

Высокотемпературные керамические материалы и аддитивные технологии

**ООО «ЭКИПО»
г. Сергиев Посад, 2023 г.**

ПРОБЛЕМА

Развитие авиастроения и космонавтики, автомобильной, химической и металлургической промышленности, энергетики, связано с созданием новых высокотемпературных материалов стойких к воздействию агрессивных сред.

Например, для повышения эффективности тепловых машин необходимо повышать температуру рабочего процесса.



В турбинных и турбореактивных двигателях



В тепловых энергетических установках



В химических реакторах и пр.

Современные жаропрочные сплавы на основе металлов работают до температур 1100 - 1700°C, при этом применяются сложные системы охлаждения, увеличивающие стоимость, габариты и вес изделия, снижающие его ресурс.



сплавы металлов
 $T_{\text{раб.}} < 1700^{\circ}\text{C}$

Перспективной является керамика. Она во многом превосходит металлические сплавы.

Но её широкое внедрение сдерживает отсутствие эффективных технологий производства.

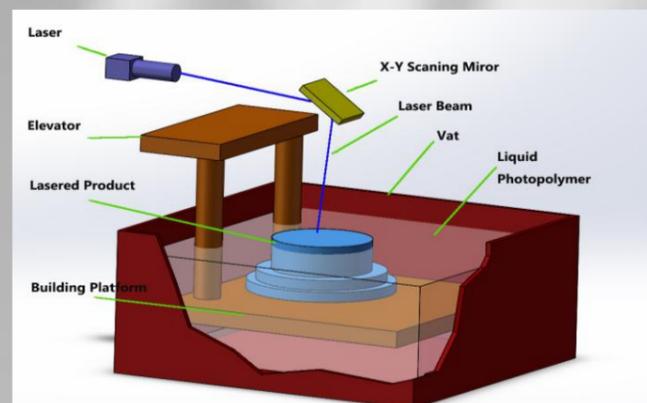
РЕШЕНИЕ

1.



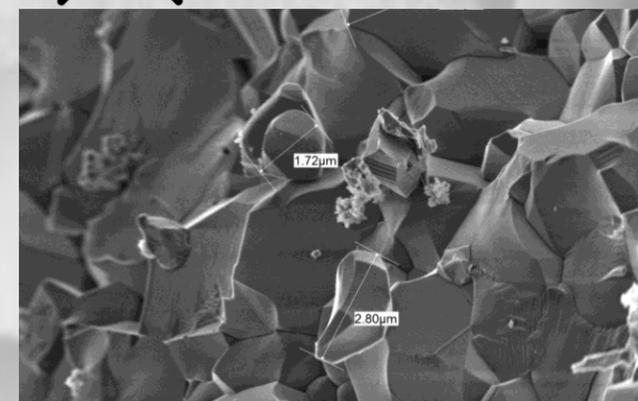
Аддитивное производство
современными
керамическими составами

2.



Метод стереолитографии
при 3D-печати керамики

ноу-хау



Метод твердотельного срачивания
керамических деталей

Преимущество:

- изготовление сложных деталей, геометрия которых невозможна иным способом;
- высокое качество деталей (точность до 10 мкм, гладкость лучше 1 мкм);
- отсутствие межслойных дефектов у деталей;
- минимальное время на дообработку готовых деталей.

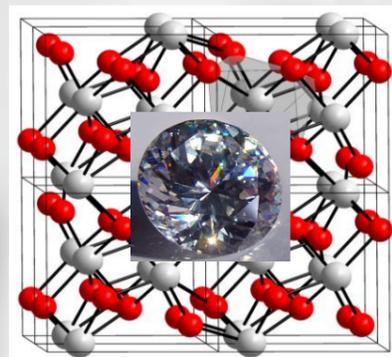
ИМЕЮЩИЙСЯ ЗАДЕЛ

1. Освоена SLA - технология 3D керамической печати

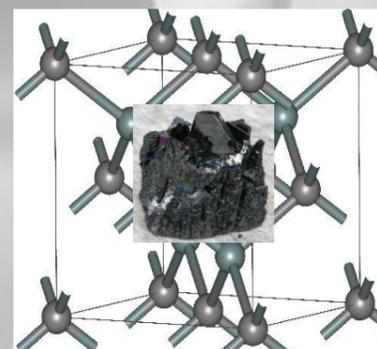
2. Разработана линейка светоотверждаемых керамических паст под 3D принтер:



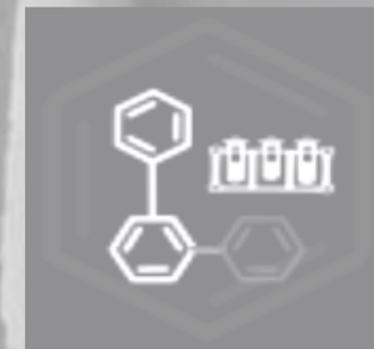
Оксид алюминия
 Al_2O_3



Диоксид циркония
 ZrO_2



Карбид кремния
 SiC
(в стадии разработки)



Смесевые пасты
с добавками

3. Ведется разработка вакуумплотной керамика под 3D принтер

Аналогов под 3D принтеры в мире нет. Позволяет изготовить образцы радиоэлектронной продукции со значительно улучшенными характеристиками, сократить срок внедрения новейших изделий, снизить трудоемкость и брак.

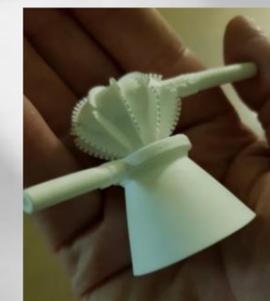


В мире аналогов нет.

4. Созданы технологии:

- твердофазного сращивания керамических изделий

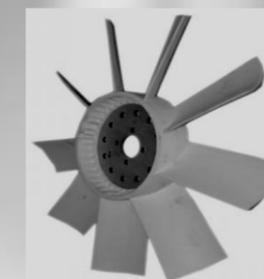
? **!** **ноу-хау** *Позволяет: изготовить керамические изделия, которые невозможно изготовить другими существующими способами; совместить разные технологии для изготовления одного изделия, например, аддитивные технологии со шликерным литьём, тем самым снизить его стоимость.*



В мире аналогов нет.

- изготовления керамических деталей с закладными элементами

Позволяет изготовить многофункциональные высококачественные изделия, к которым предъявляются высокие требования к точности.



