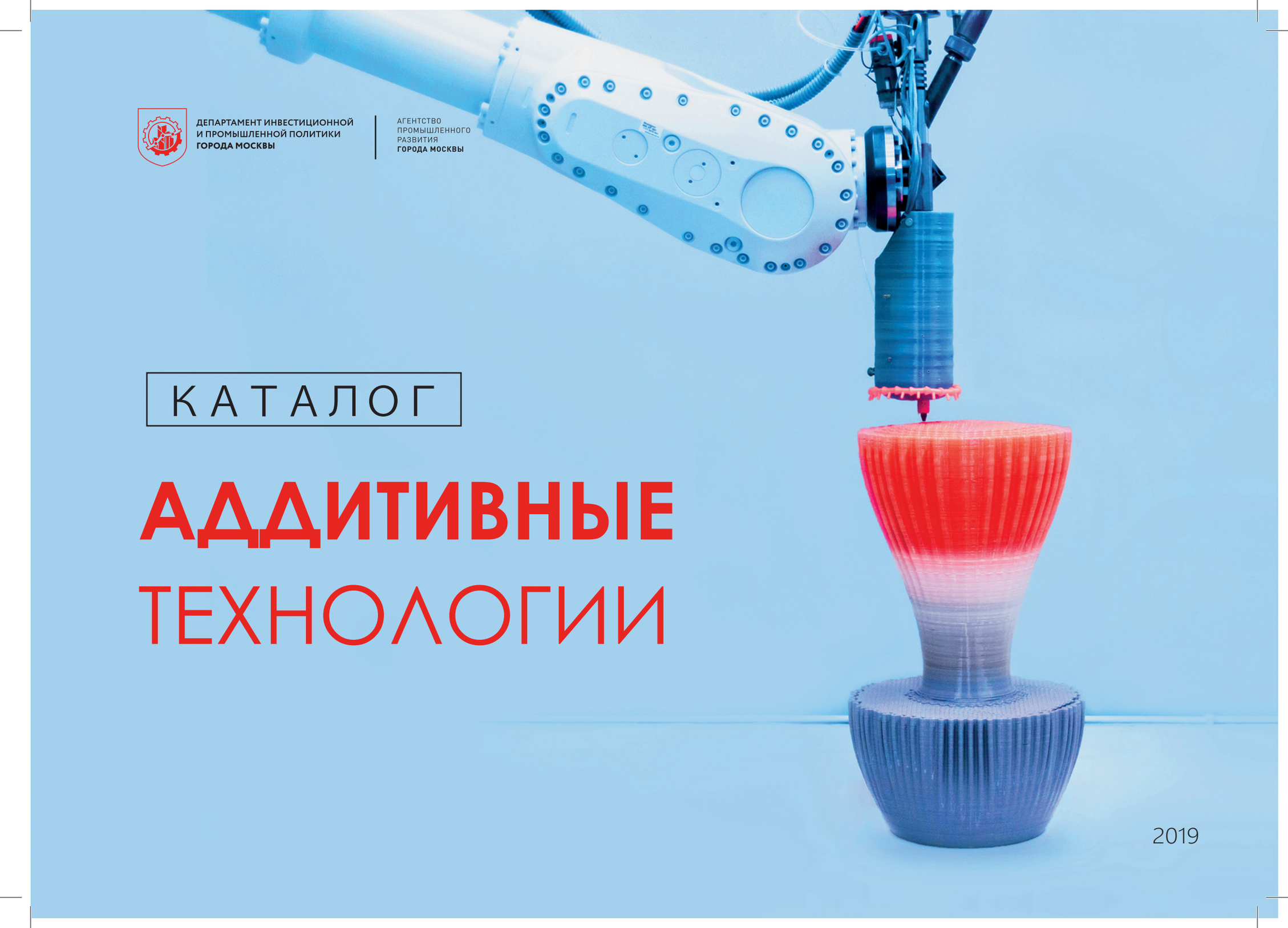


ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ **ГОРОДА МОСКВЫ**

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ **ГОРОДА МОСКВЫ**

КАТАЛОГ

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2019

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СОДЕРЖАНИЕ

Определение аддитивных технологий 1

Преимущества аддитивных технологий 1

Историческая справка 2

Схема аддитивного производственного процесса 4

Тренды аддитивных технологий 6

Технологические ограничения 8

Нетехнологические ограничения 9

Карта технологий аддитивного производства 10

Струйное нанесение связующего (Binder Jetting, BJ) 12

Прямой подвод энергии и материала (Directed Energy Deposition, DED) 16

Экструзия материала (Material Extrusion, ME) 20

Струйное нанесение материала (Material Jetting, MJ) 24

Синтез на подложке (Powder Bed Fusion, PBF) 28

Листовая ламинация (Sheet Lamination, SL) 32

Фотополимеризация в ванне (Vat Photopolymerization, VP) 36

Скоростная жидкая печать (Rapid Liquid Printing) 40

4D печать (4D Printing) 44

Биопечать (Bioprinting) 48

Выбор аддитивной технологии в зависимости от материала изделия 52

Выбор аддитивной технологии в зависимости от функционального назначения изделия 53

Выбор аддитивной технологии в зависимости от внешнего вида 54

Наиболее распространенные полимеры для аддитивных технологий 55

Глоссарий 56

Все использованные фотографии являются собственностью их владельцев и представлены в ознакомительных целях

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – обобщённое название группы технологий, основанных на создании физического объекта по электронной геометрической модели путём добавления материала, как правило, слой за слоем или синтеза материала на основу в виде плоской платформы или осевой заготовки

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Изготовление персонализированных изделий
- Изготовление изделий с уникальными характеристиками
- Изготовление изделий любой геометрической формы
