



**РУСАТОМ**  
аддитивные технологии

Развитие аддитивных технологий в России.  
Переход к Индустрии 4.0

Дуб. А.В., Щуренкова С.А

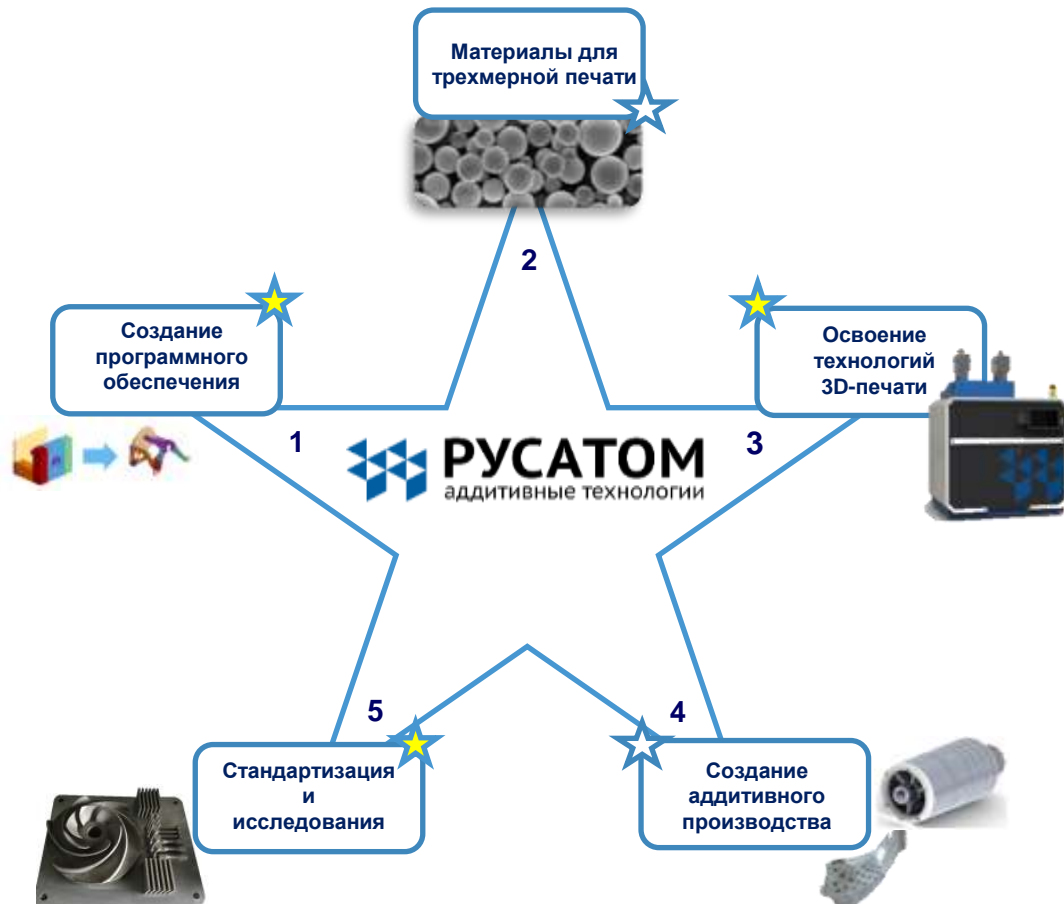


**Целевой продукт** – комплексное предложение в области аддитивных технологий, система услуг печати и обеспечивающей инфраструктуры для нового цифрового производства, объединяющее возможности предприятий ГК Росатом по разработке и эксплуатации цифровых производств и включающее цифровой продукт «Виртуальный принтер» (включая САД системы конструирования продукции нового дизайна и цифровой сертификации), поставку 3D-принтеров, материалов, а также создание и эксплуатацию центров аддитивной печати





Приоритеты технологических направления развития и внедрения аддитивных технологий РФ.  
Роль Госкорпорации «Росатом»



Восьмиугольник АТ (зарубежный подход) .  
Ключевые факторы эффективности процесса трехмерной печати.