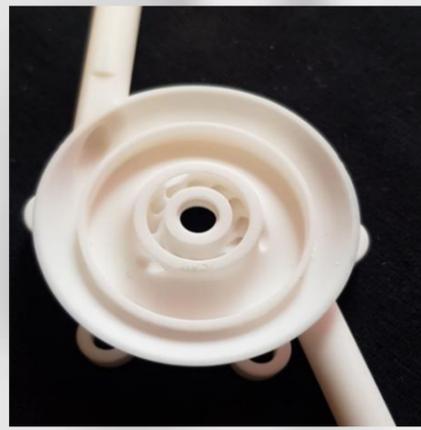
ТЕКУЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Изготавливаем сложные керамические изделия комбинированным способом:

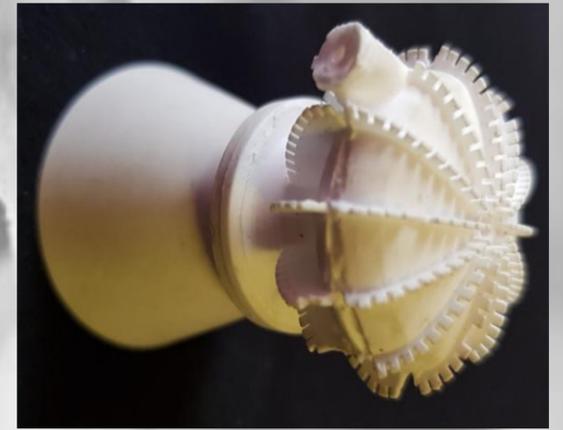
- часть элементов изделия методом SLA-технологии на 3Д принтере;
- часть элементов изделия традиционными методами (шликеры, формование);
- последующее твердофазное сращивание керамических элементов.



Сопловой
вкладыш



Элементы
микротурбины



Жидкостной
ракетный двигатель

Преимущества полученных изделий:

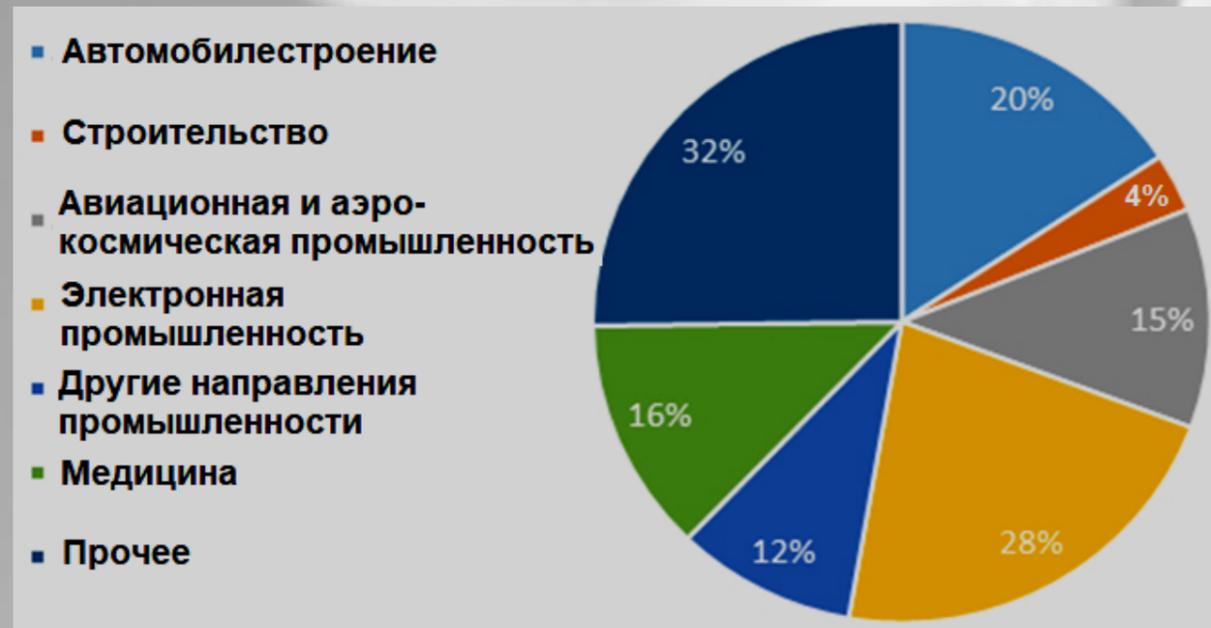
- работа при высоких температурах с комбинированным воздействием механических, аэродинамических и термоградиентных нагрузок;
- высокая механическая прочность, твердость, износостойкость, химическая и радиационная стойкость, ударная вязкость, диэлектрические свойства.

РЫНОК

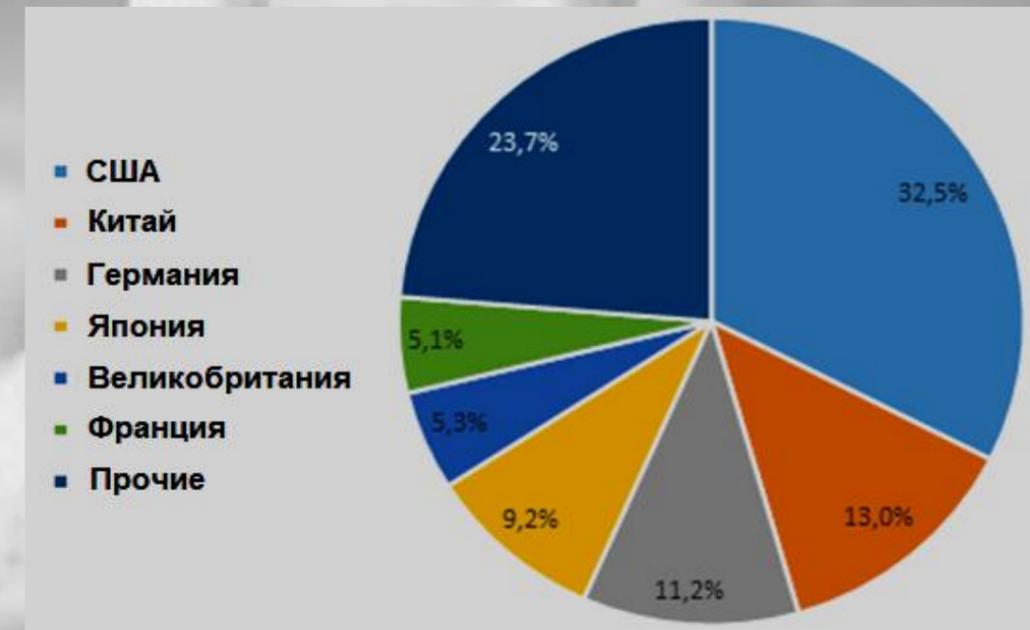
Мировой рынок технологий 3Д печати

Прогноз всего рынка 3Д печати в 2025 году, источник: Frost & Sullivan:

по направлениям



по регионам



Среднегодовой темп роста 17,6%

Мировой рынок керамической 3Д печати (по данным Smartech Publishing):

- мировой рынок керамической 3D-печати находится в начальной стадии развития;
- к 2028 году мировой рынок керамической 3D-печати достигнет 3,6 млрд.\$ США.

