

Sk  
Сколково



Московский  
инновационный  
кластер



Научно-исследовательский центр  
Интегратор новых производственных цифровых технологий



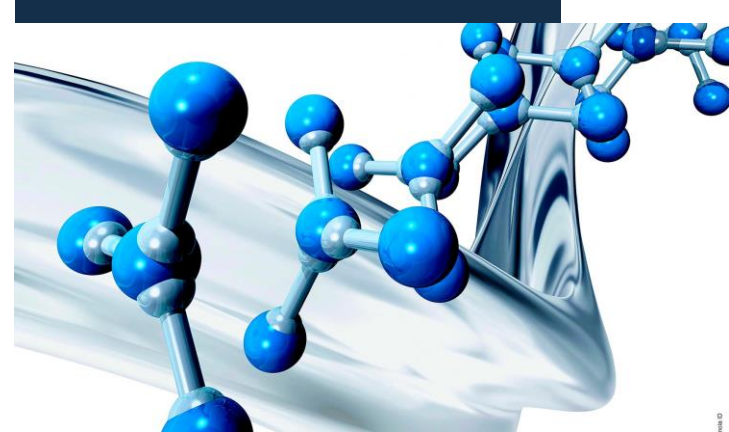
АО «ЗЕНТОРН»

Май, 2021 год

Технологии — движение...

# Проблемы

- Резервы свойств материалов, применяемых для конструктивных элементов ДВС, практически исчерпаны
- Технологии покрытий не обеспечивают долговечности и термоциклической стойкости для перспективных типов двигателей нового поколения
- Характеристики мощности, экономичности, экологичности и ресурса современных ДВС – требует применение новых материалов и технологий
- Катализ процесса в камере сгорания ДВС, обеспечивающий снижение эмиссии вредных выбросов - труднореализуем
- Разрозненные центры компетенций по технологиям и новым материалам
- Низкий уровень автоматизации и систем поддержки принятия решений для производственного цикла с учетом внешних параметров рынка.



# Проблемы



## Автомобилестроение

- Экология, выбросы CO
- Расход топлива
- Литровая мощность



## Автоспорт

- Высокие температуры
- Высокие нагрузки
- Вес и прочность ЦПА



## Железнодорожный тр-т

- Износ поршней
- Большой вес поршня
- Ресурс, надежность



## Судостроение

- Коррозия
- Удельная мощность
- Форсирование



## Авиастроение

- Ресурс лопаток турбин
- Износостойкость
- Высокие температуры



## Сельхозтехника

- Восстановление деталей
- Импортозамещение
- Износостойкость



## Нефтегазовая отрасль

- Коррозия
- Химическая стойкость
- Инертность материалов



## Строительство

- Коррозия
- Декоративные покрытия
- Срок службы



## Пищевая промышленность

- Санитария и гигиена
- Износостойкость
- Восстановление и ремонт



## Декоративные покрытия

- Антивандальные покрытия
- Видовые свойства
- Долговечность



## Оптические приборы

- Коррозия
- Вес изделий
- Износостойкость



## Экология

- Экология, выбросы CO
- Расход топлива
- Очистка воды



# Инновации в машиностроении

## Радикальные изменения

- Изменение конструкции
- Инновации материалов

## Модификационные изменения

- Применение гибридных технологий
- Изменение свойств материала/поверхности конкретной детали

## Технологии Улучшения

- Конкурентный мировому уровню НИОКР
- Цифровые производственные технологии

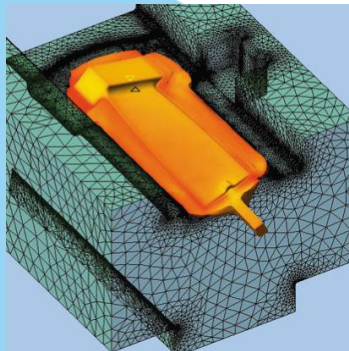


# Технологии



## Микродуговое оксидирование

Перспективная технология, обеспечивающая повышение износостойкости конструкций, приводящее к формированию на поверхностях изделий из сплавов вентильных металлов (алюминий, титан и др.) керамических покрытий (КП), обладающих уникальным комплексом свойств.



## Изотермическая штамповка

Экономически эффективный технологическим процессом для титановых и алюминиевых сплавов, позволяющим снизить материалоемкость и трудоемкость изготовления по сравнению с традиционной многопереходной технологией изготовления деталей из поковок и плит.