★ - Координатор

★ - Ключевой участник



Научные центры развития аддитивных технологий и новых материалов на базе развития технологий использования пучковой энергии в г. Москва, Саров, Екатеринбург/Томск (предложение ГК «Росатом» в рамках выполнения Указа Президента РФ от 07.05.2018 № 204 )  
 Оснащение Научно-образовательные центры созданные в рамках национального проекта «Наука», г. Москва, Пермь, Владивосток

НОЦ



**В ООО «Русатом- Аддитивные Технологии» разработана линейка промышленных принтеров на базе собственного ПО для печати металлами по технологии SLM**

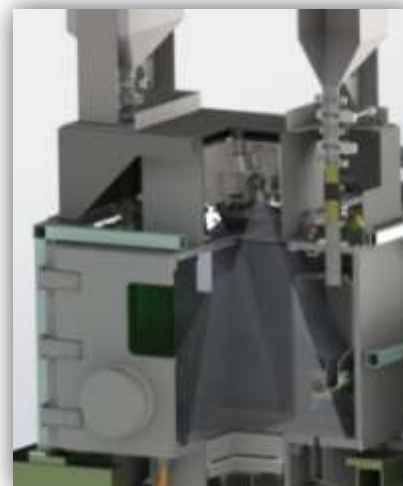
	RusMelt-300	RusMelt-400	RusMelt-600
Область построения, мм	300x300x300	400x400x400	600x600x500
Количество/ мощность лазеров, шт./кВт	1-2 / 0,2-0,7	1-2 / 0,2-0,7	2-4 / 0,5-1
Оптическая система	Трехосевая	Трехосевая	Трехосевая
Габаритные размеры, Ш x Г x В, мм	290x1600x2200	2800x1800x2100	3000x2050x2400
Основные материалы для печати изделий	Нержавеющие стали, инструментальные стали, титан, титановые, алюминиевые и жаропрочные сплавы		
Минимальный-максимальный размер получаемых изделий, мм	0,3-300	0,3-400	0,3-600

- Разработана конструкторская документация на серийные принтеры RusMelt-300, RusMelt-600;
- Организовано серийное производство 3D-принтеров на площадке ООО «НПО «Центротех» (г. Новоуральск);
- Разработан промышленный дизайн на принтер RusMelt-300, завершаются работы по созданию промышленного дизайна принтера RusMelt-600;



## Особенности 3D-принтера RusMelt-300

- ✓ Область построения - 300x300x300 мм
- ✓ Принтеры оснащены двумя лазерами и двусторонней подачей порошка , что обеспечивает высокую скорость печати - до 75 см<sup>3</sup>/ч
- ✓ Мощность лазера от 200 до 1000 Вт подбирается под технологические требования заказчика
- ✓ Трехосевая дефлекторная система позволяет проводить изменения диаметра пятна контакта, и тем самым увеличить производительность печати
- ✓ Оптический датчик линейного перемещения обеспечивает перемещение плиты построения с высокой точностью -  $\pm 3$  мкм
- ✓ Все системы принтера размещаются в едином корпусе, что обеспечивает компактную конструкцию
- ✓ Быстрая смена материала обеспечивается за счет замены дозирующих устройств
- ✓ Подогрев плиты построения - до 200 °С