Российский рынок формируется.

КОНКУРЕНТЫ

Ключевые игроки на мировом рынке промышленной 3D-печати:



3D Systems



EnvisionTEC



EOS



Materialise



ExOne



Voxeljet



Stratasys



SLM Solutions



GE Additive

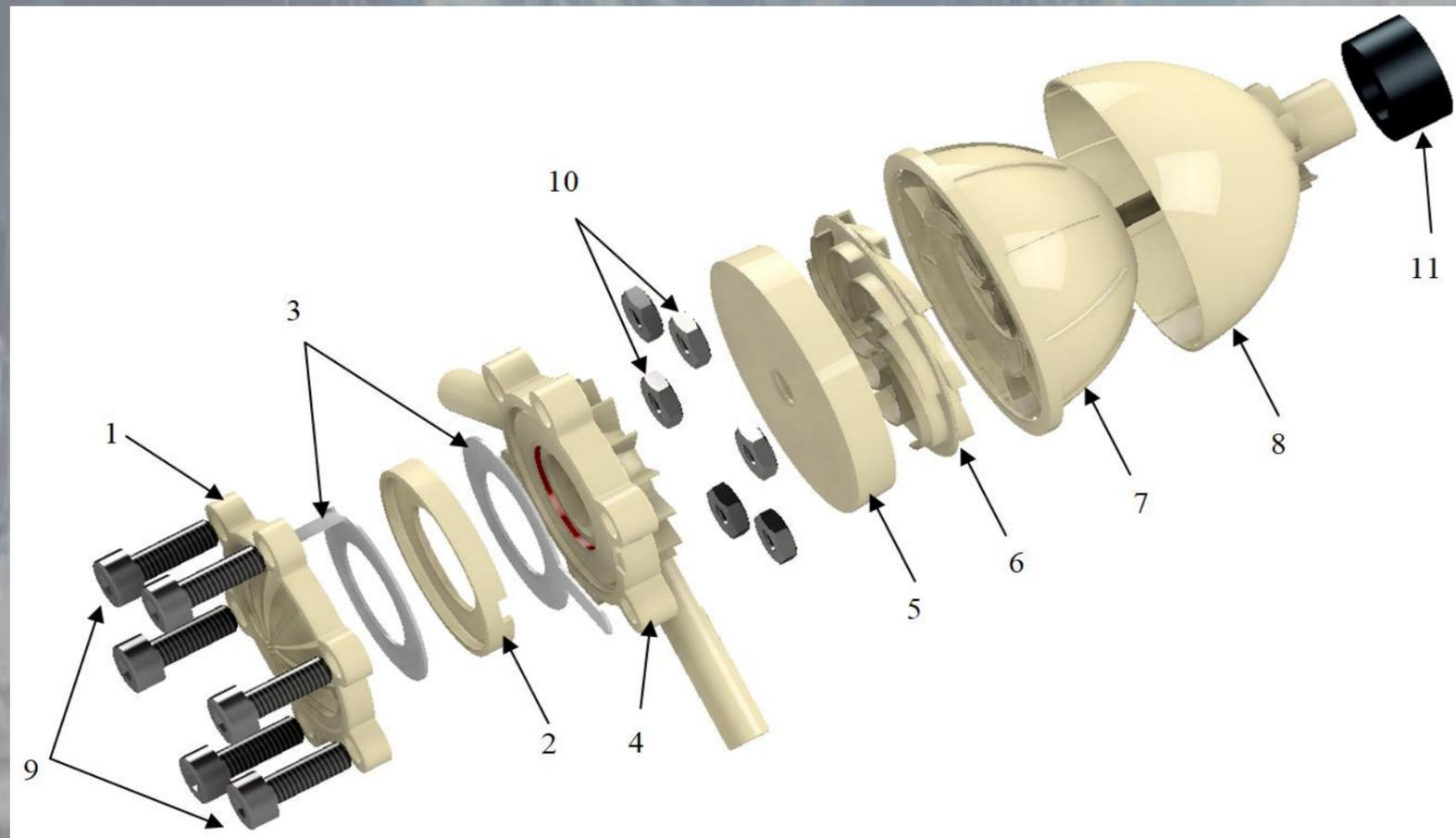


Hewlett-Packard

ПЕРСПЕКТИВЫ

ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ



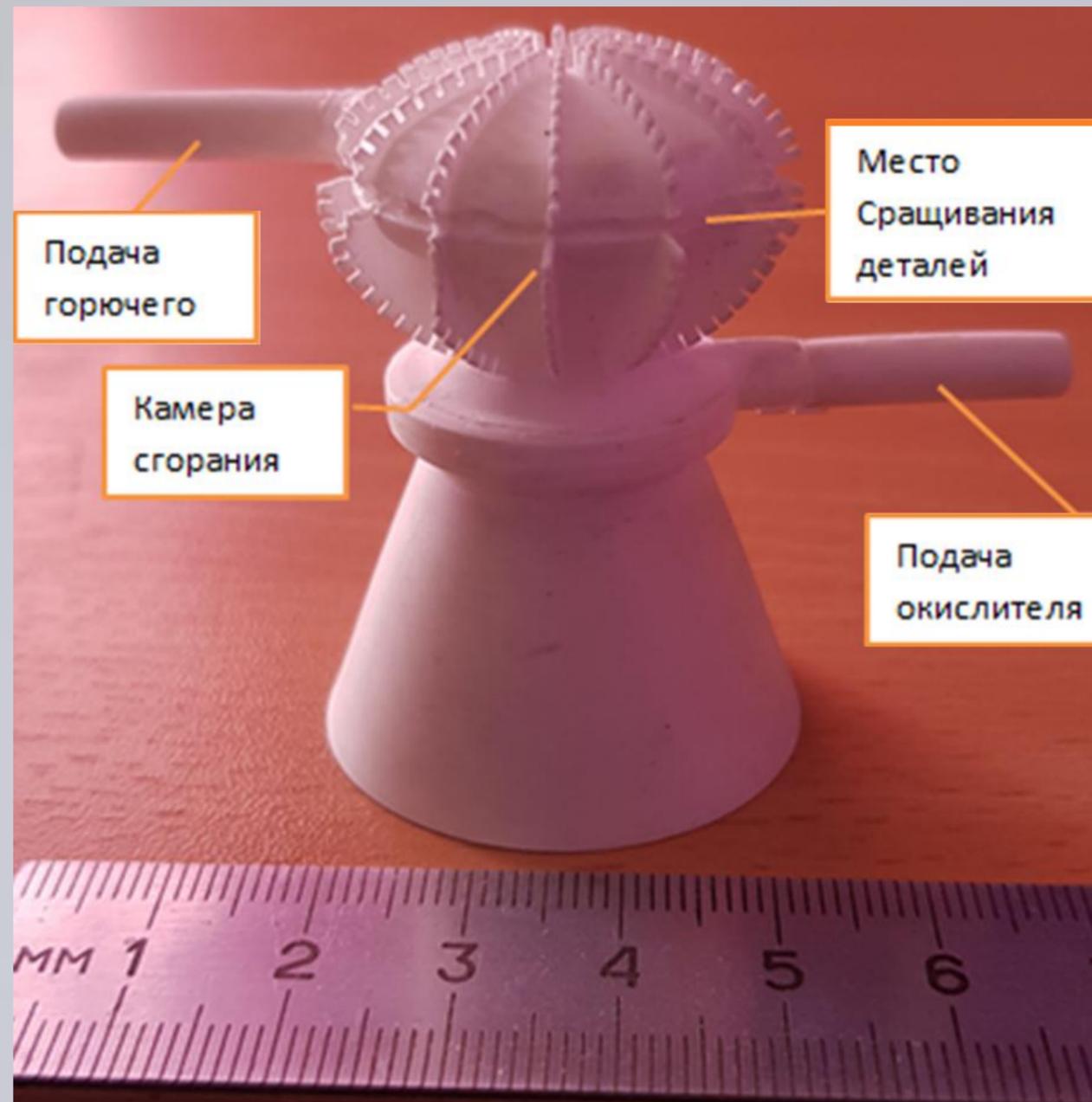
- 1 - Крышка;
- 2 - Изолятор;
- 3 - Электроды;
- 4 - Вихревая камера сгорания;
- 5 - Корпус соплового блока;
- 6 - Сопловой блок;
- 7 - Турбина;
- 8 - Кожух турбины;
- 9 - Винт;
- 10 - Гайка;
- 11 - Магнит (НЖБ)МЦД.

Инновации:

- Высокие температуры сгорания $>2000\text{K}$ \longrightarrow \uparrow КПД;
- Бесфорсуночная камера сгорания \longrightarrow \downarrow снизить массо-габаритные характеристики;
- Газодинамическое охлаждение рабочей среды \longrightarrow упрощение конструкции, \uparrow КПД;
- Псевдо многоступенчатая турбина \longrightarrow упрощение конструкции, \uparrow КПД.

ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Цельнокерамический жидкостной ракетный микродвигатель



Преимущества:

- Снижение массо - габаритных характеристик ЖРД;
- Простота конструкции, повышение надежности и ресурса;
- Возможность быстрой модернизации под новые модели КА;
- Не требуется масштабная технологическая подготовка.

МИКРОГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ БПЛА

ОСОБЕННОСТИ

1. Камера сгорания выполнена в виде вихревой камеры (запатентованное решение).
2. Микрогазотурбинный двигатель будет совмещен с генератором.
3. Микрогазотурбинный двигатель совмещенный с генератором будет запитывать электроприводы БПЛА, бортовую аппаратуру, полезные нагрузки.

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Большая продолжительности полета
- Мультитопливность и меньшие требования к качеству топлива
- Экономичность и высокий КПД
- Простота конструкции и обслуживания
- Минимальные требования к системе смазки
- Меньший вес

ЭЛЕМЕНТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

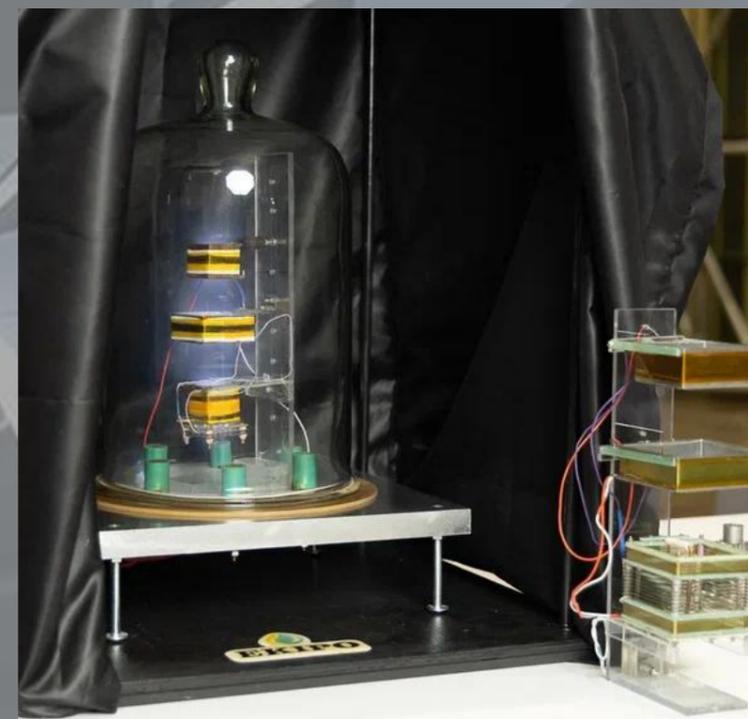
Элементы турбинных двигателей



Испытания элементов на технологическом стенде



Элементы электрореактивных двигателей



Результаты испытаний

Использованные материалы	Двуокись циркония	Окись алюминия	Окись алюминия с микроканалами
			
Число термударов около 2000С / сек. до разрушения	3	17	120

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПАРТНЕРА

**Постановка совместной
опытно – конструкторской работы
по вашему техническому заданию**

ПЕРСПЕКТИВЫ

АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ

ПРОБЛЕМА

Двигатели на основе турбин применяются:

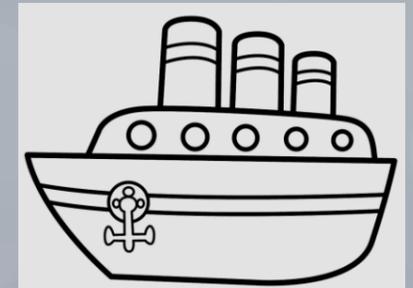
- в ракетостроении



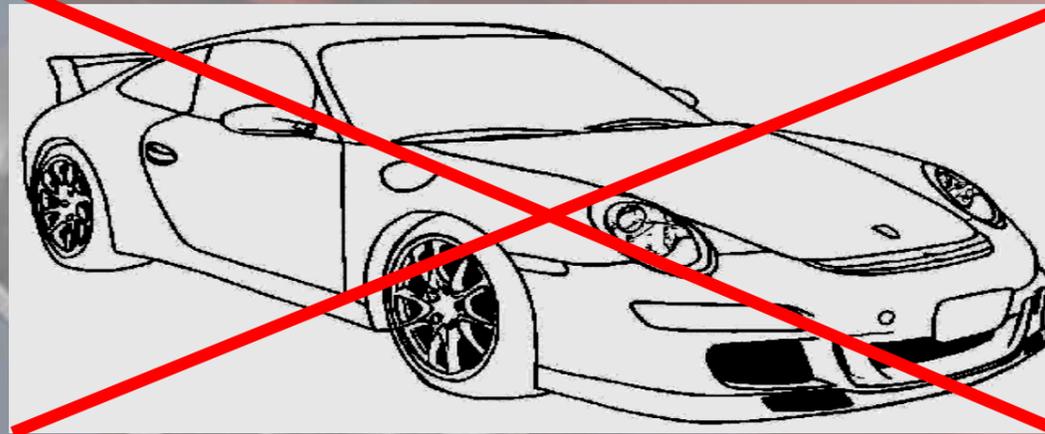
- в самолетостроении



- в водном транспорте



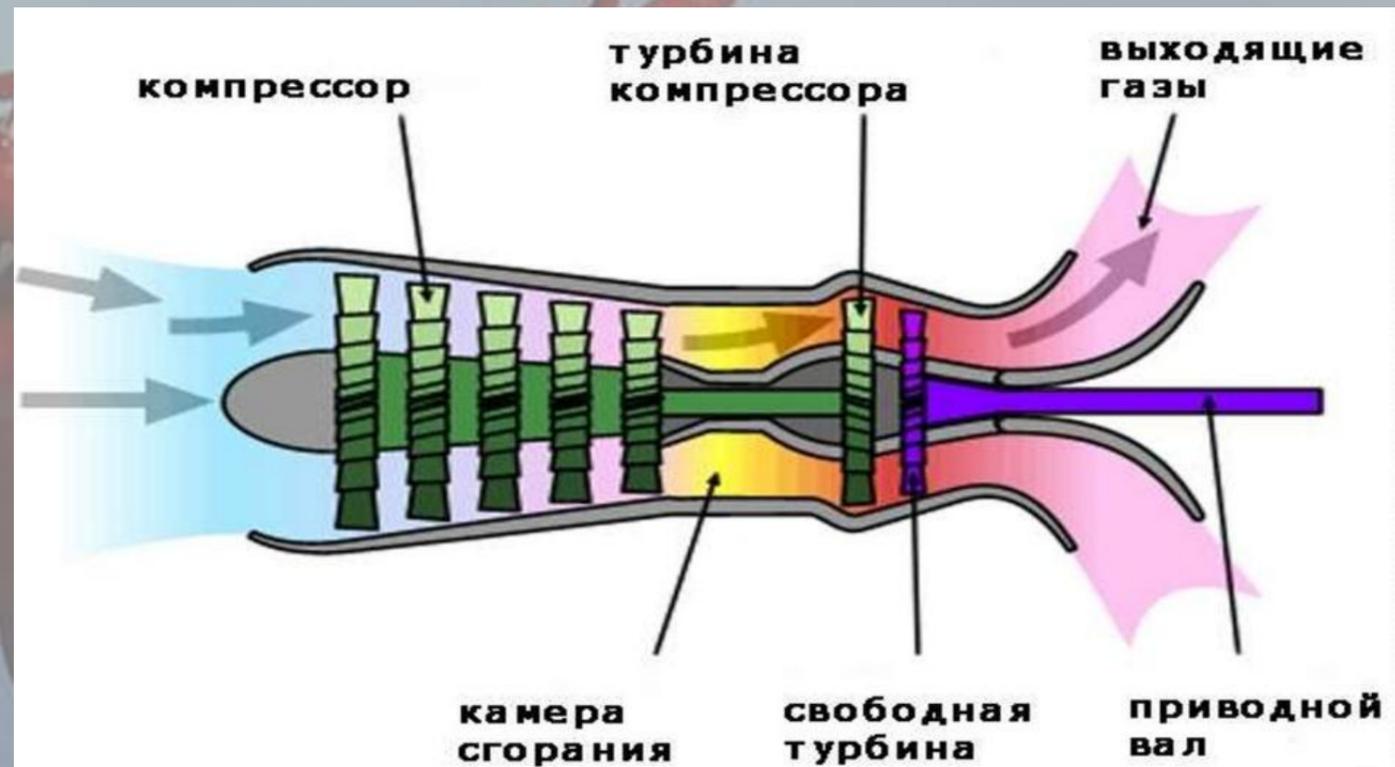
Турбинные двигатели с прямым механическим приводом на колёса ранее не нашли применение в автомобилях, в т.ч. из-за невозможности часто и быстро изменять обороты, что важно, например, при движении в городе.



Технологический уровень 20 века не позволял создать компактный и экономичный турбинный двигатель, который можно применить в автомобилях.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТУРБИН

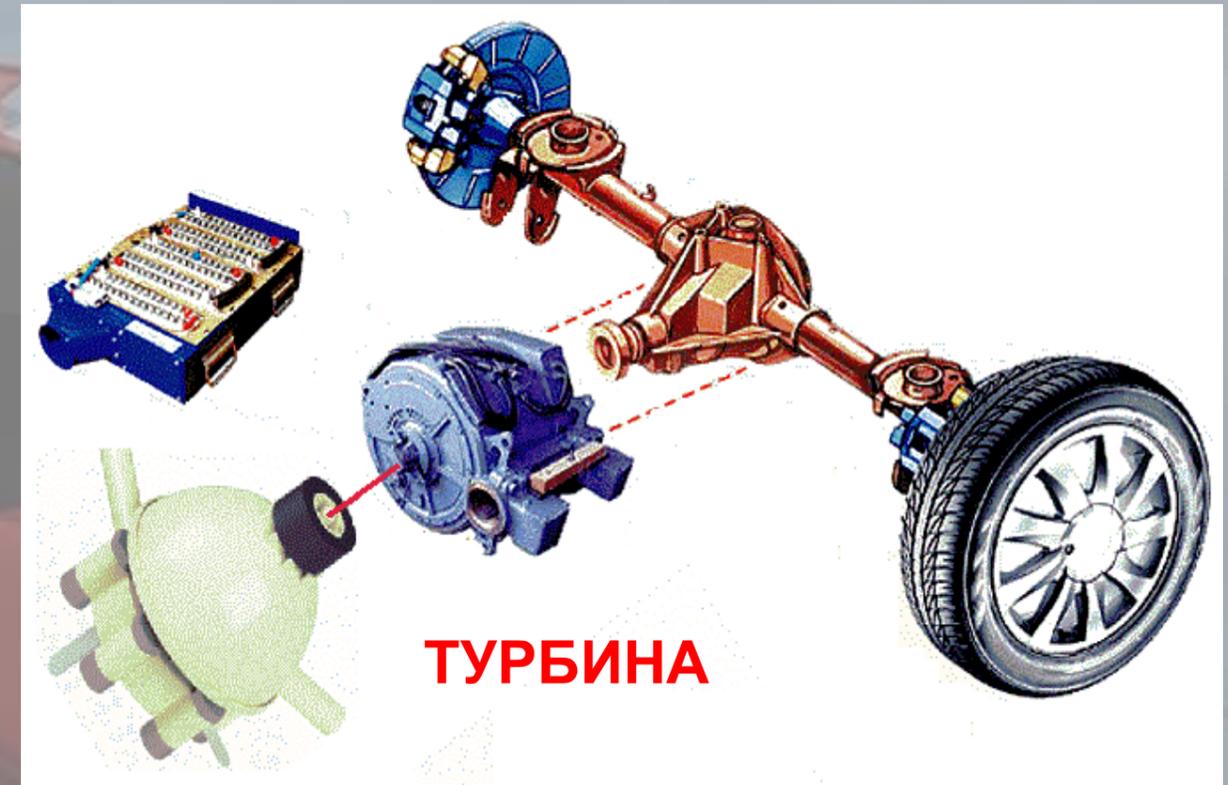
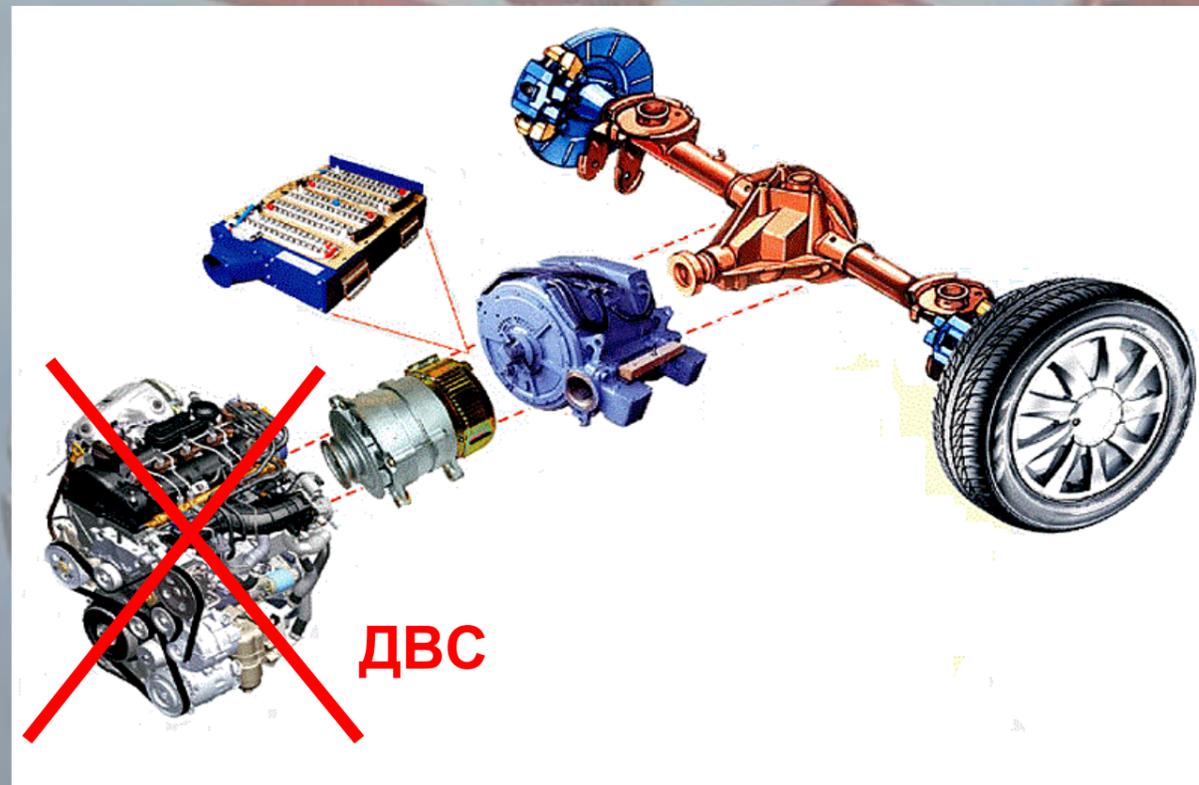
Турбины имеют значительные преимущества перед двигателями внутреннего сгорания



- Мультитопливность и меньшие требования к качеству топлива
- Меньшее количество деталей и подвижных частей
- Экономичность и высокий КПД
- Высокая надежность
- Простота конструкции и обслуживания
- Минимальные требования к системе смазки
- Меньшие эксплуатационные затраты
- Меньший вес и габариты

РЕШЕНИЕ

Создание серийных дешёвых турбинных двигателей для «гибридных» автомобилей.



Современные 3D технологии, разработанные нами высокотемпературные керамические материалы для 3D принтеров и методы твердотельного сращивания керамики, а также имеющийся опыт расчета и изготовления малогабаритных турбин, позволяют создать прототип серийного автомобильного турбинного двигателя в составе гибридного привода.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПАРТНЕРА

Постановка совместной научно - исследовательской работы по созданию российской автомобильной гибридной двигательной установки на основе турбины из высокотемпературных керамических материалов и совмещенной с генератором.

КЕРАМИЧЕСКАЯ ТУРБИНА СОВМЕЩЕНА С ГЕНЕРАТОРОМ

ЗАДАЧИ НИР

1. Создание функционального макета автомобильного **турбинного двигателя**, совмещенного с генератором;
2. Создание функционального макета автомобильной **гибридной двигательной установки** с турбинным двигателем.

ПЕРСПЕКТИВЫ

**ХИМИЧЕСКАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

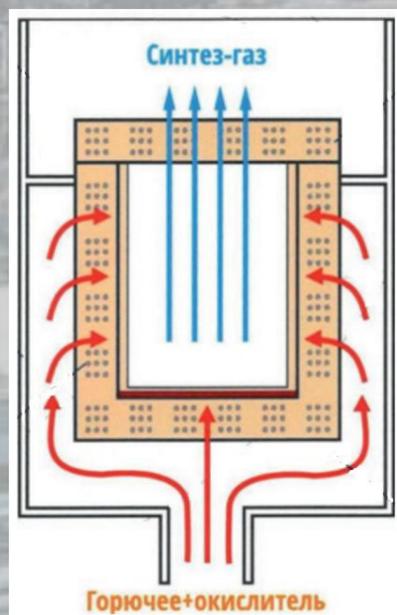
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

С помощью керамических 3D технологий и технологии твердотельного срачивания керамических деталей можно быстро решить проблемы импортозамещения.