## Порошковая металлургия

Большое развитие порошковая индустрия получила с развитием высокотехнологичной техники, требующей изделий из композитных материалов. Отличие композитов от сплавов состоит в возможности получать прочные соединения разнородных металлических и неметаллических компонентов.

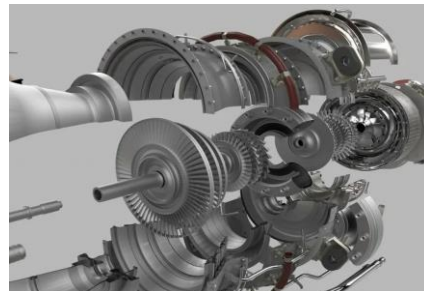


# Применение на вентиляльных металлах



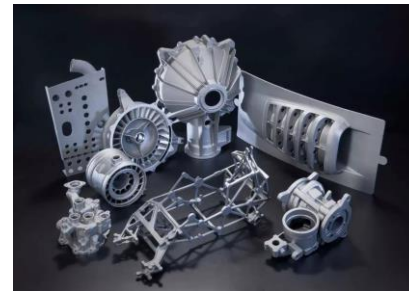
## Алюминий

Благодаря легкости, долговечности, устойчивости к коррозии и температурным воздействиям, **алюминий** является самым востребованным цветным металлом **в машиностроении**. В основном **в машиностроении** применяют изделия алюминиевого проката, литья и экструзии, которые используются для изготовления силовых элементов конструкций, деталей машин и различных механизмов..



## Титан

**Титан** используется в разнообразных деталях **в авиационной промышленности** из-за его значительных преимуществ. Титан и его производные характеризуются высокими температурой плавления и удельным электросопротивлением, прочностью, сравнимой с большинством марок легированных сталей, коррозионной стойкостью в воздухе, воде и химически агрессивных средах, немагнитностью и многими другими полезными свойствами.



## Магний

Использование **магния в автомобилестроении** и авиационной **промышленности**, как самого легкого металла, существенно отражается на экономии энергии, поскольку снижение веса транспортных средств приводит к прямой экономии топлива. При легировании магний имеет самое высокое отношение прочности к весу всех структурных металлов.



# Преимущества



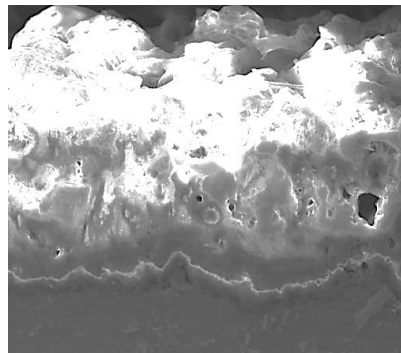
# Решения

## Двигателестроение

Модификационный слой «ZENTORN» (толщина 150-200 мкм) обладает специально подобранной микропористой структурой и оксидным фазовым составом. Особая комбинация свойств связана с природой формирования покрытия «ZENTORN» (плазменная электролитическая обработка) + легирование специальными составами.

### Покрытие обеспечивает:

1. **Динамическую тепловую защиту**, гарантирующую высокую термоциклическую стойкость;
2. **Высокую прочность и износостойкость**;
3. Облегчение конструкции;
4. **Высокие теплоизолирующие свойства** при малой толщине рекордно низкая теплопроводность (менее 1 Вт/м·К);
5. **Высокие каталитические свойства** за счет особого химического состава покрытия, большой активной поверхности, располагающей статическим потенциалом;
6. **Бесконечный ресурс покрытия**.
7. **Снижение тепловой нагрузки** на систему охлаждения



