



РОСАТОМ
АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

РОСАТОМ

Аdditивные технологии в СИРИУС









ООО «РусАТ» - отраслевой интегратор для развития бизнеса Госкорпорации «Росатом» в сфере аддитивных технологий

ООО «Русатом-Аддитивные технологии» (предприятие Топливной компании Росатома ТВЭЛ) - единый интегратор в атомной отрасли в области аддитивных технологий, который объединяет научные и производственные компетенции Росатома в сфере аддитивных технологий.



Ключевые потребители аддитивных технологий

	Отрасль	Потенциальные потребители аддитивных технологий	Изделия, производимые с применением АТ	ТОП-3 востребованных технологий 3D-печати
1	 Гражданская авиация	АО «ОДК», АО «УЗГА», Boeing, Airbus, «S7 Airlines»	Топливные форсунки, лопатки турбин и газотурбинные двигатели	SLM / SLS / FDM
2	 Космос и ОПК	ОАО «Вертолёты России», ОАО НПК «УВЗ», АО «КБХА», Госкорпорация «Роскосмос», РКЦ «Прогресс»	Ракетные сопла, каналы подачи топлива, завихрители и проч.	SLM / SLS / SLA
3	 Автомобильная промышленность	ПАО «КАМАЗ», ПАО «АВТОВАЗ», ФГУП «НАМИ», Renault-Nissan, Volkswagen.	Компоненты двигателя и проч.	SLA / FDM / SLS
4	 Ядерная энергетика	Предприятия Госкорпорации «Росатом», Атомные электростанции.	Внутрикорпусные выгородки, АДФ, дистанцирующие решетки и проч.	SLM / DED / SLS
5	 Медицина	ООО «Моторика», ООО «Эндосервис», ГК «АМТ», ФНПЦ ОАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева»	Эндопротезы, импланты, сложный хирургический инструмент и проч.	SLA (DLP) / SLM / FDM
6	 Энергетическое машиностроение	Российские производители турбинного оборудования	Лопатки и прочие компоненты энергетических турбин и проч.	DED / SLM / SLS

Научно-образовательная лаборатория аддитивных технологий в «Президентском Лицее «Сириус»

- **Описание проекта:**
 - научно-образовательная лаборатория аддитивных технологий для школьников создана 9 декабря 2021 года в Президентском Лицее «Сириус», г. Сочи, в Год науки и технологий в России;
 - лаборатория реализована совместно с АНОО «Президентский Лицей «Сириус» и ООО «РусАТ» при финансовой поддержке Госкорпорации «Росатом» и укомплектована 3D-принтерами «FORA» российского производства, разработанными и изготовленными ФГУП «Комбинат «Электрхимприбор».
- **Цели проекта:**
 - обучение лицеистов навыкам 3D-моделирования и 3D-прототипирования, теоретическим и практическим знаниям по направлению «аддитивные технологии»;
 - подготовка кадров для отечественной аддитивной промышленности.
- **Оснащение:**
 - создан **технологический класс** с зоной 3D-печати на 20 рабочих мест, оснащён 3D-принтерами «FORA», 10 шт. и комплектом оборудования для постобработки;
 - создан **компьютерный класс** с зоной 3D-моделирования и 3D-проектирования на 16 рабочих мест, оснащённых высокотехнологичными компьютерами и мебелью.
- **Планируемые результаты 2022 года:**
 - реализация **проектов по прототипированию** в рамках научно-технологической образовательной программы «**Большие вызовы**» и мастер-классов по аддитивным технологиям;
 - переход от изготовления **прототипов** к получению **готовых изделий**;
 - внедрение новых **образовательных программ** по основному и дополнительному образованию для формирования «компетенций будущего» у обучающихся лаборатории.
- **Ближайшие шаги:**
 - **разработка** новых **образовательных программ** для формирования «компетенций будущего» у обучающихся лаборатории;
 - переход от **образовательной деятельности** к **опытному производству**.

Внешний облик научно-образовательной лаборатории аддитивных технологий в г. Сочи



Возможный вариант оснащения ЦАТ в ИНТЦ «Сириус»

3D-сканирование

Оптическое метрологическое оборудование (3D-сканер с точностью измерения до 4 мкм)



x1

Производственный участок

Трехмерная печать металлами (SLM-принтер)



x1

Материалы:
Сталь, алюминий, титан, инконель, медь, бронза и др.

Трехмерная печать полимерными смолами (SLA-принтер)



x1

Материалы: Фотополимер

Трехмерная печать полиамидными порошками (SLS-принтер)



x1

Материалы:
Полиамид PA1, PA2200

Послойное выращивание пластиком (FDM-принтер)



x1

Материалы: PLA пластик, ABS пластик

Участок постобработки

1. Участок контрольно-измерительного оборудования
2. Участок термической обработки
3. Участок гидроабразивной обработки
4. Модуль для работы инженерного персонала и хоз. модуль для персонала

Технология FDM

Примеры печати изделий в ЦАТ

**Функциональный
прототип**
EP copolymer
570 x 120 x 200 мм
Вес: 645 гр



**Функциональный
прототип**
PA + Carbon Fiber
Длина: 430 мм

Концепт ДВС
Premium PLA
Масштаб 1:1
1000 x 600 x 500 мм
Вес: 5,6 кг

Электробайк

Индивидуальный дизайн
Сокращение веса и расходов на
создание изделия.
Полноценный функциональный
прототип.