Высокотемпературные форсунки химических установок



Метод стереолитографии при 3D-печати керамики



Матричные химические реакторы

Фильтры каталитической очистки



Метод твердофазного срачивания керамических деталей



Высокотемпературные химостойкие изделия сложной формы

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПАРТНЕРА

**Совместное проведение работ
по импортозамещению**

ПЕРСПЕКТИВЫ

ВАКУУМПЛОТНАЯ КЕРАМИКА

ВАКУУМПЛОТНАЯ КЕРАМИКА

Прорывные решения в области разработки электровакуумных приборов

Электровакуумные СВЧ приборы



Снижение сроков создания новых приборов

Снижение массо-габаритных характеристик

Фотоэлектронные приборы



Генераторные лампы



3D ВК

Новые потребительские свойства



Уменьшение брака

Увеличение ресурса



Керамическое рентгеновское оборудование

Другие электровакуумные приборы и изделия

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПАРТНЕРА

**Постановка совместных
научно - исследовательских
и опытно-конструкторских работ
по тематике**

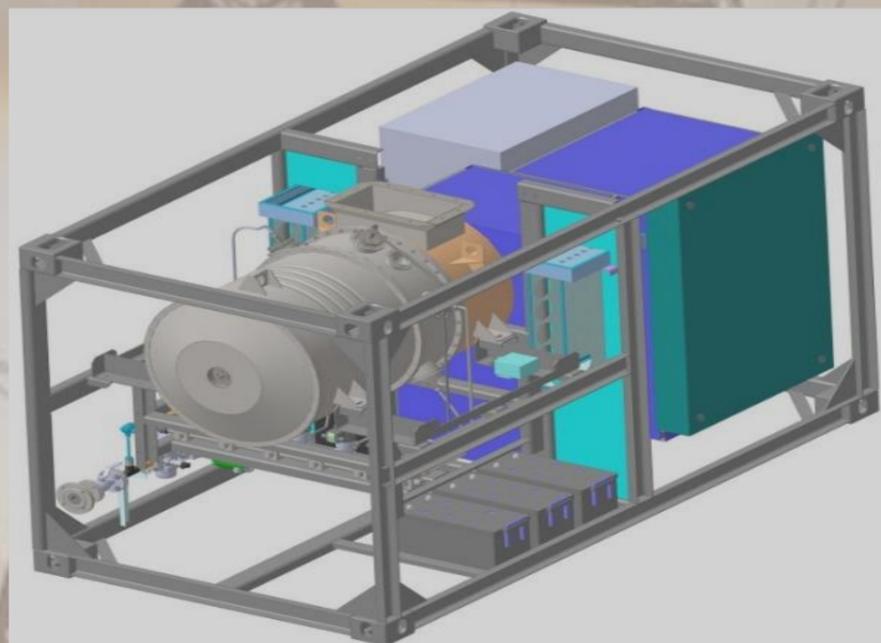
**ГЕНЕРАЦИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ**

ЭНЕРГОТУРБИНЫ

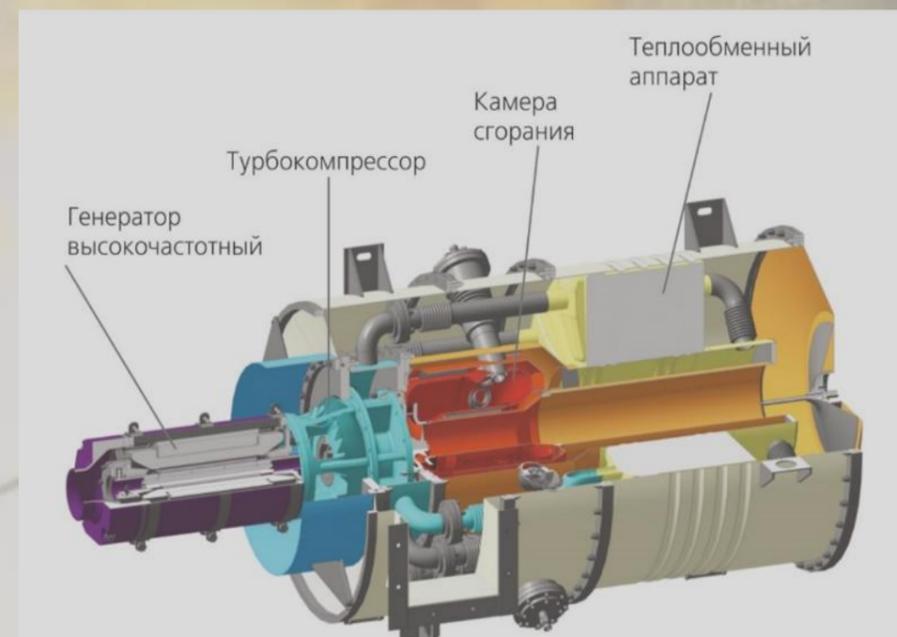
Линейка энергоустановок мощностью от 60 до 200 кВт.

Камера сгорания и колесо турбины должны быть выполнены из наших высокотемпературных керамических материалов методами 3D стереолитографии и твердотельного сращивания.

Энергоустановка



Силовой блок



В основе – керамическая микротурбина, не имеющая российских аналогов.