## Подготовка модели к печати

Определение областей поддержек в зависимости от критического угла

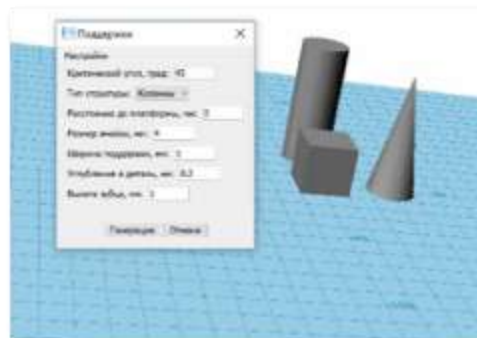


← Основное меню управления

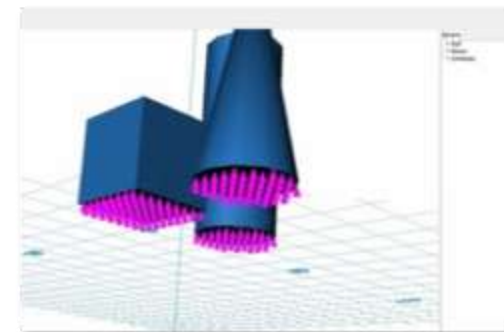
Виртуальная платформа построения

Диалоговое окно с перечнем загруженных деталей

Возможность задания параметров поддержек для каждой детали



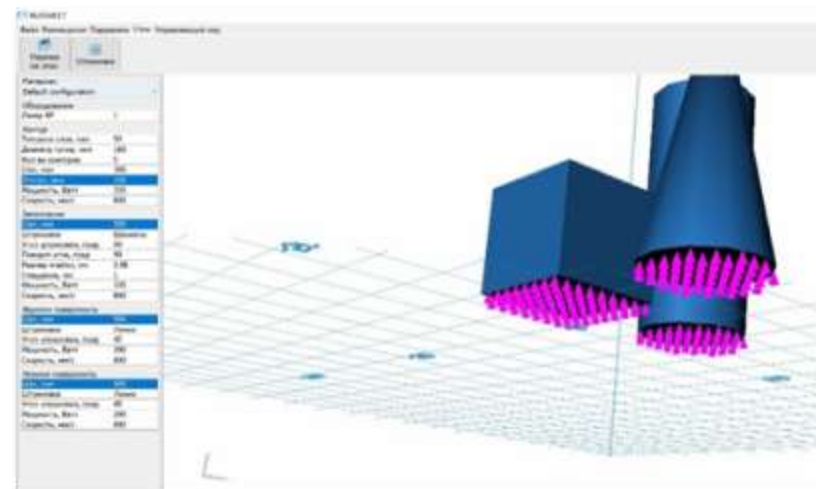
Результат генерации поддерживающих структур и переход на следующий этап



## Задание технологических параметров печати

Деталь делится **4 области**: «верхняя» поверхность, «нижняя» поверхность, заполнение, контуры. Для каждой области могут быть заданы индивидуальные технологические параметры, такие как:

- **мощность ЛИ** до 1000Вт;
- **скорость сканирования** до 10 м/с;
- **тип штриховки** (стратегия – шахматы, линии, полосы с заданием их индивидуальных параметров);
- **шаг треков штриховки** от 40 до 160 мкм;
- **размер пятна лазерного излучения** от 20 до 200 мкм.



Для **многолазерных систем** реализована возможность сопоставления каждому лазеру своей зоны обработки платформы. Все указанные параметры можно задавать для каждой отдельной детали, группы выделенных деталей или целиком по всей платформе.





На предприятиях Росатом в настоящее время проводятся НИОКР, направленные на разработку отечественных серийных образцов ключевых узлов 3-принтеров, которые позволят обеспечить комплектующими отечественные аддитивные установки, а так же вывести новый продукт на отечественный и зарубежный рынки.

## Линейка оптоволоконных лазеров



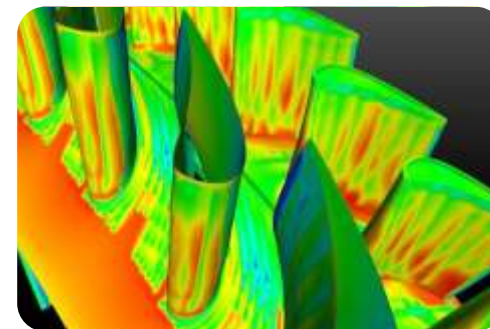
- ✓ Мощность лазеров линейки – 200, 400, 700, 1000 Вт
- ✓ Режим генерации – непрерывный с возможностью генерации отдельных импульсов
- ✓ Ресурс – не менее 8700 ч
- ✓ Фронт нарастания/спада оптической мощности – не более 50 нс

## Оптические сканаторы



- ✓ Двух и трехосевые оптические сканаторы
- ✓ Размеры области сканирования до 1200x1200 мм
- ✓ Максимальна мощность – 1 кВт
- ✓ Скорость сканирования – 1 м/с

## Системы контроля



- ✓ Контроль температуры в ванне расплава
- ✓ Контроль температуры слоя
- ✓ Контроль равномерности в слое
- ✓ Контроль геометрии формирующегося изделия
- ✓ Контроль мощности лазерного излучения и формы пучка
- ✓ Интеллектуальный контроль технологических параметров сплавления



В ООО «Русатом - Аддитивные Технологии» разработаны и ведется организация серийного выпуска титановых порошков ВТ1.0, ВТ-6 и алюминиевых сплавов (в том числе АМг:6).