Исследование возможности 3D-печати в производстве запчастей для сельскохозяйственной техники

При 100% соответствии оригинальной детали по грузоподъемности, воспроизведенная на 3D-принтере запасная часть получилась на 6 кг (27%) легче, чем изготовленная традиционным методом.

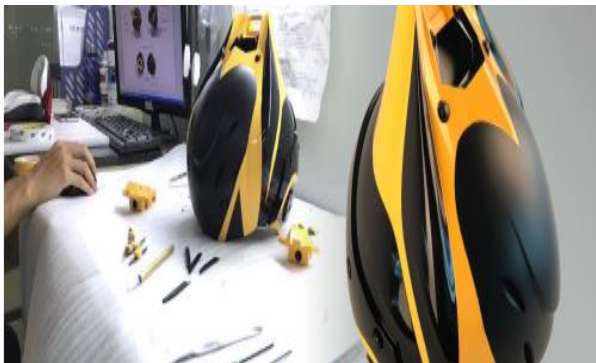


Технология SLA / DLP

Примеры печати изделий в ЦАТ

Первые пробные партии напечатанных клапанов для аппаратов искусственной вентиляции легких и бесконтактные устройства для выключателей уже направлены в медицинские учреждения столицы.

«Многие продукты могут быть напечатаны на ограниченных производственных площадях. Главное — иметь образец и оперативно вносить изменения в 3D-модель. Мощности организации позволяют производить более 15 000 изделий в месяц» - сообщает пресс-служба.



Задача: создание высококачественного прототипа горнолыжного шлема Blizzard.

Решение: 3D-печать по технологии SLA. Далее – шлифование, полировка, подбор покрытия и окраска, лакировка и сборка.

Результат: Проект выполнен за 3 дня. Соблюдены все требования клиента: выделяющиеся линии, равномерная окраска, контраст.

Технология SLS

Примеры печати изделий в ЦАТ

НИР



Печать кожухов развлекательной системы

Материал соответствует нормам огнестойкости, принятым в аэрокосмической промышленности для деталей салона, а также стандартам густоты и токсичности дыма АІТМ

Печать графитовых и углеродистых изделий

Производство деталей для автомобильной, БПЛА и аэрокосмической техники в кратчайшие сроки



Печать прототипов кожухов

Создание прототипов от кожухов нагнетателей и систем топливных форсунок до циклонных систем очистки воздуха, глушителей и впускных коллекторов. Печать изделий для раннего анализа характеристик конструкции, сборки и пересечений комплектации двигателя



Задача: Научно-исследовательская работа по получению композитных катализаторов золота из кислых растворов и щелочных веществ

Решение: Использование технологии SLS для печати улавливающих фильтров из PA 12

Результат: Все методы восстановления привели к наночастицам золота, закрепленным на полиамиде, с равномерным распределением по размеру и высокой дисперсией. Размеры частиц в некоторой степени зависели от метода восстановления, но средние диаметры обычно составляли около 20 нм.

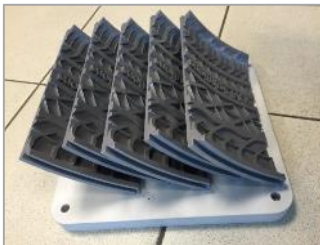


Новый и отработанный фильтр PA 12

Технология SLM

Примеры печати изделий в ЦАТ

Пресс-форма для автомобильных шин



Собранная пресс-форма

Авиакосмическая отрасль



Топливные форсунки турбореактивных двигателей GE (LEAP)



Прототипы лопаток турбины низкого давления для двигателя GE9X



Корпус датчика температуры на входе в компрессор двигателя GE. Сертифицирован FAA в 2015 г.

Лопатки газовых турбин

- Из жаропрочного никелевого сплава
- Каналы для воздушного охлаждения
- Установлены на опытные образцы 13 MW турбины Siemens SGT-400, прошли испытания под полной нагрузке (заключены в 2017 г.)
- Выдерживают нагрузку до 11 тонн при вращении со скоростью 1600 км/ч
- Температура окружающего газа до 1250°C



Технология SLM

Примеры печати изделий в нефтегазовой отрасли

Модуль охлаждения



Топливная форсунка



Буровая коронка



Теплообменник



Сопла и фиксаторы



Рабочее колесо
насоса на платформе



Сепаратор
нефтепродуктов



Кривошипный диск



НИОКР



Детали буровых вышек



Напечатанные заготовки стремлящего
аппарата и рабочего колеса



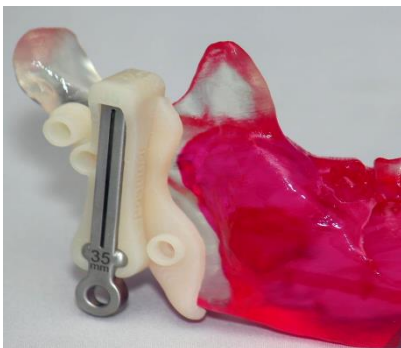
Производство
топливных форсунок



- Уменьшение толщины стенки позволило увеличить диаметр каналов жидкостного охлаждения;
- Увеличение охлаждающей мощности на 250-500 Вт на один электродвигатель;
- Схожий с корпусом электромотора коэффициент термического расширения

