем 0,003
	Максимальная скорость, м/с	30	
	Площадь сечения каналов, м²	0,001	Труба Ду 40
H ₂ O	Максимальный расход, кг/с	50	
	Максимальное давление, МПа	35	
	Максимальная температура, К	600	
	Максимальный объемный расход, м³/с	0,5	Уд. Объем 0,01
	Максимальная скорость, м/с	30	
	Площадь сечения каналов, м²	0,017	4 Трубы Ду 60
CO ₂	Максимальный расход, кг/с	150	
	Максимальное давление, МПа	35	
	Максимальная температура, К	800	
	Максимальный объемный расход, м³/с	0,7	Уд. Объем 0,0046
	Максимальная скорость, м/с	30	
	Площадь сечения каналов, м²	0,023	4 Трубы Ду 70
На входе в первую ступень турбины			
Максимальный расход, кг/с		170	
Максимальное давление, МПа		30	
Максимальная температура, К		1300	
Максимальный объемный расход, м³/с		1,6	Уд. Объем 0,009
Транзитная скорость, м/с		80	
Площадь сечения кольцевого канала, м²		0,02	

Диаметр, м	0,64	Высота канала 10 мм
Диаметр колеса, м	0,45	U=550; n = 24 000 N = 2 x 6 МВт
На выходе из первой ступени турбины		
Максимальный расход, кг/с	170	2 x 85
Максимальное давление, МПа	10	
Максимальная температура, К	1120	
Максимальный объемный расход, м³/с	2 x 1,85	Уд. Объем 0,022
Транзитная скорость, м/с	150	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	2 x 0,012	
Диаметр колеса, м	0,3	Высота лопатки 15 мм
Диаметр канала, м	4 x 0,15	Скорость 60 м/с
На входе во вторую ступень турбины		
Максимальный расход, кг/с	2 x 85	
Максимальное давление, МПа	10	
Максимальная температура, К	1120	
Максимальный объемный расход, м³/с	2 x 1,87	Уд. Объем 0,022
Транзитная скорость, м/с	80	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	2 x 0,023	
Диаметр, м	0,75	Высота канала 10 мм
Диаметр колеса, м	0,5	U=600; n = 24 000 N = 4 x 6 МВт
На выходе из второй ступени турбины		
Максимальный расход, кг/с	170	4 x 42,5
Максимальное давление, МПа	2,5	
Максимальная температура, К	950	
Максимальный объемный расход, м³/с	4 x 2,95	Уд. Объем 0,07
Транзитная скорость, м/с	150	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	4 x 0,02	
Диаметр колеса, м	0,31	Высота лопатки 20 мм
Диаметр канала, м	8 x 0,15	Скорость 60 м/с
На входе в третью ступень турбины		
Максимальный расход, кг/с	2 x 85	
Максимальное давление, МПа	2,5	
Максимальная температура, К	950	
Максимальный объемный расход, м³/с	2 x 5,9	Уд. Объем 0,07
Транзитная скорость, м/с	80	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	2 x 0,023	
Диаметр, м	0,75	Высота канала 25 мм

Диаметр колеса, м	0,55	U=660; n = 24 000 N = 4 x 6 МВт
На выходе из третьей ступени турбины		
Максимальный расход, кг/с	170	4 x 42,5
Максимальное давление, МПа	0,5	
Максимальная температура, К	800	
Максимальный объемный расход, м³/с	4 x 10,7	Уд. Объем 0,25
Транзитная скорость, м/с	150	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	4 x 0,07	
Диаметр колеса, м	0,46	Высота лопатки 60 мм
Диаметр канала, м	4 x 0,5	Скорость 60 м/с
На входе в рекуператор		
Максимальный расход, кг/с	4 x 42,5	
Максимальное давление, МПа	0,5	
Максимальная температура, К	800	
Максимальный объемный расход, м³/с	4 x 10,7	Уд. Объем 0,25
Транзитная скорость, м/с	30	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	4 x 0,14	
Диаметр рекуператора, м	4 x 1,2	Четыре параллельных секции
Длина рекуператора, м	1,5	
На входе в контактный конденсатор низкого давления		
Максимальный расход, кг/с	4 x 42,5	
Максимальное давление, МПа	0,5	
Максимальная температура, К	500	
Максимальный объемный расход, м³/с	4 x 6,7	Уд. Объем 0,15
Транзитная скорость, м/с	3,8	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	4 x 1,8	
Диаметр контактного конденсатора, м	4 x 1,5	Четыре параллельных секции
Длина контактного конденсатора, м	5	
На входе в контактный конденсатор высокого давления		
Максимальный расход, кг/с	160	
Максимальное давление, МПа	3,5	
Максимальная температура, К	500	
Максимальный объемный расход, м³/с	4,2	Уд. Объем 0,026
Транзитная скорость, м/с	2,4	
Площадь сечения кольцевого канала, м²	4 x 1,8	
Диаметр контактного конденсатора, м	4 x 1,5	Четыре параллельных секции
Длина контактного конденсатора, м	5	