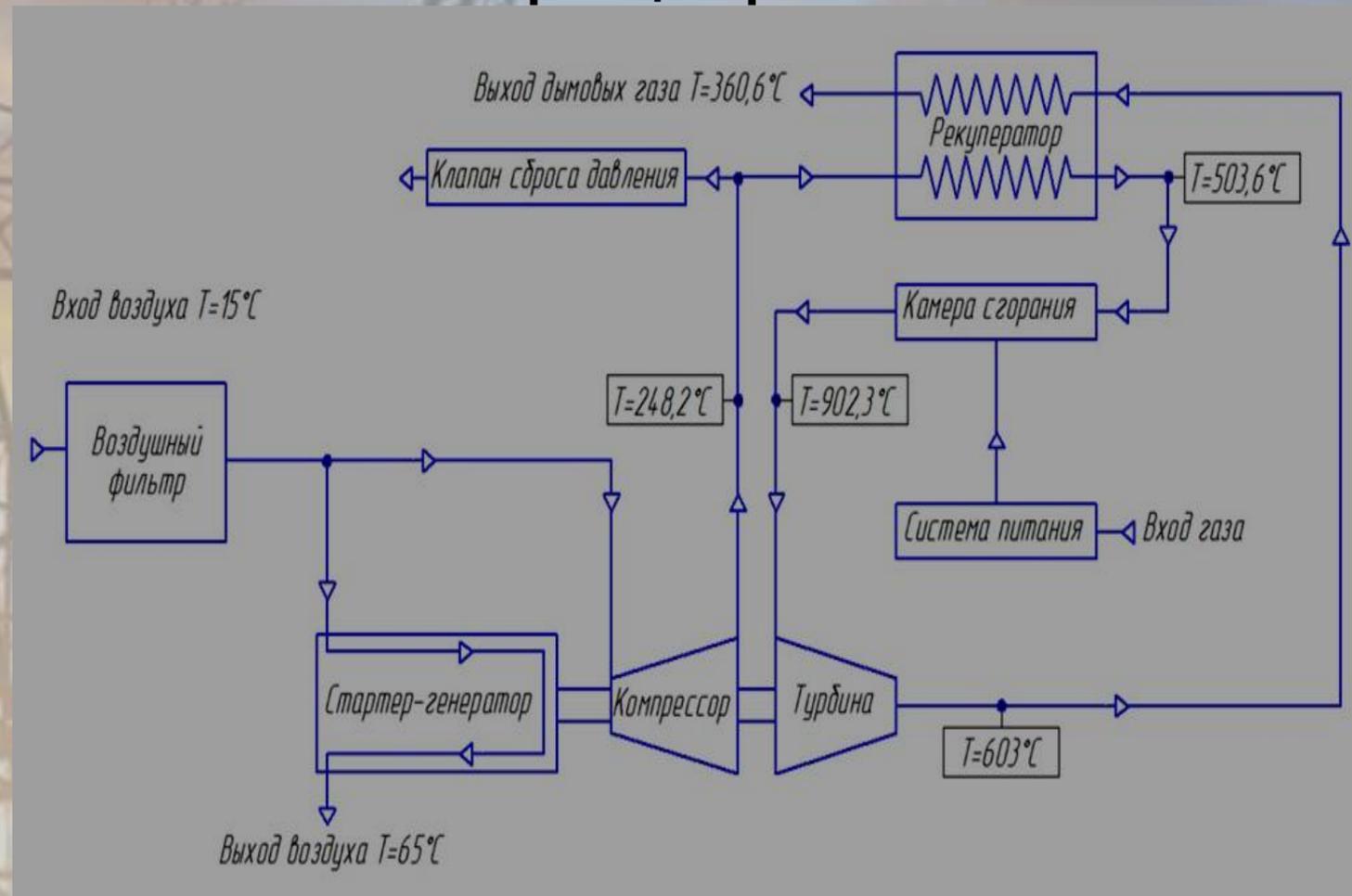
Энергоустановки предназначены для автономного энергоснабжения:

- объектов инфраструктуры нефтегазового сектора (за счет сжигания попутного газа);
- жилых и производственных помещений (при подключении к газопроводу).

Работают на природном газе
и оснащены устройством тепловой регенерации выпускных газов.

ЭНЕРГОТУРБИНЫ

Принцип работы



Преимущества

- Высокий КПД;
- Компактность, малый вес и габариты;
- Низкий уровень выбросов вредных веществ;
- Низкий уровень шума и вибрации;
- Низкая стоимость обслуживания и длительные межсервисные интервалы.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПАРТНЕРА

**Постановка совместной
научно - исследовательской работы
по созданию малогабаритных
эффективных электрогенераторов**

КОМАНДА



**Певгов
Вячеслав
Геннадьевич**

**Научный
руководитель
проекта,
к.ф.-м.н.**

Автор более 150 научных публикаций. Автор более 50 патентов, которые внедрены и используются как в космической технике, так и в приборах научного применения.



**Темкин
Вячеслав
Витальевич**

**Руководитель
проекта**

Автор 10 патентов, которые внедрены и используются в изделиях гражданского и военного назначения.



**Панин
Александр
Михайлович**

**Главный
конструктор
проекта,
к.т.н**

Автор более 20 патентов, которые внедрены и используются в приборах гражданского и военного назначения.

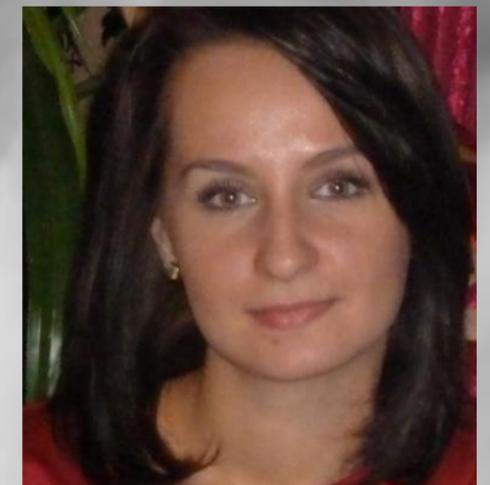


**Смирнов
Дмитрий
Николаевич**

**Главный
инженер
проекта**

Инженер-разработчик с опытом более 25 лет.

Имеет благодарности и почетные грамоты за добросовестный труд.



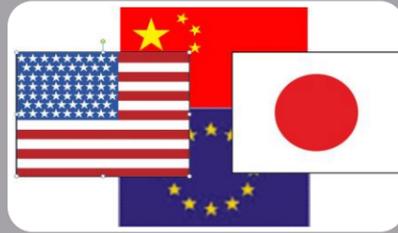
**Горелкина
Екатерина
Николаевна**

**Администратор
проекта**

Инженер-разработчик с опытом более 10 лет.

Автор 2 патентов, которые внедрены и используются в приборостроении гражданского назначения.

ВЫВОДЫ



Ведущие мировые державы активно развивают керамические 3D технологии.



В России освоены технологии 3D печати металлов. Технологии керамической 3D печати освоены слабо.



ООО «ЭКИПО» имеет значительный научно-технический задел и практический опыт в области аддитивных керамических технологий.



Индустриальные партнеры имеют значительный опыт во внедрении инноваций и ресурсное обеспечение.



Объединив наши знания, опыт и возможности, вместе мы сможем вывести Россию в лидеры на мировом автомобильном рынке.

**МЫ ГОТОВЫ К СОТРУДНИЧЕСТВУ
И РАБОТЕ ПОД БРЕНДОМ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПАРТНЕРА!**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ООО «ЭКИПО», г.Сергиев Посад

Темкин Вячеслав Витальевич, моб.+7-906-666-66-38