Пористая аморфная структура каталитически-активного термобарьерного покрытия

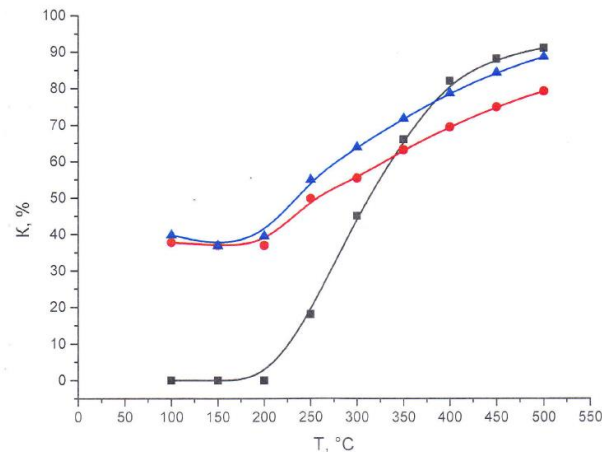


# Каталитическая активность

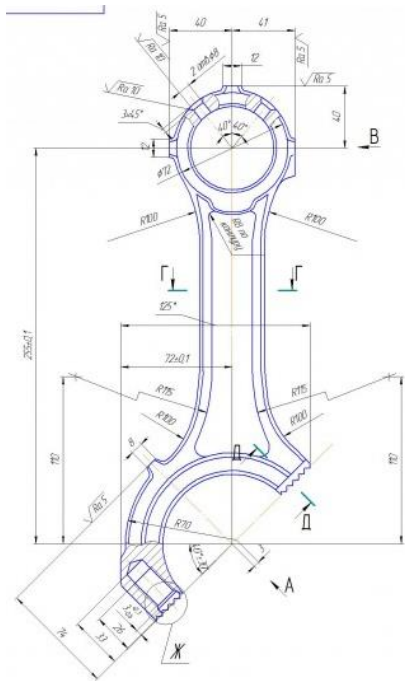
1. Впервые применено каталитически активное термобарьерное (КАТБ) покрытие на **поршне** и на **сфере головки цилиндра методом МДО**
2. Разработки запатентованы.
3. Каталитические свойства покрытий подтверждены исследованиями в Томском Университете - центра коллективного пользования Технопарка Сколково



График зависимости степени конверсии CO в CO2 от температуры в камере сгорания



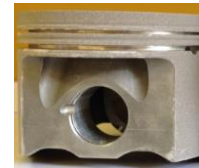
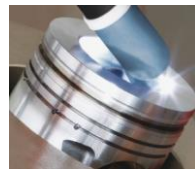
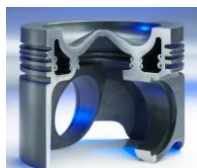
# Изделия из титана



- Мы предлагаем сплавам из титана в альтернативу нашу разработку «**КОМПОЗИТЫ** на основе титана легированные углеродом», **увеличенной прочности и жесткости**;
- **Экономичная порошковая технология** производства из них элементов конструкций;
- Основное применение сплавов – **подвижные элементы двигателей** внутреннего сгорания, в частности шатуны;
- **Увеличению** коэффициента полезного действия двигателя, **сокращению** расхода топлива и **повышению** его **мощности** без существенного изменения стоимости.



# Сравнение поршней

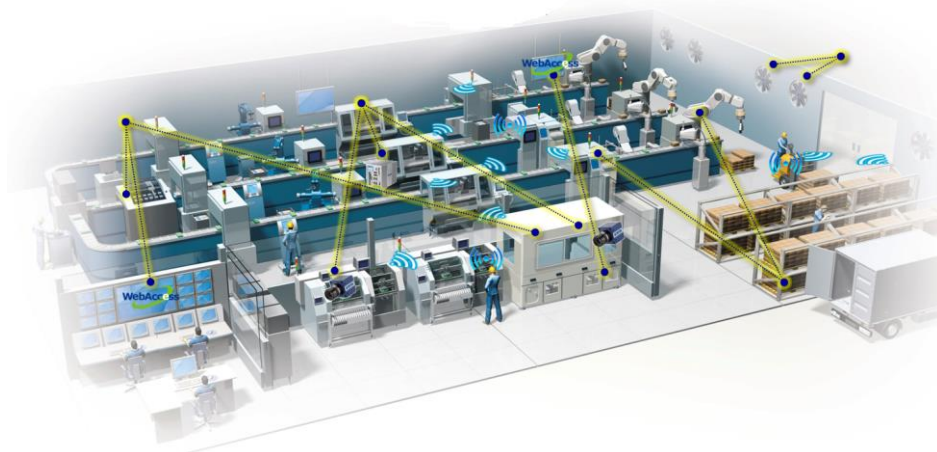


	Классический поршень из Al сплава	Al поршень со стальной вставкой FERROTERM	Стальной поршень	Federal Mogul Al поршень DuraBowl	Предлагаемое решение - Al поршень с покрытием «ZENTORN»
Пиковое давление, бар	<170	<200	<230	<220	<230
Удельная мощность, кВт/л	75	85	100	90	90+
Тепловой КПД	-	+	+	-	+++
Рабочая температура	<300	<450	<450	<420	<600
Каталитические свойства	Нет	Нет	Низкие	Низкие	Высокие
КТР поршня	средние	Очень высокие	высокие	средние	низкие
Инерционные нагрузки	низкие	Средние +	высокие	Низкая	низкие