Целевая задача

Создание опытно-промышленного энергетического комплекса с БКПГУ



Ленинский просп., 14, Москва, ГСП-1, 119991, Телетайп/Телекс 411095 ANS RU,
Факс (495) 954-33-20 (Ленинский просп., 14), (495) 938-18-44 (Ленинский просп., 32а)
Справочное бюро (495) 938-03-09, [http:// www.gas.ru](http://www.gas.ru)

08.04.2021 № 2-11402-2115/522

На № _____

Президенту,
Председателю Правления ПАО Сбербанк
Грефу Г.О.

Уважаемый Герман Оскарлович!

Проблема декарбонизации экономики, снижения углеродного следа при производстве различных видов промышленной продукции последними решениями Президента и Правительства России определена как требующая решения в приоритетном порядке на основе передовых научно-технических разработок. Эта проблема является особенно острой для топливно-энергетического комплекса России, базирующегося преимущественно на использовании ископаемых органических топлив.

Наиболее эффективной технологией генерации энергии на органических топливах с экологических позиций является использование парогазовых энергоустановок, работающих на топливно-кислородных термодинамических циклах. Работы в этом направлении в последние годы активно ведутся как за рубежом, так и в нашей стране.

Объединенным институтом высоких температур РАН (ОИВТ РАН) разработана концепция высокоэффективной экологически чистой парогазовой электростанции, в которой практически полностью предотвращается выброс углекислого газа, окислов азота и других вредных выбросов в атмосферу с продуктами сгорания. Вывод углекислого газа из цикла станции осуществляется в жидкой фазе, удобной для его дальнейшего захоронения и/или использования в химических производствах, например, при синтезе метанола. Оценки показывают, что по технико-экономическим показателям электростанция не будет уступать современным энергоустановкам.

В качестве первого этапа на пути коммерциализации разработки предполагается создание полигон-электростанции мощностью 60 МВт, предназначенной для отработки технологических решений и нового энергетического оборудования. Концепция электростанции рассмотрена и одобрена Отделением энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, а также Советом по приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии».

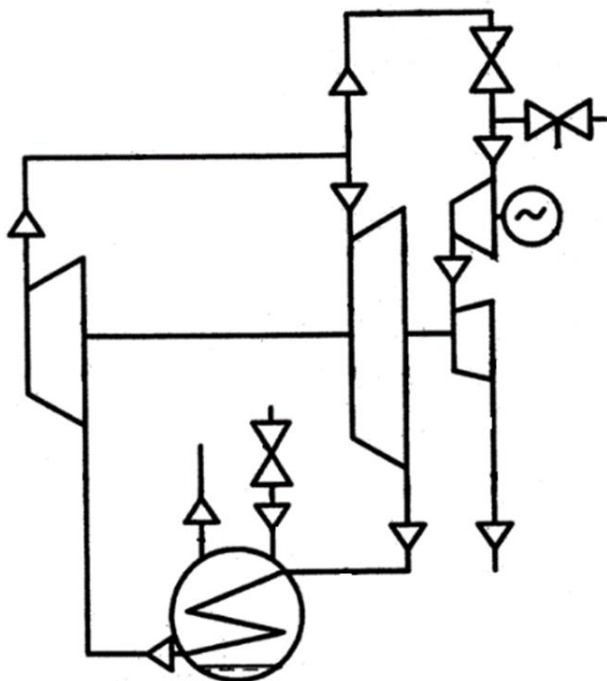
Предлагаемый проект является важным для развития российской науки, промышленности и экологически чистой энергетики. С учетом того, что возглавляемый Вами Сбербанк активно участвует в продвижении и реализации перспективных экологических инновационных проектов, прошу Вас рассмотреть возможность реализации предлагаемого комплексного научно-технического проекта (КНТП) полного инновационного цикла в рамках осуществляемых Сбербанком инновационных программ.

Приложение: краткая информация по проекту на 5 стр.