- Высокий коэффициент использования материалов
- Более низкая себестоимость штучного производства по сравнению с традиционными технологиями

ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

1890

ТЕХНОЛОГИЯ
- изготовления топографических макетов, J. E. Blanther
- изготовления фотоскульптуры, F. Willème

1925

ПАТЕНТ
на способ изготовления декоративных изделий, R. Baker

1935

ТЕХНОЛОГИЯ
сочетания топографии и фотоскульптуры, I. Morioka

1956

ТЕХНОЛОГИЯ
селективной экспозиции прозрачной фотоэмульсии, O. Munz

1977

ТЕХНОЛОГИЯ
отверждения фоточувствительного полимера лазерным лучём, W. K. Swainson

1980

ПАТЕНТ
на технологию быстрого прототипирования, H. Kodama

ТЕХНОЛОГИЯ
холодного нанесения (CSAM), Россия

1997

ТЕХНОЛОГИЯ
- лазерная аддитивная Aeromet
- технология электронно-лучевой плавки (EBM), Arcam EBM

1998

ТЕХНОЛОГИЯ
лазерного спекания порошков (LENS), Optomec, Inc.

1999

ТЕХНОЛОГИЯ
- биопечати (bioprinting), Wake Forest Institute
- контролируемого наращивания металла (CMB), Röders
- струйного нанесения нескольких материалов (PolyJet), Objet Ltd

2000

ТЕХНОЛОГИЯ
- полноцветной печати (CJP), Z Corporation
- выборочного лазерного сплавления (SLM), MCP Technologies
- ультразвукового аддитивного производства (UAM), Solidica, Inc.

2001

ТЕХНОЛОГИЯ
цифрового отверждения светом (DLP), Envisiontec

2002

ТЕХНОЛОГИЯ
прямого нанесения металла (DMD), Precision Optical Manufacturing

2003

ТЕХНОЛОГИЯ
- электронно-лучевого сплавления проволоки (EBF), NASA
- прямой обработки металла (DMT), InssTek
- выборочной ламинации (SDL), Dr. Conor and Dr. Fintan MacCormack, Mcor

2004

ТЕХНОЛОГИЯ
многоструйного моделирования (MJM), 3D Systems

2006

ТЕХНОЛОГИЯ
подачи по требованию (DOD), MIT

2009

ТЕХНОЛОГИЯ
спекания электронным пучком (EBAM), Sciaky Inc.

2010

ТЕХНОЛОГИЯ
непрерывного отверждения светом (CDLP), Case Western Reserve University

2012

ТЕХНОЛОГИЯ
- 4-х мерной печати, Self-Assembly Lab (MIT)
- композитная аддитивная (CBAM), Impossible Objects Inc.