# Результаты



Выписка из технической справки по результатам испытаний дизельного двигателя 6ЧН15/16



## 4 Заключение

4.1 Испытания показали эффективность применения керамического термобарьерного покрытия для повышения надежности и работоспособности деталей поршневой группы и головок цилиндров дизельного двигателя 6ЧН15/16 при его форсировании до максимальных давлений рабочего процесса свыше 150 кгс/см<sup>2</sup>. Двигатель остался в работоспособном состоянии и пригодным для дальнейших испытаний после воздействия максимального давления рабочего процесса до 172 кгс/см<sup>2</sup>, что позволило получить прирост мощности двигателя 21% в сравнении с базовым (540л.с.) без снижения степени сжатия.

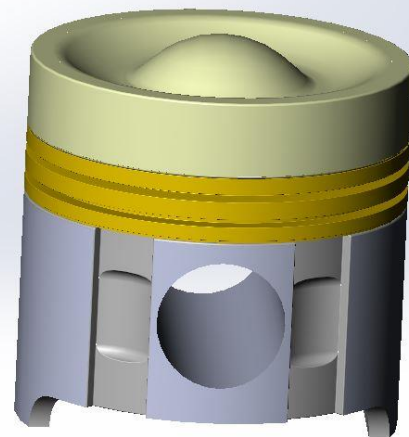
# Разработка технологии изотермической штамповки для изготовления кованого поршня с нирезистовой вставкой под компрессионные кольца

Такой метод штамповки обеспечивает получение точных заготовок из легких сплавов, в частности, алюминиевых сплавов, также обеспечивает получение заготовок со сложным профилем, в том числе, с тонкими стенками, ребрами, элементами ассимметрии и т.п. Это оказывается возможным за счет создания в штамповом инструменте условий близких к изотермическим. При этом пластичность деформируемого материала существенно повышается; сопротивление материала деформированию – понижается. Получаемые заготовки характеризуются повышенными механическими свойствами, хорошей проработкой микроструктуры и минимальными припусками на последующую обработку резанием.

Изготовление поршня с нирезистовой вставкой методом изотермической штамповки с последующим покрытием рабочей поверхности МДО позволит:

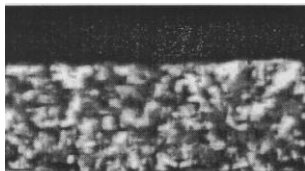
- ✓ уменьшить вес высоконагруженных ДВС;
- ✓ увеличить КПД ДВС;
- ✓ увеличить литровую мощность ДВС;
- ✓ защитить поршень от термоциклических нагрузок;
- ✓ **снизить инерционность двигателя за счет замены стальных или цельно-составных поршней на кованный поршень с нирезистовой вставкой.**

✓ **ЗАПАТЕНТОВАНО !**



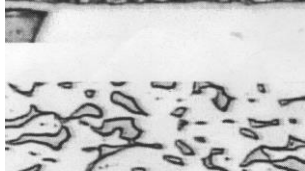
# Износостойкое керамическое высокопрочное покрытие для вкладышей коленвалов