Частицы порошка имеют допустимую сферическую форму и размер частиц в диапазоне ~10-40 мкм;

Реализуется проект производства порошков металлических сплавов по технологии газового распыления размером ~10-150 мкм.

**За производство АТ-порошков и НИОКР отвечают:**

**ООО «НПО «Центротех»**

Порошки из алюминиевых, никелевых и стальных сплавов.

Производство порошков методами газового и центробежного распыления.

**АО «ЧМЗ»**

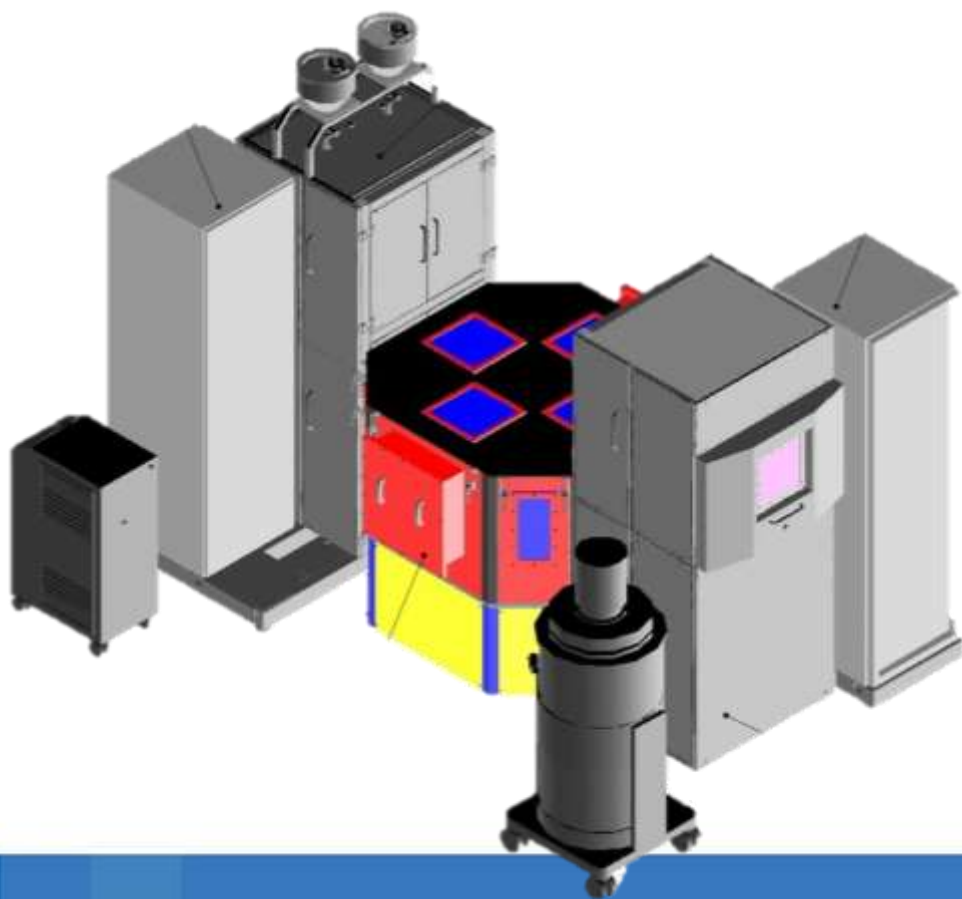
Поставка титановых порошков полученных по технологии центробежного распыления и плазменной атомизации.

Производство титановой проволоки для аддитивного производства.