1981

ТЕХНОЛОГИЯ формирования слоя порошкового материала на платформе, R. F. Housholder

1982

ТЕХНОЛОГИЯ генерации твёрдого объекта, A. J. Herbert

1984

ТЕХНОЛОГИЯ стереолитографии, A. Le Mehaute, O. de Witte and J. C. André

1986

ПАТЕНТ на технологию стереолитографии, C. W. Hull

1987

ВВЕДЕНИЕ в оборот термина «Стереолитография» (SLA), C. W. Hull, 3D Systems

1988

ТЕХНОЛОГИЯ моделирования методом наплавления (FDM), S. S. Crump, Stratasys

1990

ПАТЕНТ на технологию электродугового аддитивного производства (WAAM)

1991

ТЕХНОЛОГИЯ

- листовой ламинации (LOM), Helisys
- твёрдого грунтового отверждения (SGC), Cubital

ПАТЕНТ на технологию моделирования методом наплавления (FDM), Stratasys

1992

ТЕХНОЛОГИЯ выборочного лазерного спекания (SLS), DTM, Inc.

1993

ТЕХНОЛОГИЯ литья в прямую оболочку (DSPC), Solingen

ПАТЕНТ на технологию струйной 3-х мерной печати (3DP), MIT

1994

ТЕХНОЛОГИЯ прямого лазерного спекания металла (DMLS), EOS

1996

ТЕХНОЛОГИЯ робокастинга (Robocasting), Dr. Joseph Cesarano III, Prof. Paul Calvert

2013

ТЕХНОЛОГИЯ коэкструзии композитного волокна (CFC), Markforged, In

2014

ТЕХНОЛОГИЯ

- непрерывного наплавления нитей (CFF), Markforged, Inc.
- аэрозольного нанесения материала (Aerosol Jet), Optomec, Inc.

2015

ТЕХНОЛОГИЯ

- непрерывного отверждения жидкости (CLIP), Carbon 3D
- струйного нанесения связующего на металл (SPJ), Desktop Metal

2016

ТЕХНОЛОГИЯ

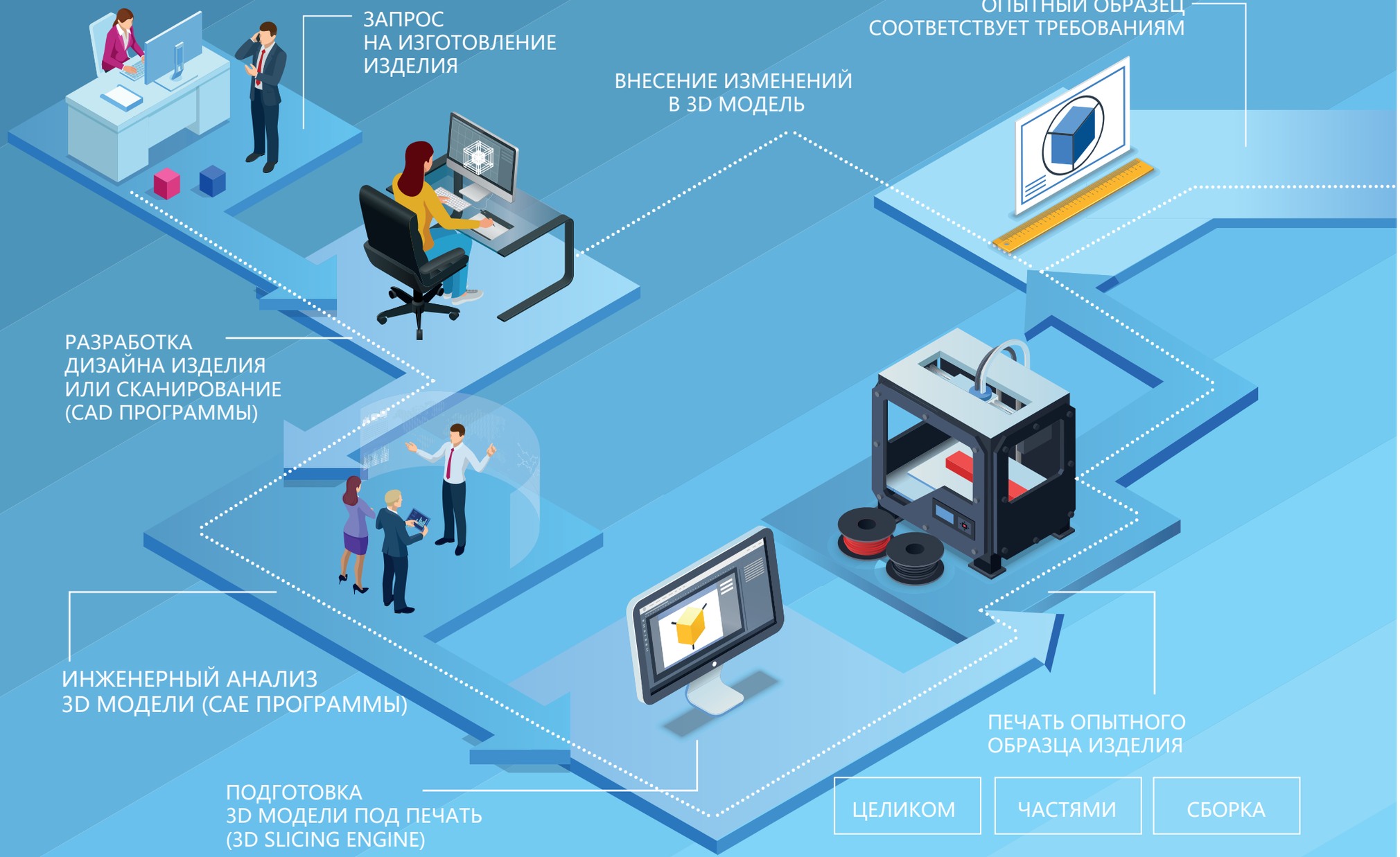
- спекания связующим агентом и энергией (MJF), HP, Inc.
- струйного нанесения наночастиц (NPJ), XJet