Президент РАН
академик РАН

А.М. Сергеев

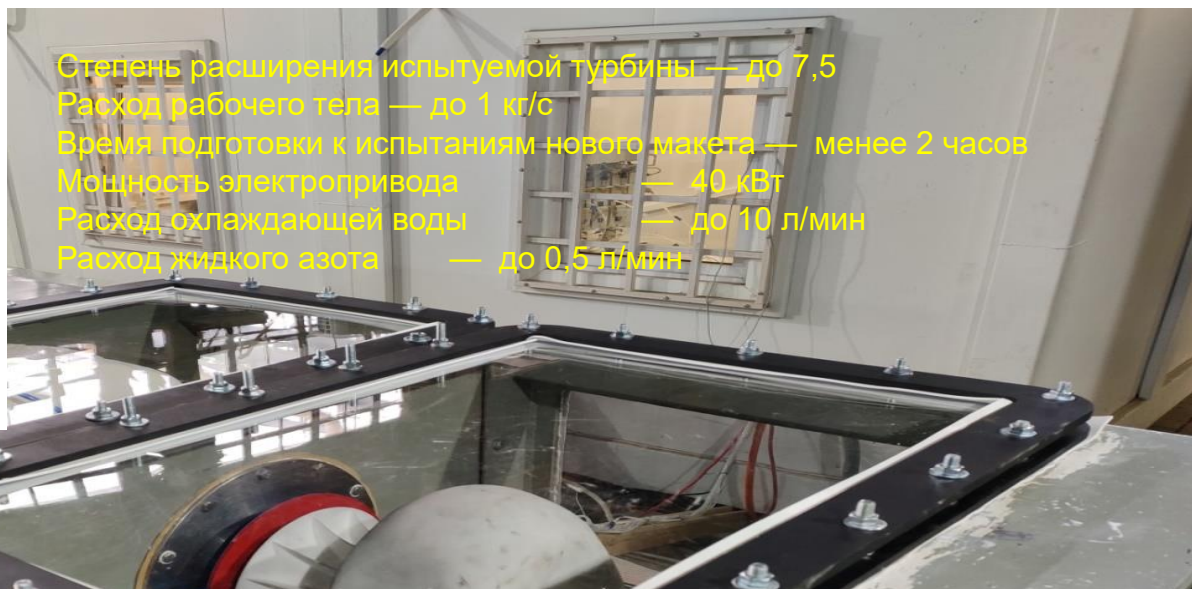
Экспериментальная проверка результатов математического моделирования



Для исследования характеристик турбин, в соответствии с теорией подобия, в ОИВТ РАН создан уникальный стенд физического газодинамического эксперимента, обеспечивающий сокращение финансовых и временных затрат на подготовку экспериментов.

Стенд позволяет проводить испытания макетов турбин, изготовленных с применением аддитивных технологий из пластмассы или металла.

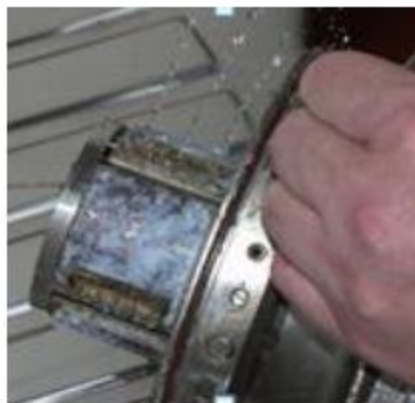
Степень расширения испытываемой турбины — до 7,5
Расход рабочего тела — до 1 кг/с
Время подготовки к испытаниям нового макета — менее 2 часов
Мощность электропривода — 40 кВт
Расход охлаждающей воды — до 10 л/мин
Расход жидкого азота — до 0.5 л/мин



НИОКР СОЗДАНИЯ ПОДШИПНИКОВ НА ГАЗОВОЙ И ВОДЯНОЙ СМАЗКЕ



Подшипник ГТУ Ne=60 МВт,
Mr=800 кг, n = 9600 об/мин,
среда – вода. Аналогов в мире
нет



Подшипник компрессора
ТНУ Nt=6 МВт, Mr=200 кг, n
= 10000 об/мин, среда –
вода.



Подшипник ГТУ Ne=1 МВт,
Mr=250 кг, n = 26000 об/мин,
среда – воздух. Аналогов в мире
нет



Сдвоенный упорно-опорный
подшипник ГТУ Ne=20 МВт,
Mr=500 кг, n = 9600 об/мин, среда
– вода. Аналогов в мире нет

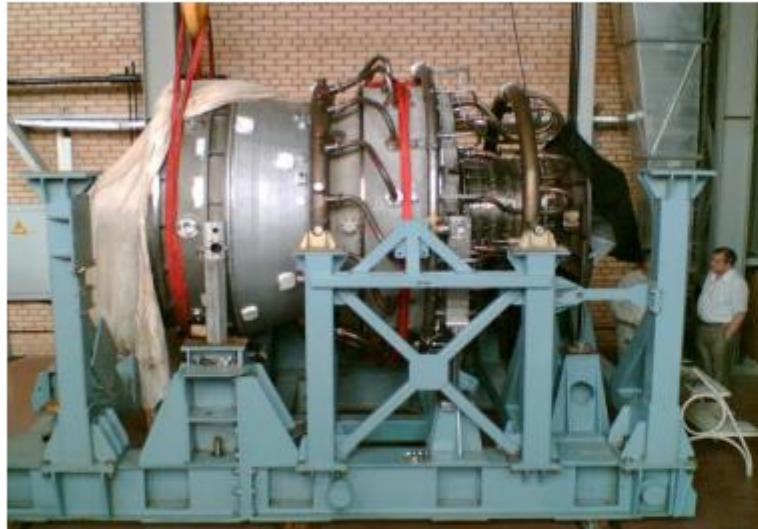


Упорный и опорный
подшипник ГТЭГМ-03 Ne=30
кВт, Mr=2,25 кг, n = 96000
об/мин, среда – воздух