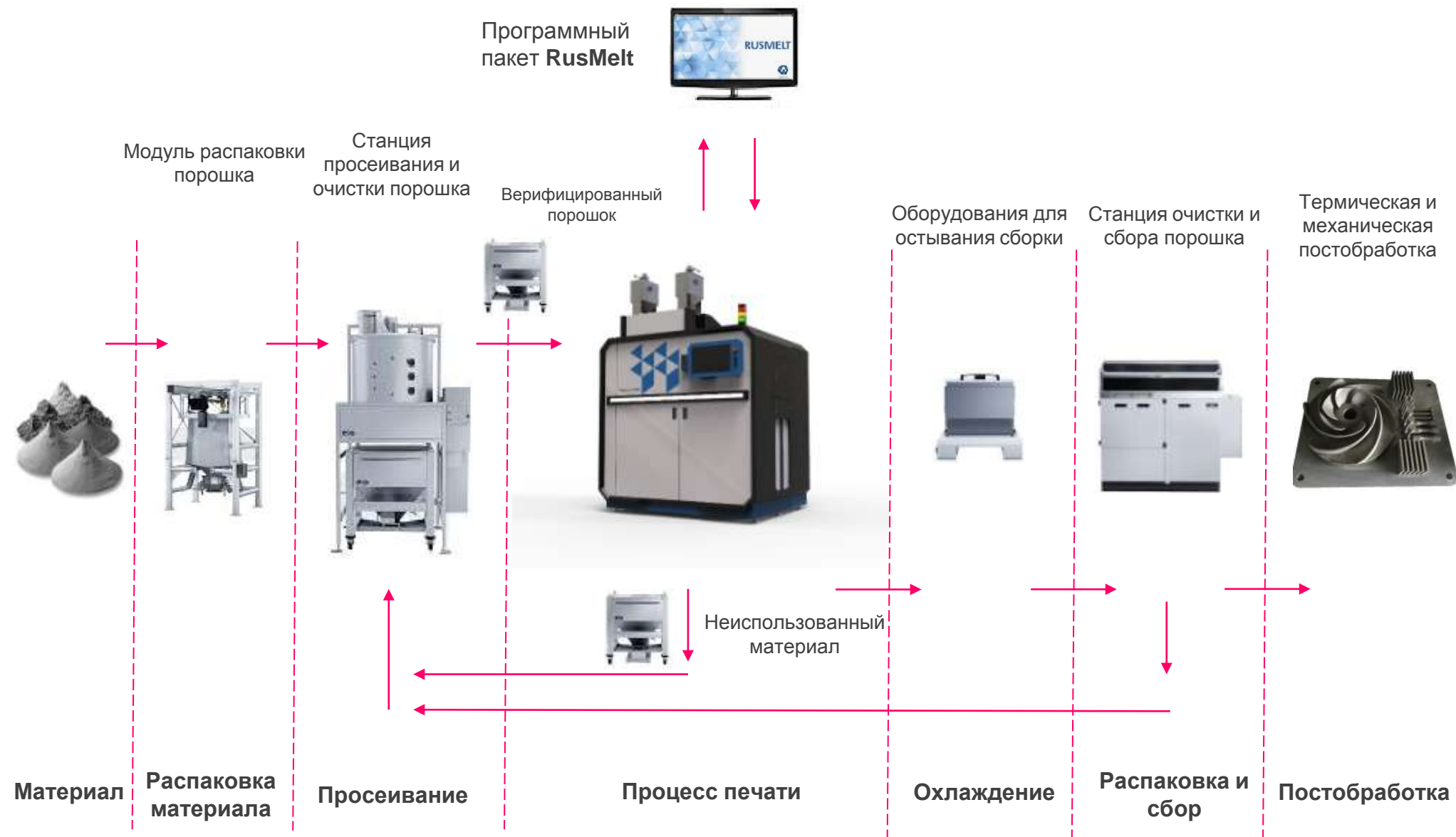


Разработана установка Melt-Master<sup>3D</sup>-250M, предназначенная для изготовления имплантатов из титана и его сплавов. Особенность оборудования - обеспечение непрерывного цикла печати. В данной компоновке возможно расширение модулей построения до 3. Оборудование предназначено для синтеза имплантатов из титановых сплавов типа BT1-00 и BT6.