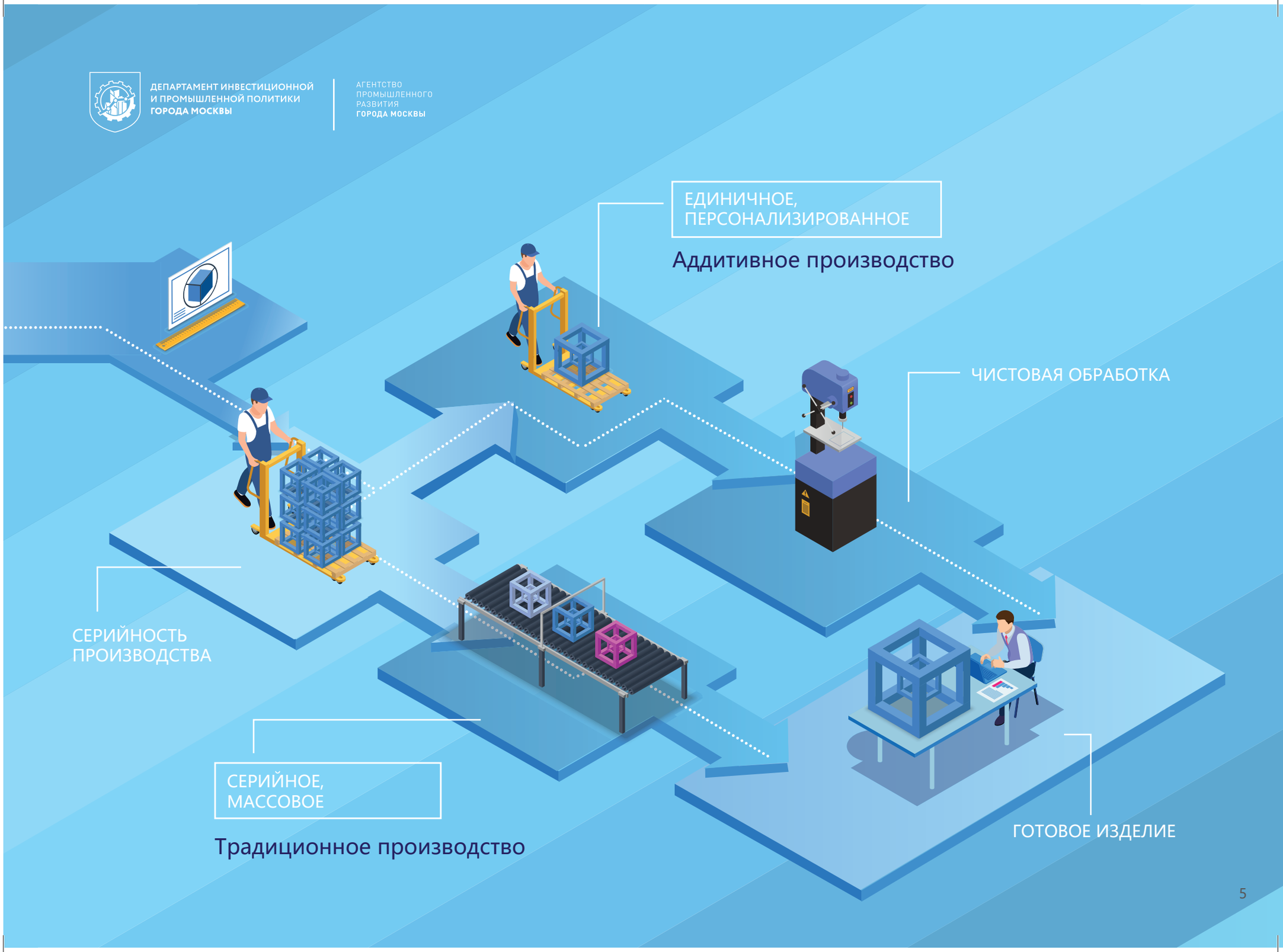
2017

ТЕХНОЛОГИЯ

- скоростной жидкой печати (rapid liquid printing), Self-Assembly Lab (MIT)
- аддитивного производства с атомным рассеиванием (ADAM), Markforged

СХЕМА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА




ЕДИНИЧНОЕ, ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ
Аддитивное производство
ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА
СЕРИЙНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА
СЕРИЙНОЕ, МАССОВОЕ
Традиционное производство
ГОТОВОЕ ИЗДЕЛИЕ

ТРЕНДЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

СТАНДАРТИЗАЦИЯ:

- Вовлечение государства в развитие аддитивного производства
- Разработка стандартов аддитивного производства
- Разработка стандартов обмена данными между управляющим программным обеспечением и оборудованием для аддитивного производства

ТОВАРЫ И УСЛУГИ:

- Первые коммерческие «3D типографии»
- Появление новых категорий продуктов
- Массовая персонализация потребительских товаров
- Повышение доступности технологий для конечного потребителя

ПРОЕКТИРОВАНИЕ:

- Развитие параметрического проектирования с использованием облачных CAD систем
- Акцент на проектировании изделия с учётом особенностей аддитивного производства
- Улучшение конвергенции между разработкой изделия и его производством

ПРОИЗВОДСТВО:

- Автоматизация аддитивного производства
- Повышение технологической гибкости
- Объединение аддитивного оборудования в единую сеть
- Рост промышленного применения аддитивных технологий
- Появление гибридных производственных процессов
- Рост объёмов выпуска конечных изделий
- Автономность и безотходность производства
- Повышение точности изделий и технологий
- Повышение производительности аддитивного оборудования
- Экологическая и социальная направленность
- Промышленный уровень контроля качества напечатанных изделий
- Появления специализированного аддитивного оборудования
- Цифровые фабрики массового персонализированного производства