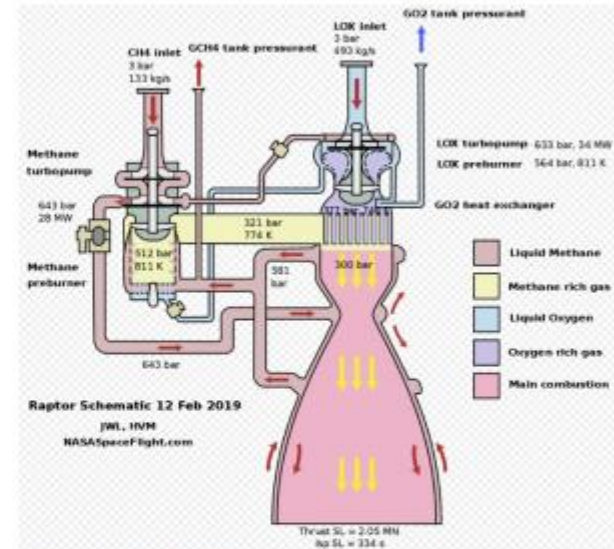


Камера сгорания

- параметры рабочих тел и условия горения близки к ЖРД;
- ресурс должен составлять десятки тысяч часов;
- нет ограничений по массе и габаритам



Камера сгорания ПГУ -60С, 2008г.



ЖРД «Рэптор»,
SpaceX

Опережающий НИОКР по БКПГУ

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

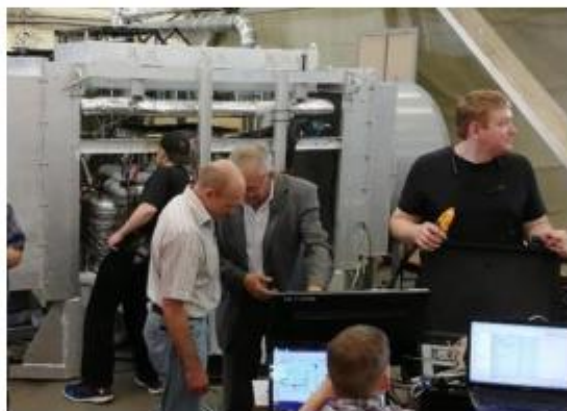


Паровой компрессор ХМ 1МВт с ЭД
($n=10000$ об/мин)