Примеры применения аддитивных технологий в медицине

Планирование операции ЧЛХ



Индивидуальная направляющая для челюсти

Задача заказчика

- Улучшение планирования операции для снижения рисков при работе с пациентом

Решение

- Применение технологии стереолитографии фотополимерным материалом

Результаты

- Экономия времени при проведении хирургической операции
- Снижение рисков

Изготовление имплантов



Коленный сустав

Задача заказчика

- Изготовление индивидуального коленного сустава для пациента

Решение

- Применение технологии селективного лазерного спекания и металлических порошков

Результаты

- Снижение стоимости изготовления индивидуализированного изделия
- Сокращение сроков лечения

Изготовление прототипов



Слуховые аппараты

Задача заказчика

- Быстрое прототипирование моделей слуховых аппаратов для быстрого вывода продукта на рынок

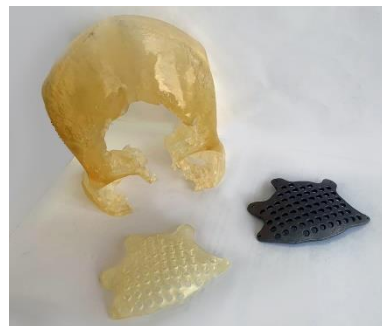
Решение

- Применение технологии стереолитографии фотополимерным материалом

Результаты

- Экономия времени вывода продукта на рынок
- Снижение затрат на разработку продукта

Изготовление имплантов



Череп пациента и пластина

Задача заказчика

- Реконструкция лобной кости с помощью индивидуальной титановой пластины

Решение

- Подготовка к операции с использованием стереолитографии и фотополимерного материала и проведение операции с напечатанной по технологии селективного лазерного спекания титановой пластины

Результаты

- Снижение рисков проведения операции

Примеры применения аддитивных технологий в сельском хозяйстве и ветеринарии



Лапа культиватора с рыхлителем



Кронштейны крепления датчиков для с/х трактора



Корпуса для фильтрующего устройства



Кронштейны и корпуса для датчиков



Крышки для фиксации расходомеров



Зубчатое колесо привода насоса



Элементы станда для доения КРС



Колпаки для распылителей TR



Корпус и крепление солнечных батарей



Червячные валы привода руки-манипулятора



3D-печать протезов для животных



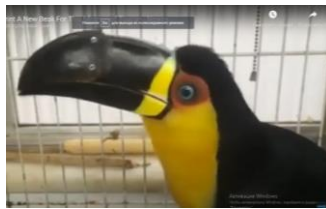
Фильтр технологии очистки



3D-печать протезов



Напечатанный клюв для тукана



- Уменьшение веса изделия;
- Сокращение времени на производство;
- 3D-печать позволяет создавать не только функциональные прототипы изделий, частей механизмов, но и экспериментальные партии корпусов, кронштейнов, мастер-модели для литья.

Описание базовых технологий аддитивного производства

Материал	Класс	Название по ASTM	Наиболее распространенное название	Описание
Металл	PBF	PBF-LB (PBF-LB/M)	SLM (Selective laser melting)	Селективное лазерное плавление, также известное как прямое лазерное плавление металла (DMLM) или лазерное порошковое плавление (LPBF), представляет собой метод быстрого прототипирования, 3D-печати или аддитивного производства (AM), с использованием лазера с высокой плотностью энергии для сплавления металлических порошков.
Пластик	PBF	PBF-LB/P	SLS (Selective laser sintering)	Селективное лазерное спекание (SLS) представляет собой метод аддитивного производства, в котором в качестве источника энергии используется лазер для спекания порошкообразного материала (обычно нейлона или полиамида), автоматически направляя лазер в точки пространства, определяемые 3D-моделью, связывая материал вместе для создания прочной структуры. Является аналогом селективного лазерного плавления, но отличается техническими деталями.
	VPP	VPP	SLA (Stereolithography apparatus)	Фотополимеризация в ванне или историческое название - лазерная стереолитография. Метод заключается в послойном выращивании моделей из жидкого фотополимера, который засвечивается и затвердевает под лазерным лучом (SLA), ультрафиолетовым проектором с использованием микрозеркал (DLP) либо УФ-матрицей через маску ЖК-экрана (LCD).
	FDM	FDM	FDM (Fused Deposition Modeling)	Метод заключается в послойной экструзии (выдавливании) расплавленного пластикового материала (например, нити).



РУСАТОМ
АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

РОСАТОМ

Морозова Светлана Юрьевна

Руководитель направления «Центры аддитивных технологий»

Тел.: +7 (985) 972 50 62

E-mail: SYuMorozova@rosatom.ru

www.rusatom-additive.ru