- Промышленный уровень производительности аддитивного оборудования

КОРПОРАТИВНЫЕ:

- Поиск новых областей применения аддитивных технологий
- Альянсы крупных организаций для поиска новых точек роста бизнеса
- Рост числа организаций, применяющих аддитивные технологии
- Создание логистическими компаниями подразделений аддитивного производства
- Рост венчурных инвестиций в аддитивные технологии

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

- Развитие управляющего программного обеспечения
- Решения на основе искусственного интеллекта для прогнозирования оптимальных технологических параметров процессов аддитивного производства
- Появление MES систем для аддитивного производства
- Разработка систем, которые бесшовно связывают все этапы аддитивного производства
- Безопасность данных аддитивного производства



МАТЕРИАЛЫ:

- Рост применения полимерных материалов
- Развитие 4D печати и создание с её помощью «умных» изделий
- Расширение областей применения напечатанных из металла изделий
- Повышение качества металлических изделий
- Доступность аддитивных технологий, использующих металл
- Повышение физико-механических свойств фотополимерной смолы
- Расширение областей промышленного применения изделий из полимерных материалов за счёт улучшения их физико-механических свойств
- Появление новых материалов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

Текущие ограничения применения аддитивных технологий

Как и в случае любой другой технологии, аддитивные технологии имеют ряд ограничений, связанных как с технологическими характеристиками существующих технологий, так и с их текущим уровнем развития.

Технологические ограничения: присущи аддитивным технологиям, как способу производства. Преодолеваются путём естественного развития технологий.

Нетехнологические ограничения: связаны с отсутствием опыта и нужных навыков для правильного применения аддитивных технологий, что препятствует полноценному их использованию. Преодолеваются получением знаний и внедрением стандартов.