Паровой компрессор ХМ 16 МВт с П



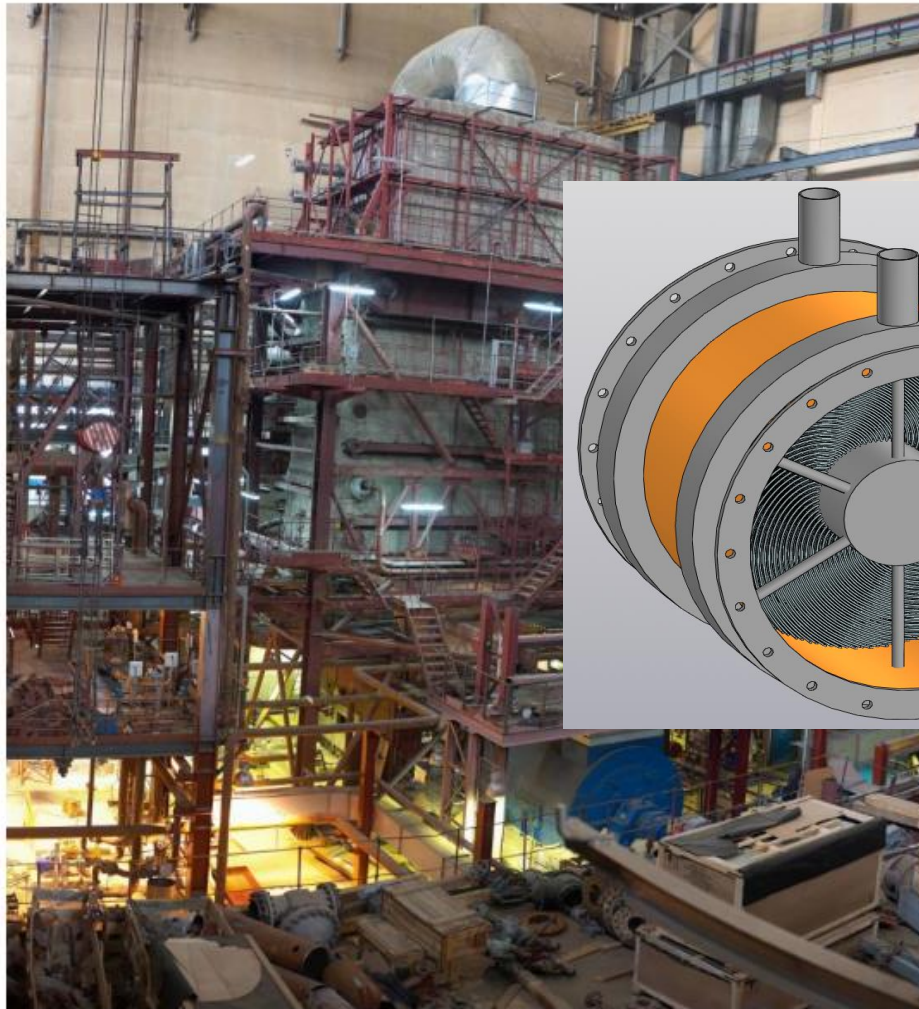
Компрессор на испытательном стенде



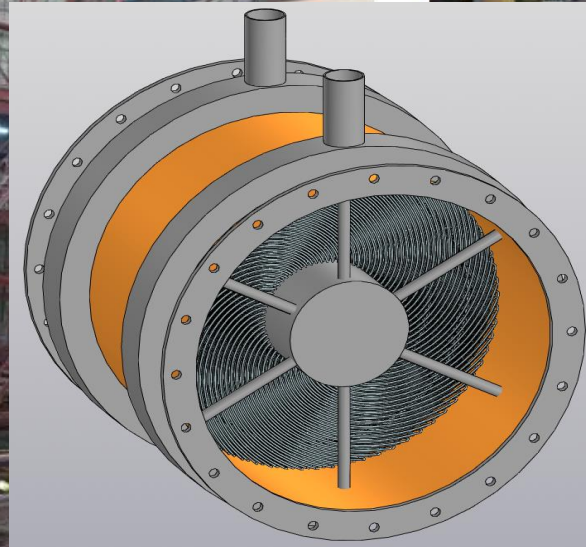
Испытания ХМ 120 кВт



Теплообменное оборудование



Рекуператор
ГТД-1000С,
2006г.



Рекуператор
ГТЭГМ-03,
2019г.