Две единицы оборудования в стадии монтажа

Параметр	Melt-Master <sup>3D</sup> -250M
Скорость построения, см <sup>3</sup> /ч	До 100
Максимальные габаритные размеры изделий (ДхШхВ),мм	240x240x240
Мощность лазера / тип	2 x 400 Вт / Волоконный лазер
Толщина слоя, мкм	20-50 мкм
Наличие станции просеивания порошка	Есть, невстроенная



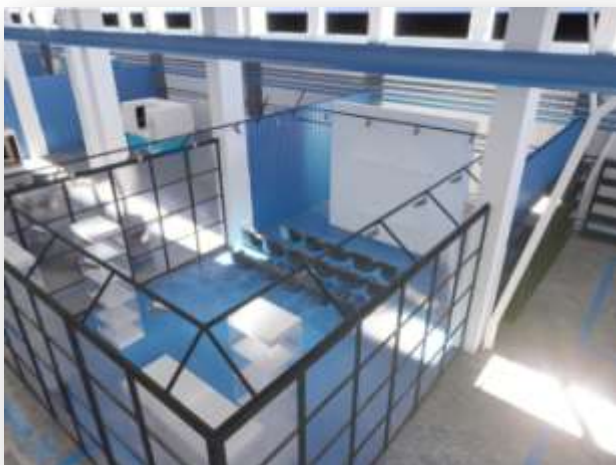




## Работы, выполненные ООО «РусАТ» для реализации проекта по созданию аддитивного центра

- На основе имеющихся компетенций ГК «Росатом» была разработана КД на серийные принтеры **RusMelt-300** и **RusMelt-600**, а также организовано серийное производство принтеров на базе ООО «НПО «Центротех», г. Новоуральск;
- Начаты работы по подготовке помещения и ввозу оборудования для запуска аддитивного центра
- Ведется совместная работа с АО «Наука и Инновации» по организации производства медицинских имплантов, которое будет функционировать в составе аддитивного центра ООО «РусАТ»;
- Разработан промышленный дизайн на принтер **RusMelt-300** и помещение аддитивного центра, завершается разработка промышленного дизайна для принтера **RusMelt-600**.

Конференц-зал



Участок печати



Помещения аддитивного центра

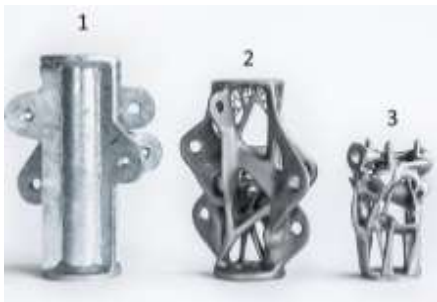


### Машиностроение:

принципиально новые возможности  
по формам и свойствам изделий



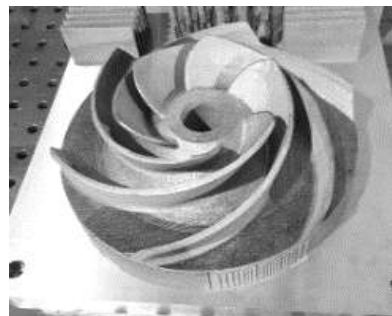
**Образование:** создание и изучение  
новых свойств и технологий



**Опытное производство:**  
возможность оптимизации  
технологических процессов,  
снижения себестоимости



### Атомная промышленность



Авиа- двигателестроение:

### Медицина:

уникальные импланты по  
индивидуальным проектам



**РУСАТОМ**  
аддитивные технологии



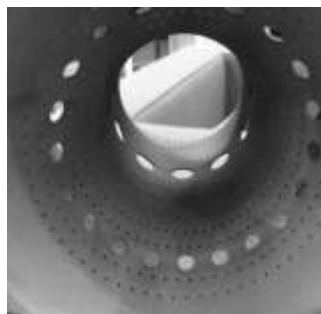
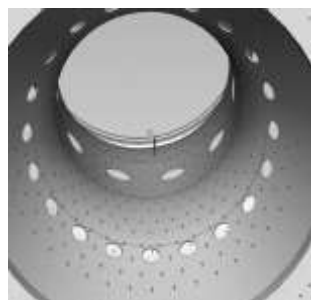
Разработка малогабаритного газогенератора-демонстратора повышенной мощности для отработки технологии изготовления и моделирования конструкций