Наиболее важные ограничения, связанные с аддитивными технологиями, представлены на следующих диаграммах.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

- Объём рабочей камеры
- Скорость
- Разрешение
- Управление процессом

РАБОЧИЕ МАТЕРИАЛЫ

- Разнообразие
- Цена за кг
- Ограниченный выбор материалов
- Обслуживание

ЗАТРАТЫ

- Затраты на запуск
- Затраты на персонал
- Техническое обслуживание
- Себестоимость единицы продукции

МАСШТАБИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

- Себестоимость единицы изделия не зависит от размера партии
- Производственная мощность
- Ограниченный размер изделий
- Традиционные технологии

КАЧЕСТВО

- Сопротивление нагружению
- Пористость поверхности
- Точность
- Воспроизводимость

ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Недостаток производственной инфраструктуры
- Недостаток производственных стандартов
- Безопасность информации
- Обучение персонала

НЕТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

НЕДОСТАТОК НАВЫКОВ И ЗНАНИЙ

- Дизайн и конструирование
- Инженерно-техническая деятельность
- Работа на оборудовании

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

- Принципы проектирования и дизайна
- Стандартизированное оборудование
- Стандарты аддитивного производства
- Стандартизация испытаний продукции

КВАЛИФИКАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

- Отсутствие опыта у организаций во внедрении аддитивных технологий
- Отсутствие опыта у организаций в сертификации производственных процессов, основанных на аддитивных технологиях
- Отсутствие опыта и производственных стандартов у организаций по контролю продукции, изготовленной по аддитивным технологиям
- Отсутствие опыта и производственных стандартов по процессам внедрения, квалификации и сертификации аддитивных технологий

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

- Отсутствие правовых норм, регулирующих вопросы интеллектуальной собственности в области трёхмерной печати
- Сложность определения режима правовой охраны трёхмерных моделей для трёхмерной печати

ЗДОРОВЬЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ

- Предупреждение и учёт рисков, связанных с применением аддитивных технологий, в качестве элемента планирования работ
- Недостаток научно-исследовательских работ по изучению и оценке влияния аддитивных технологий на окружающую среду

НЕДОСТАТОК РЕГУЛИРОВАНИЯ

- Отсутствует регулирование и стандартизация продукции, произведённой с использованием аддитивных технологий
- Отсутствует регулирование и стандартизация оборудования для аддитивных технологий
- Отсутствует регулирование и стандартизация рабочих материалов для аддитивных технологий
- Отсутствует регулирование и стандартизация аддитивных технологий для различных отраслей промышленности

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

КАРТА ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

BJ
Струйное нанесение связующего

3DP
Струйная трёхмерная печать

CJP
Полноцветная печать

SPJ
Струйное нанесение связующего на металл

Металлы и сплавы

Полимеры

Керамика, силикаты

Песок в виде порошка

DED
Прямой подвод энергии и материала

EBAM
Спекание электронным пучком

DMT
Прямая обработка металла

DLD
Прямое лазерное выращивание

WAAM
Электродуговое аддитивное производство

LENS
Лазерное спекание порошков

DMD
Прямое нанесение металла

CSAM
Холодное нанесение

LMD
Лазерное нанесение металла

EBF
Электронно-лучевое сплавление проволоки

CMB
Контролируемое наращивание металла

Металлы и сплавы в виде порошка и проволоки

ME
Экструзия материала

FDM
Моделирование методом наплавления

FFF
Наплавление нитей

CFF
Непрерывное наплавление нитей

CFC
Коэкструзия композитного волокна

ADAM
Аддитивное производство с атомным рассеиванием

DIW/Robocasting
Прямое нанесение/ робокастинг,

Полимеры, композиты

MJ
Струйное нанесение материала

MJ
Струйное нанесение материала

MJM
Многоструйное моделирование

DOD
Подача по требованию/ покапельное нанесение материала

NPJ
Струйное нанесение наночастиц

Aerosol Jet
Аэрозольное нанесение материала

PolyJet
Струйное нанесение нескольких материалов

Металлы и сплавы

Полимеры

PBF
Синтез на подложке

- LS — Лазерное спекание
- SLS — Выборочное лазерное спекание
- MJF — Спекание связующим агентом и энергией
- LM — Лазерное сплавление
- SLM — Выборочное лазерное сплавление
- DMLM — Прямое лазерное сплавление металла
- EBM — Электронно-лучевая плавка
- SHS — Селективное тепловое спекание
- DMLS — Прямое лазерное спекание металла
- SPLS — Спекание твёрдофазным лазером
- LMF — Металлическое лазерное спекание