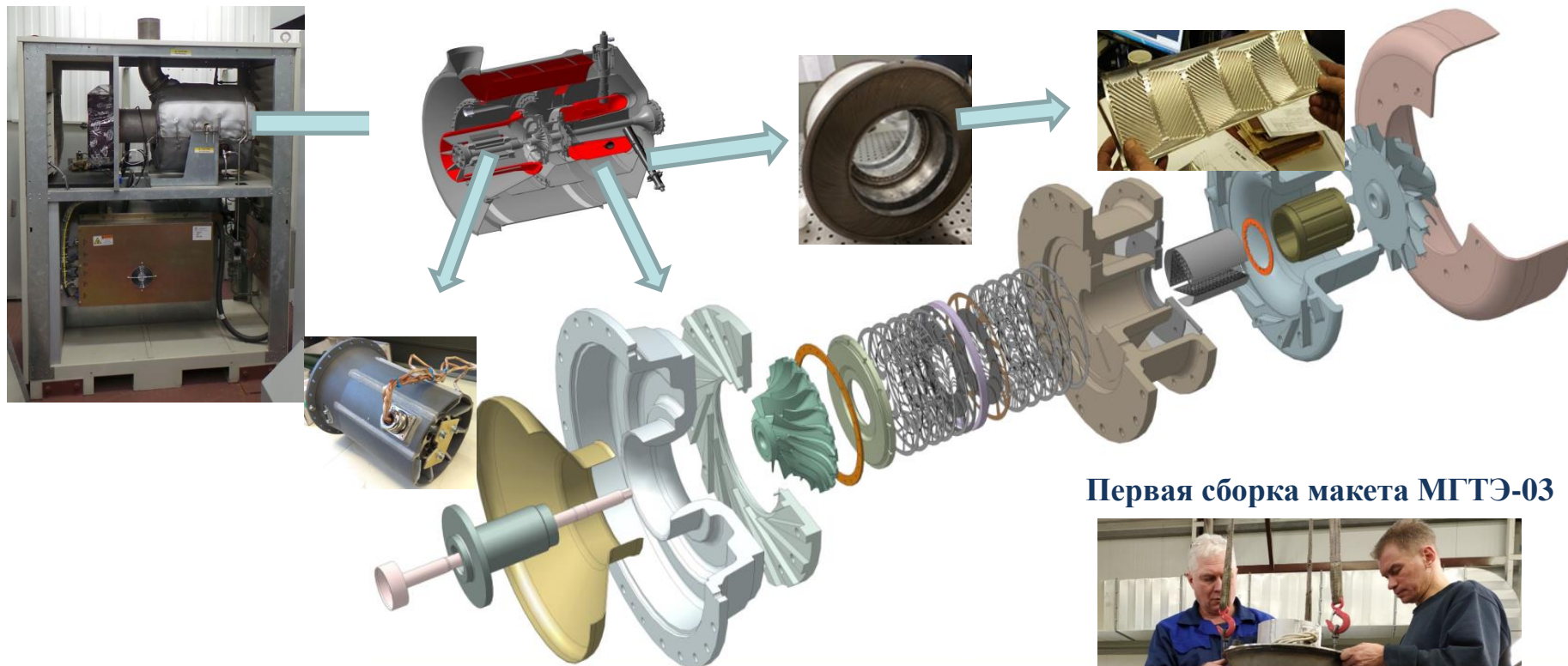


Котел-утилизатор с контактным
конденсатором ПГУ-60С, 2008г.



Активация...
Чтобы активировать...

Рекуперативная газотурбинная установки мощностью 30 кВт



Первая сборка макета МГТЭ-03

Сравнение характеристик САЭС с ГТУ и ДУ

Параметр		Capstone C-30	МГТЭ-03	1Э9М2-7
Выходная мощность,	кВт	30	30	30
Часовой расход топлива, (дизельного - $H_u = 44800$ кДж/кг)	кг/ч	9,07	7,08	8,4
Расходы на масло,	тыс. руб./год	-	-	180
Расходы на топливо (северный завоз), тыс. руб. в год (24 часа/300 дней/80%/100 руб/л)		5224	4078	4838
Эксплуатационные расходы,	тыс. руб. /год	150	150	1850
Назначенный ресурс,	тыс. ч/лет	60/8,3	100/13,8	50/6,9
Себестоимость электроэнергии,	руб./кВт*ч	38,7	32,5	46,6

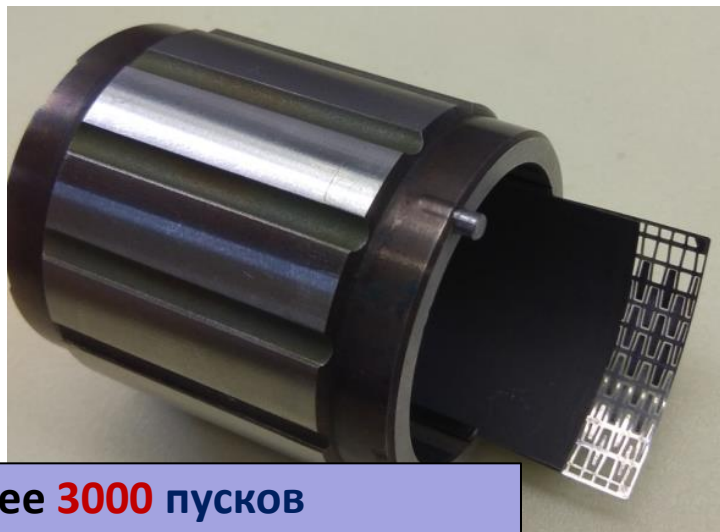


REDMI NOTE 6 PRO

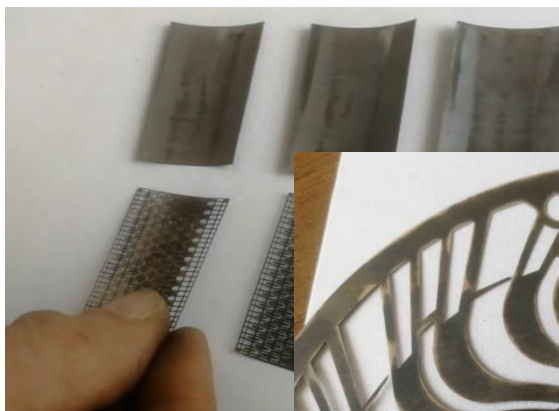
ЛЕПЕСТКОВЫЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОДШИПНИКИ

Подшипниковый стенд

для исследований и оценки
предельных условий работы
лепестковых газодинамических
подшипников по статическим и
динамическим нагрузкам с
температурой до 700°C



Более **3000** пусков



МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи

Бочков Владимир Николаевич

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ХАРАКТЕРИСТИК РАВНОВЕСНЫХ СУЗЖЕНИЙ СЪЕМНЫХ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ
ТЕЖЕЛЫХ РОТОРОВ ГТУ

Специальность: 05.07.05

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(72) Автор: Бочков Владимир Николаевич

(73) Патентообладатель: Бочков Владимир Николаевич (RU)