01



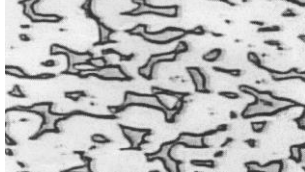
Слой **ZENTRON** - керамика 2500 HV

02



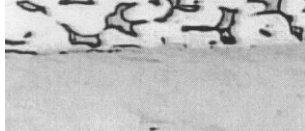
Никелевая прослойка

03



Слой свинцовой бронзы

04

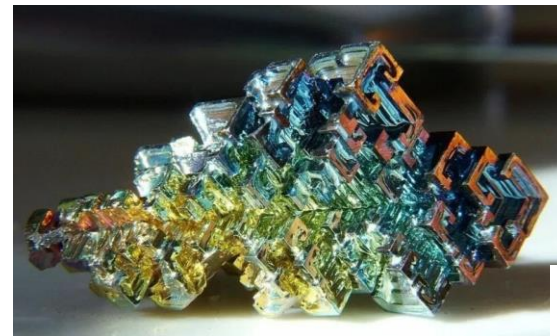
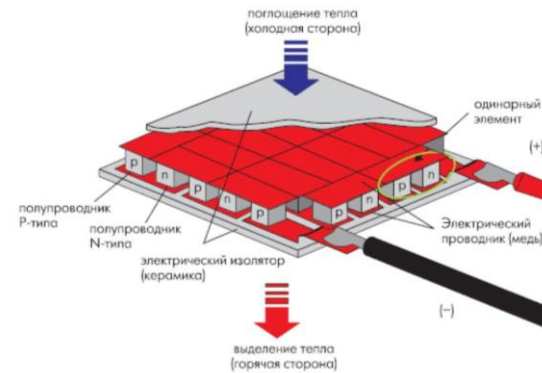


Стальное основание

- Многофункционального металлооксидного слоя (покрытия) состоящего из высокотемпературных модификаций  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ , связующих шпинельных оксидных соединений и интерметаллидов (Al, Pt и др.), предназначенного для катализа процесса сгорания, теплозащиты камеры сгорания, снижения механического износа и адгезии продуктов сгорания (создания препятствия нагарообразованию) к рабочей поверхности камеры сгорания, поршня (до огневого пояса) и седла клапана (указатель «1» см. рисунок).
- Износостойкого, плотного ( $3,9 - 4,1\text{г/см}^3$ ), твердого (свыше 2500HV) оксидного слоя состоящего из  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  и связующих шпинельных оксидных соединений предназначенного в качестве антифрикционного покрытия для снижения коэффициента трения (до значения  $0,04 - 0,09$ ), механического износа и задержки смазочного материала в пятне контакта пар поверхностей трения: стенка цилиндра – тронк (стенка поршня); подшипник скольжения шатуна - палец, вкладыш – шейка коленчатого вала, корпуса подшипника скольжения – шейка распределительного кулачкового вала (указатель «2» см. рисунок).
- Металлооксидного композиционного материала состоящего из конструкционной основы (алюминиевый сплав), металлооксидного композита ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\gamma\text{-SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  и др.), связующих шпинельных оксидных соединений и интерметаллидов (Al, Ti, Pt и др.) предназначенного для изготовления композиционных сотовых конструкций каталитических конвертеров (нейтрализаторов) отработанных газов.

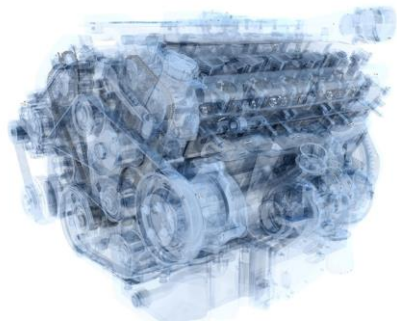
# Трубчатый термоэлектрический генератор

- Комплекс технических решений в конструкции выпускного тракта отработанных газов и системы охлаждения ДВС направленные на преобразование выработанного и сбрасываемого тепла системой охлаждения и отработанных газов в электрическую энергию путем прямого термоэлектрического преобразования.
- Трубчатые термоэлектрические модули (ТЭМ) с радиально - кольцевыми термобатареями хорошо компонуются в виде трубных теплообменных аппаратов и позволяют набирать по интегральной схеме ТЭГи мегаваттной мощности.
- Трубчатая конструкция ТЭМ обладают повышенной удельной мощностью, которая колеблется от 1,5 до 65 Вт/кг.
- Переходно-коммутационные МДО-слои из металлооксидных композитов с зонной организацией слоистой структуры состоящие из металлического, интерметаллидного и оксидного трехзонного слоя, позволяют организовать теплостойкое и термостойкое сопряжения термоэлектрических материалов в установках, работающих на эффектах Пельтье и Зеебека.



# Решения

Автомобилестроение



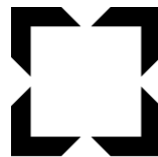
Модификационный слой «ZENTORN» (толщина 150-200 мкм) обладает специально подобранной микропористой структурой и оксидным фазовым составом. Особая комбинация свойств связана с природой формирования покрытия «ZENTORN» (плазменная электролитическая обработка) + легирование специальными составами.