Металлы и сплавы; Полимеры

Prometal3D, CONCEPTLASER, TRUMPF, Aeromet, 3D SYSTEMS, OPTOMEC, Arcam EBM

SL
Листовая ламинация

- LOM — Ламинация
- SDL — Выборочная ламинация
- CBAM — Композитная аддитивная технология
- UAM — Ультразвуковое аддитивное производство

Бумага, любой другой листовой материал

envisionTEC, Cubic Technologies, mcor technologies, FABRISONIC, Impossible Objects

VP
Фотополимеризация в ванне

- SLA — Стереолитография
- SLA QUICK CAST — Выжигаемые модели для литья
- DLP — Цифровое отверждение светом
- CDLP — Непрерывное отверждение светом
- CLIP — Непрерывное отверждение

Фотополимерные смолы

FORTIFY, carbon3D, DWS, 3D SYSTEMS, envisionTEC, formlabs

Rapid liquid printing
Скоростная жидкая печать

Двухкомпонентный полиуретан

SELF-ASSEMBLY LAB

4D Printing
4D печать

Гидрогелевые композиты с эффектом «памяти» формы

Полимерные волокна с эффектом «памяти» формы

SELF-ASSEMBLY LAB
Morphing Matter Lab

Bioprinting
Биопечать

БИОМАТЕРИАЛЫ

Шаблонные клетки разных типов как основы будущей ткани

Стволовые клетки с дальнейшей пролиферацией и дифференциацией в нужные клеточные типы

CELLINK, organovo, ROKIT, CELLBRICKS bioprinting, CYFUSE Cyfuse Biomedical, regenHU, 3Bio3ots, Aspect Biosystems

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СТРУЙНОЕ НАНЕСЕНИЕ СВЯЗУЮЩЕГО BINDER JETTING, BJ

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Архитектура
- Дизайн
- Искусство
- Медицина
- Стоматология
- Ювелирная промышленность



ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Струйная трёхмерная печать**
   Three dimensional printing, 3DP
2. **Полноцветная печать**
   Color jet printing, CJP
3. **Струйное нанесение связующего на металл**
   Single pass jetting, SPJ

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Металлы и сплавы
- Полимеры
- Керамика, силикаты
- Песок в виде порошка