(54) Изобретение относится к области техники

и касается устройства, предназначенного для

исследования и оценки предельных условий работы

лепестковых газодинамических подшипников по статическим и

динамическим нагрузкам с температурой до 700°C

Сущность изобретения заключается в том, что

предложено устройство, включающее в себя

основную часть, выполненную в виде

цилиндра, и съемный подшипник, выполненный

в виде диска с радиальными отверстиями, который

установлен на валу основной части, причем

отверстия выполнены с таким расчетом, чтобы

при вращении диска создавался эффект

гидродинамической смазки, обеспечивающий

устойчивую работу подшипника в условиях

высоких температур и нагрузок

Сущность изобретения заключается в том, что

предложено устройство, включающее в себя

основную часть, выполненную в виде

цилиндра, и съемный подшипник, выполненный

в виде диска с радиальными отверстиями, который

установлен на валу основной части, причем

отверстия выполнены с таким расчетом, чтобы

при вращении диска создавался эффект

гидродинамической смазки, обеспечивающий

устойчивую работу подшипника в условиях

высоких температур и нагрузок

Сущность изобретения заключается в том, что

предложено устройство, включающее в себя

основную часть, выполненную в виде

цилиндра, и съемный подшипник, выполненный

в виде диска с радиальными отверстиями, который

установлен на валу основной части, причем

отверстия выполнены с таким расчетом, чтобы

при вращении диска создавался эффект

гидродинамической смазки, обеспечивающий

устойчивую работу подшипника в условиях

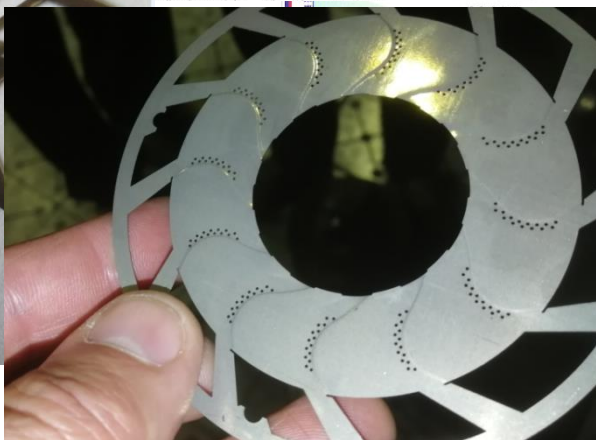
высоких температур и нагрузок

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ



ВЫСОКООБОРОТНЫЕ СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ С СИСТЕМАМИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ



Стенд электрогенератора



ротор из никелевого сплава с
сердечником - редкоземельные
магниты SmCo

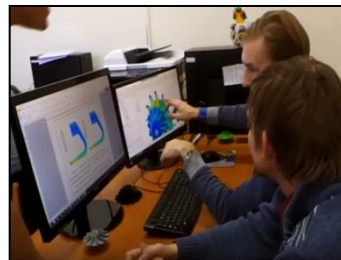
Уникальный стенд физического газодинамического эксперимента

обеспечивает возможность проведения ускоренных газодинамических испытаний макетов лопаточных машин, изготовленных по аддитивным технологиям из металлов и/или пластиков на основе методов быстрого прототипирования.