## Покрытие обеспечивает:

1. **Динамическую тепловую защиту**, гарантирующую высокую термоциклическую стойкость;
2. **Высокую прочность и износостойкость**;
3. Облегчение конструкции;
4. **Высокие теплоизолирующие свойства** при малой толщине рекордно низкая теплопроводность (менее 1 Вт/м·К);
5. **Высокие каталитические свойства** за счет особого химического состава покрытия, большой активной поверхности, располагающей статическим потенциалом;
6. **Бесконечный ресурс покрытия**.
7. **Снижение тепловой нагрузки** на систему охлаждения

[www.zentorn.com](http://www.zentorn.com)

Уровень готовности технологии  
(Technology readiness level) TRL 8



Ростех



6,4  
млрд. руб.

SAM

640  
млн. руб.

SOM

210  
млн. руб.





# Решения Автоспорт



- увеличения надежности турбомоторов при макс. нагрузке, в 43% поломок причина - силовая установка;
- прироста мощности до 10% путем Катализа;
- более чем в 2 раза снижение массы поршня;
- обеспечивает тепловую динамическую защиту поршня, с твердостью более 130 ед.

**ROTAX**



**BMW Motorsport**  
M Power



TAM

2,7  
млрд. руб.

SAM

50  
млн. руб.

SOM

40  
млн. руб.



TAM  
2,7  
млрд. руб.

SAM

50  
млн. руб.

SOM

40  
млн. руб.



engine performance [kW]\* Performance graphs - 125 MAX evo engine series



- 125 MAX DD2 evo
- 125 MAX evo
- 125 Junior MAX evo
- 125 Mini MAX evo
- 125 Micro MAX evo

«ZENTORN»

## FR 125 MAX evo

Maximum Performance (BASE): - 22 kW / 23 hp at 11,500 rpm  
 Maximum Performance (ZENTORN): - 22-24 kW at 10,000 - 12,000 rpm

Maximum torque (BASE): - 21 Nm at 9,000 rpm  
 Maximum torque (ZENTORN): - 22 Nm at 9,000 - 11,000 rpm



\*Performance figures according to ISO 15550 and ISO 4106

# Решения

Рельсовый транспорт



- увеличения надежности двигателя, до 30% отказов в работе узлов локомотивов из-за дизельных двигателей;
- увеличения ресурса до капремонта, по данным международного конгресса CIMAC дизельные двигатели остаются основой отрасли;
- снижения тепловой нагрузки на двигатель, среднесуточный пробег локомотива составляет более 650 км.

[www.zentorn.com](http://www.zentorn.com)

Уровень готовности технологии  
(Technology readiness level) TRL 6+



Объединенная  
Двигательостроительная  
Корпорация



ТРАНСМАШХОЛДИНГ



ПЕНЗАДИЗЕЛЬМАШ



КОЛОМЕНСКИЙ ЗАВОД

ТЕХНОДИНАМИКА

Задавая новые стандарты



TAM

350

млн. руб.

SAM

40

млн. руб.

SOM

12

млн. руб.



# Решения Судостроение



- обеспечивает рост мощность двигателя при его форсировании до 10%
- обеспечивает термощиклическую стойкость, до 10% общего износа цилиндров по причине температурных циклов
- выдерживание более 2500 циклов «нагрев–охлаждение»
- обеспечивает тепловую динамическую защиту поршня, с твердостью более 130 ед.
- обеспечение стандарта не ниже ЕВРО-5 ,снижение содержания вредных углеводородов в выхлопных газах.



«Северная верфь»  
ОАО Судостроительный завод



ПАО «АВТОДИЗЕЛЬ»

TAM

1000  
млн. руб.

SAM

60  
млн. руб.

SOM

12  
млн. руб.

# Решения

Авиационная промышленность



- снизить количество авиационных происшествий, 23% происшествий, связано с силовыми установками;
- увеличить межремонтный ресурс лопаток турбин,
- снизить степень шероховатости лопаток турбины, возможное увеличение КПД до +0,5%



Ростех



ФИЛИАЛ  
"ОМСКОЕ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
ИМЕНИ П.И. БАРАНОВА"

TAM

800  
млн. руб.

SAM

190  
млн. руб.

SOM

22  
млн. руб.

# Решения

Сельхозтехника



- увеличения коррозионной и износостойкости деталей, средний возраст сельхозтехники в РФ - более 16 лет.