### Особенности конструкции

- Трубчатый диффузор
- Сложный аэродинамический профиль
- Интегрированная конструкция: диффузор, корпус, опора
  
- Камера сгорания
- Цельная интегрированная конструкция
  - Стенка 0.5 мм
- Диффузионное охлаждение (9600 отв.)
  - 0,4 мм
- Имитация лазерной перфорации



- Тяга 150 кгс
- Удельный расход топлива 0,153 (кг/Н/час)
- Отбор электроэнергии 1,5 кВт



На **80%** изготовлен Аддитивными методами, для которых подтверждено соответствие материалов заявленным требованиям





### Традиционное изготовление

Изделие	Стоимость изделия, руб.
Решетка головки	30 000
Решетка опорная	25 000
АДФ	90 000
АДФ	30 000



### Аддитивное производство

Стоимость изделия, руб.	Трудоемкость, часов	Экономический эффект*, руб. в объеме серии
28 000	26	1 200 000
22 000	11	1 800 000
45 000	4	48 600 000
15 000	4	13 200 000

## Перечень технологических направлений по развитию и внедрению аддитивных технологий головного разработчика от Госкорпорации «Росатом»

1. Создание единой информационной среды на базе цифровых технологий (проект 10)\*

2. Создание отечественных материалов нового поколения и аддитивных технологий изготовления деталей (проект 11-13)

3. Разработка отечественного аддитивного оборудования на базе отечественного программного обеспечения (проект 10)



4. Разработка национальных стандартов и нормативной документации

5. Создание цифровых аддитивных производств (проект 10)

6. Разработка материалов, аддитивных технологий производства и применения для изделий в высокотехнологичных наукоемких секторах медицины (проект 22)

### Основные соисполнители

- ✓ ОАО «ЧМЗ»,
- ✓ АО «УЭХК»
- ✓ ООО «НПО «Центротех»
- ✓ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
- ✓ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»
- ✓ ФГАОУ ВО «НИТУ «МИСиС»
- ✓ НИЦ «Курчатовский Институт»,
- ✓ ОАО «Композит»
- ✓ ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
- ✓ ООО «НПК «ТЭТА»
- ✓ ФГБОУ ВО «КБГУ»
- ✓ ФГУП «ВНИИА»,
- ✓ ФГБОУ ВО «ПНИПУ»,
- ✓ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ»
- ✓ ИАиЭ СО РАН

ООО «РусАТ» является носителем ключевых компетенций для координации и развития аддитивного направления в Российской Федерации



## Отраслевая кооперация



## Внешние партнеры

Порошковые материалы

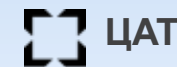
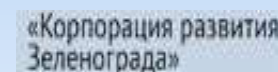


Разработка стандартов

Порошковые материалы



Технологии и оборудование





## Выводы

За период 2014-2019 гг в Госкорпорации «Росатом» создан необходимый научно-технический задел для дальнейшего успешного развития аддитивных технологий:

- ✓ Создано серийное производство отечественных 3D-принтеров, работающих по технологии селективного лазерного сплавления металлов;
- ✓ Разработано собственное ПО для полного цикла аддитивного производства;
- ✓ Завершается разработка первой версии ПО «Виртуальный принтер» (до конца 2019 г);
- ✓ Проводятся комплексные НИОКР, направленные на разработку серийных образцов ключевых узлов отечественных 3D-принтеров – линейка оптоволоконных лазеров, оптические сканаторы, системы контроля физических параметров процессов печати (Серийные образцы будут разработаны до конца 2020 г).
- ✓ Ведутся работы по стандартизации оборудования, материалов и технологий аддитивного производства



ООО «Русатом - Аддитивные технологии»  
Отраслевой интегратор госкорпорации Росатом

115409, Россия, Москва, Каширское шоссе 49  
+7 (499) 324-31-19