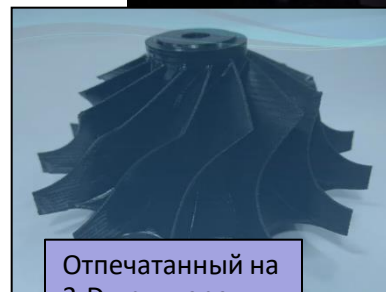


Станок
балансировочный

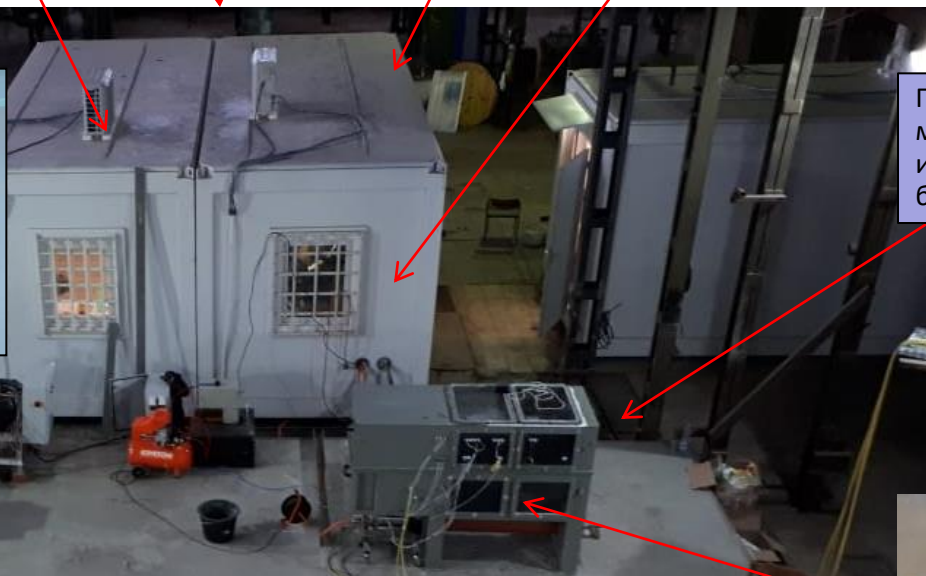
3D принтер



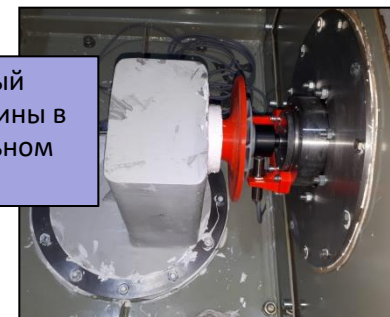
Универсальная
многопараметрическая система
сбора и обработки информации,
моделирования процессов
реального времени с
обеспечением калибровки
первичных приборов и замера
полей давления и температур



Отпечатанный на
3-D принтере
пластиковый
макет турбины



Пластиковый
макет турбины в
испытательном
боксе



Компрессор вакуумирующий 40 кВт,
40000об/мин



В России аналогов нет



Стендовое оборудование

(для проверки качества изготовления отдельных узлов в серийном производстве и ОКР)

Стенды (ул. Лапина 17-а / Ижорская 13)

Стенд электрогенерирующих модулей для проведения отладочных работ и приемо-сдаточных испытаний (ПСИ) газотурбинных электрогенерирующих модулей (на жидком и газообразном топливе)

Универсальная многопараметрическая система сбора и обработки информации, моделирования процессов реального времени с обеспечением калибровки первичных приборов и замера полей давления и температур

Уникальный газодинамический стенд для проверки качества изготовления компрессоров и турбин и ускоренных газодинамических испытаний элементов газоздушного тракта, изготовленных методами быстрого прототипирования из пластиков

Стенд технологического обеспечения для изготовления макетов и балансировки

Подшипниковый стенд для ПСИ и оценки штатных и предельных условий работы лепестковых газодинамических подшипников по статическим и динамическим нагрузкам с температурой до 700°C

Стенд топливной системы для ПСИ топливной аппаратуры и фронтных устройств камеры сгорания

Стенд рекуператоров для исследований и ПСИ теплообменников

Пламенный стенд для проведения НИОКР и ПСИ по камере сгорания

Роторный стенд для исследований роторных систем и упорных подшипников



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Приоритетным направлением решения проблем декарбонизации в энергетике России должна стать разработка экологически чистых электростанций и энергоустановок на органическом топливе с максимальным предотвращением выбросов CO₂ в атмосферу и использованием технологий CCUS, поскольку в условиях России масштабное освоение ВИЭ в сочетании с водородной энергетикой при относительно дешевых запасах органического топлива в обозримой перспективе несмотря на тенденцию заметного улучшения их технико-экономических показателей будет оставаться экономически чрезмерно затратным.

2. Среди технологий CCUS наиболее эффективными и наименее затратными представляются технологии, основанные на сжигании органического топлива в технически чистом кислороде (**oxy fuel combustion**), позволяющие обеспечить практически 100% технологически простой вывод чистого CO₂ в удобной для дальнейшей транспортировки, утилизации или использования в качестве полезного сырья форме.

3. В ОИВТ РАН разработана, теоретически и экспериментально обоснована концепция экологически и экономически эффективной бескомпрессорной ПГУ (БКПГУ), принципиальными преимуществами которой в сравнении с современными электростанциями являются:

- вывод CO₂ из цикла в жидкой фазе, удобной для транспортировки, использования для интенсификации добычи нефти и газа, захоронения и/или использования в качестве сырья в химических производствах (удобрения, метанол, полимерные материалы и т.п.),

- высокие значения КИТТ и КПД в широком диапазоне комбинированной генерации электрической и тепловой энергии и др.

4. Проработаны технические решения создания первой в мире пилотной БКПГУ полигон-электростанции мощностью 60 МВт с возможностью масштабирования до 600 МВт и выше.

5. Готовы к тесному научно-техническому сотрудничеству с заинтересованными промышленными партнерами по продвижению разработки в перспективную российскую энергетику.

A pair of hands is shown holding a small, realistic-looking globe of the Earth. The globe is positioned in the center of the frame, showing the Americas. The hands are cupped around the globe, with fingers visible at the bottom and sides. The background is a soft, out-of-focus light color. Overlaid on the center of the globe is the Russian text 'Спасибо за внимание!' in a white, bold, sans-serif font with a blue drop shadow.

**Спасибо за
внимание!**

Контакты:
O_Popel@mail.ru
kosoyas@gmail.com