- снижения трения, до 85% сельхозмашин выходят из строя по причине изнашивания;

- увеличения ресурса поршней двигателя, нагрузка на сельхозтехнику в РФ в 8 раз больше чем в Канаде.

- Импортозамещение и ремонт

# ROPA



JOHN DEERE



КАМАЗ



TAM

2500  
млн. руб.

SAM

500  
млн. руб.

SOM

100  
млн. руб.



# Решения

Индустриальные ДВС



- снижения общего износа деталей, межремонтных ресурс составляет не более 10000 часов

- увеличения коррозионной и износо - стойкости деталей, коэффициент отказов ЦПГ составляет 25%

- снижения теплового оттока, до 20% тепловой энергии теряется с охлаждающими средами (воздухом, маслом)



Барнаултрансмаш



KAMAZ



Тутаевский  
моторный завод

TAM

8,0  
млрд. руб.

SAM

1,2  
млрд. руб.

SOM

225  
млн. руб.

# Решения

Нефтегазовая отрасль



МУРОМСКИЙ ЗАВОД  
ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

БАЛТИЙСКИЙ  
ЗАВОД ДЕТАЛЕЙ  
ТРУБОПРОВОДОВ



Опытный  
Завод  
Деталей  
Трубопроводов

TAM

52,5  
млрд. руб.

SAM

2800  
млн. руб.

SOM

280  
млн. руб.





# Решения

Строительство



- высокие диэлектрические свойства элементов и покрытий, выдерживает пробой до 1600V
- высокая стойкость к истиранию поверхности, антивандальность
- уникальные потребительские (видовые и тактильные) свойства



TAM

5  
трлн. руб.

SAM

240  
млн. руб.

SOM

24  
млн. руб.



# Решения

Пищевая промышленность



- высокие санитарно-гигиенические свойства материалов, не содержать в своем составе вредных веществ, переходящих в пищу

- износостойкость и долговечность узлов и деталей, имеют гладкую, полированную, поверхность.

- высокие санитарно-гигиенические свойства материалов, не содержать в своем составе вредных веществ, переходящих в пищу

- износостойкость и долговечность узлов и деталей, имеют гладкую, полированную, поверхность



TAM

10  
млрд. руб.

SAM

600  
млн. руб.

SOM

60  
млн. руб.

# Решения

Декоративные покрытия



## TOSHIBA

TAM

24  
млрд. руб.

SAM

240  
млн. руб.

SOM

24  
млн. руб.

- антивандальные свойства покрытий
- уникальные потребительские (видовые и тактильные) свойства

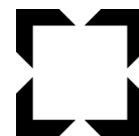
# Решения

Оптика



- коррозионную стойкость материалов и покрытий, до 2700 часов в соляном тумане

- антивандальные свойства покрытий, стойкость к истиранию, покрытие от 5 мкм, превосходит анодирование



Ростех



КАЛАШНИКОВ  
КОНЦЕРН



TAM

30  
млрд. руб.

SAM

1  
млрд. руб.

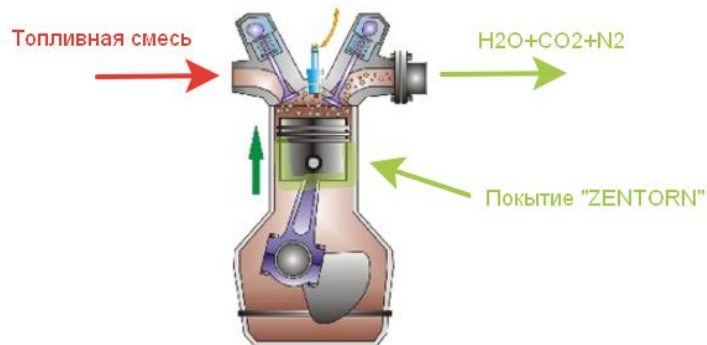
SOM

100  
млн. руб.



# Решения

Зеленые технологии



# TiClean



TAM

600  
млрд. руб.

SAM

20  
млрд. руб.

SOM

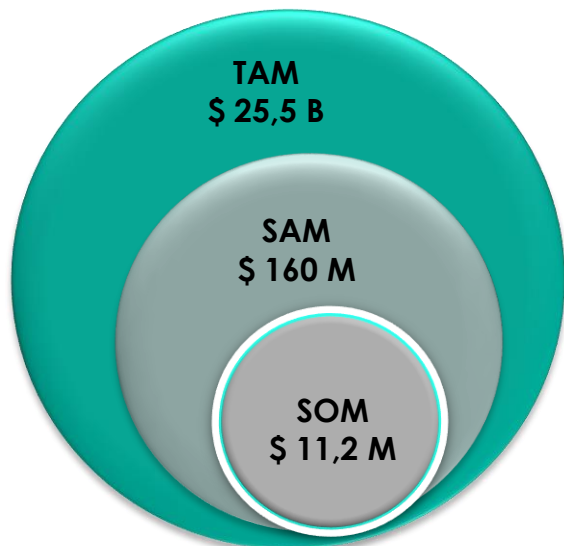
1  
млрд. руб.



Технология ZENTORN обеспечивает:

- снижение выбросов CO в атмосферу двигателями внутреннего сгорания, ежедневно в атмосферу в РФ выбрасывается более 100 тыс. тонн CO
- снижение токсичности отработанной газовой смеси, ежедневный выброс токсичных веществ в атмосферу более 9 тыс. тонн, обеспечение класса экологичности EURO-5
- решение проблемы неполного сгорания топлива
- повышение КПД двигателя и сокращение потребления топлива

# Рынок многофункциональных покрытий



## Ключевые тренды

Технологии для предварительной обработки поверхности металлов будут развиваться быстрее других в сфере обработки покрытий.

Развитие технологий покрытий для термощиклической **стойкости** двигателей нового поколения;

Поиск **альтернатив материалам**, применяемым для поршней ДВС, из-за их ограниченной доступности;

Развитие **материалов для большей экономичности**, экологичности и ресурса современных ДВС.

## Total Available Market (TAM) –

Мировой рынок термобарьерных керамических покрытий для элементов двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

Источник: Internal Combustion Engine Market Size & Share, Industry Report:  
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/internal-combustion-engine-market>

## Serviceable Available Market (SAM) –

Российский рынок термобарьерных керамических покрытий для элементов ДВС

Источник: Анализ рынка двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в России

<https://drgroup.ru/2258-analiz-rynka-DVS-v-Rossii.html>

## Serviceable Obtainable Market (SAM) –

Достижимая доля российского рынка термобарьерных керамических покрытий для элементов автомобильных ДВС\*

Источник: из расчёта производственной мощности 100 тыс. изделий в год к 2024 году

# Бизнес модель

1. Формирование покрытия ZENTORN на изделиях Заказчика
2. Изготовление изделий с покрытием ZENTORN по чертежам Заказчика
3. Совместные разработки применения технологии в перспективных изделиях и отраслях
4. Услуги R&D центра разработок и прототипирования
5. Масштабирование технологии ZENTORN на производственные площадки Заказчика
6. Проектирование, изготовление и поставка технологической производственной линии на площадках заказчика.



# Автоспортивная команда





# Автоспортивная команда



# ИНВЕСТИЦИИ



1. Изготовление опытной партии изделий и проведение испытаний для концернов АО НПК «Уралвагонзавод», ПАО «КАМАЗ», ОДК-Авиадвигатель (Пермь). Изготовление разработок R&D центра, закупка оргтехники и комплектующих – **10 млн. рублей**
2. Раунд инвестиций – **40 млн. рублей**, 2021 год. Создание R&D центра, закупка оборудования для ЦКП «Сколково», проектирование собственного цифрового, единственного в России и Европе производства многофункциональных патентованных покрытий «ZENTORN»
3. Доли и Exit инвестора – обсуждается индивидуально



# Партнеры





# ZENTORN

АО «ЗЕНТОРН»

[www.zentorn.com](http://www.zentorn.com)

[sk@zentorn.com](mailto:sk@zentorn.com)



Фонд ZeroGravity Foundation обеспечивает  
финансирование, маркетинговую и  
управленческую поддержку проекта ZENTORN



ZeroGravity Foundation — это децентрализованный венчурный фонд и международный агрегатор по цифровым, инновационным и блокчейн технологиям



Вы можете стать акционером проекта и совладельцем компании фонда через покупку токенов GRAVY на ранней стадии [DAO ZHCASH](#), так же вы можете [ознакомиться с полным списком презентаций проектов](#) и компаний, совладельцем которых является фонд

**ZERO**  
GRAVITY FOUNDATION



[zerogravity.foundation](https://zerogravity.foundation)