СТРУЙНОЕ НАНЕСЕНИЕ СВЯЗУЮЩЕГО
BINDER JETTING, BJ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

6 000–60 000 см³/ч.
Скорость печати

15–25 °С
Температура печати

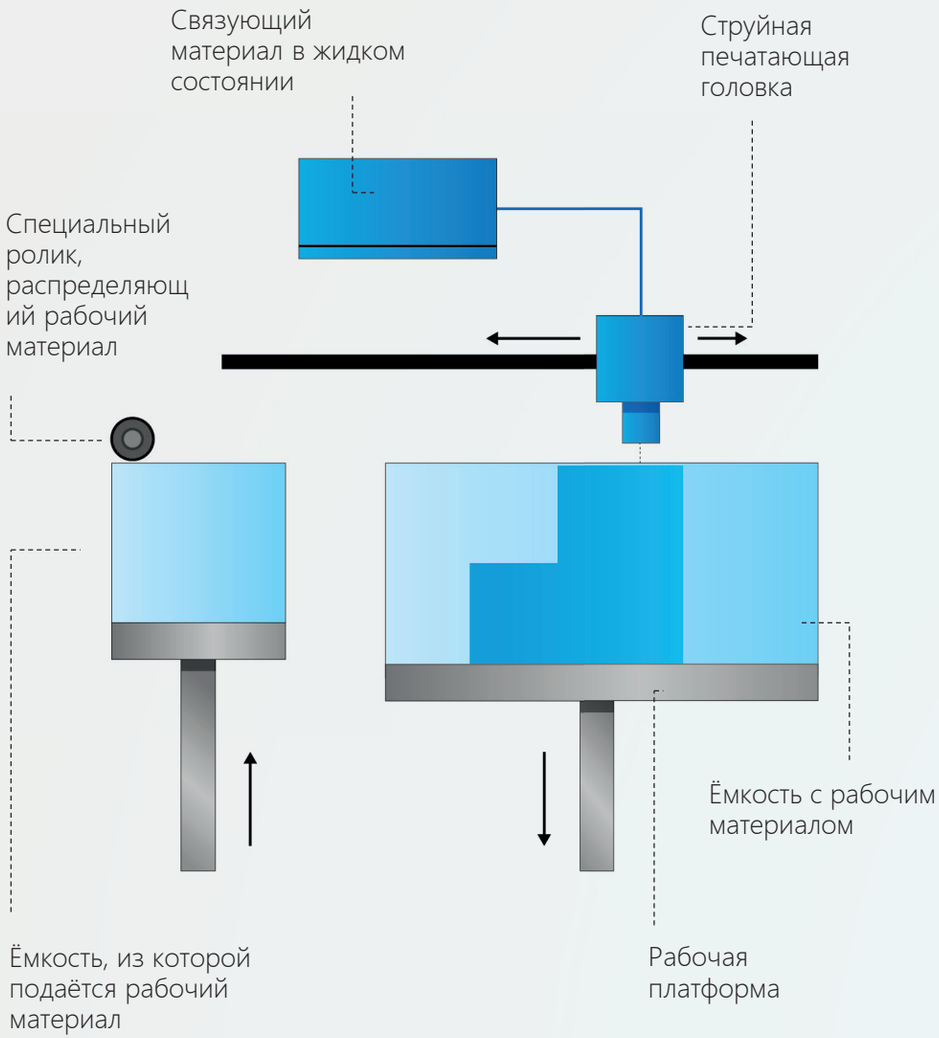
35–400 мкм
Высота слоя

± 0,05–0,3 мм
Точность печати

Область построения: min **400 x 250 x 250** мм
max **2 200 x 1 200 x 600** мм

от **30** руб./см³
Печать

от **50** руб./изделие
Постобработка



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Тонкий слой предварительно подготовленного порошка наносят на рабочую платформу.

02 Печатающая головка начинает двигаться над платформой, нанося в заданные места, согласно 3D модели, жидкий связующий агент (отвердитель), который соединяет частицы порошка и формирует один слой изделия.

03 При полноцветной печати вторая печатающая головка наносит цветные чернила.

04 Затем рабочая платформа опускается на заданное расстояние и добавляется новый слой порошка и связующего агента. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет получено готовое изделие.

05 После завершения процесса изделие оставляют на некоторое время в порошке для окончательного завершения адгезионных процессов.

06 В процессе печати не требуются структуры поддержки, так как изделие опирается на рабочий материал.





СТРУЙНОЕ НАНЕСЕНИЕ СВЯЗУЮЩЕГО
BINDER JETTING, BJ

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Высокая скорость процесса
- Большие изделия из металла
- Изделия сложной геометрии из металла
- Увеличение скорости процесса
- Параллельное изготовление
- Отсутствуют структуры поддержки

НЕДОСТАТКИ

- Низкие механические характеристики
- Грубые поверхности и детализация
- Ограниченный выбор материалов
- Постобработка

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Российские

ООО «Аддитивные технологии»

Иностранные

Digital metal, ExOne, Voxeljet AG, 3D Systems, Desktop metal, GE Additive, HP Inc.

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

ПРЯМОЙ ПОДВОД ЭНЕРГИИ И МАТЕРИАЛА
DIRECTED ENERGY DEPOSITION, DED



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Архитектура
- Медицина
- Большие конструкции из металла
- Научные исследования
- Ремонт и восстановление деталей
- Строительство

ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Спекание электронным пучком**
   Electron beam additive manufacturing, EBAM
2. **Прямая обработка металла**
   Direct metal tooling, DMT
3. **Прямое лазерное выращивание**
   Direct Laser Deposition, DLD
4. **Электродуговое аддитивное производство**
   Arc welding based additive manufacturing, WAAM
5. **Лазерное спекание порошков**
   Laser engineered net shaping, LENS
6. **Прямое нанесение металла**
   Direct metal deposition, DMD
7. **Холодное нанесение**
   Cold spray additive manufacturing, CSAM
8. **Лазерное нанесение металла**
   Laser metal deposition, LMD
9. **Электронно-лучевое сплавление проволоки**
   Electron-beam freeform fabrication, EBF
10. **Контролируемое наращивание металла**
    Controlled metal buildup, CMB

ПРЯМОЙ ПОДВОД ЭНЕРГИИ И МАТЕРИАЛА
DIRECTED ENERGY DEPOSITION, DED

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

600 см³/ч.
Скорость печати

1 200–1 600 °C
Температура печати

0,2–1,2 мм
Высота слоя

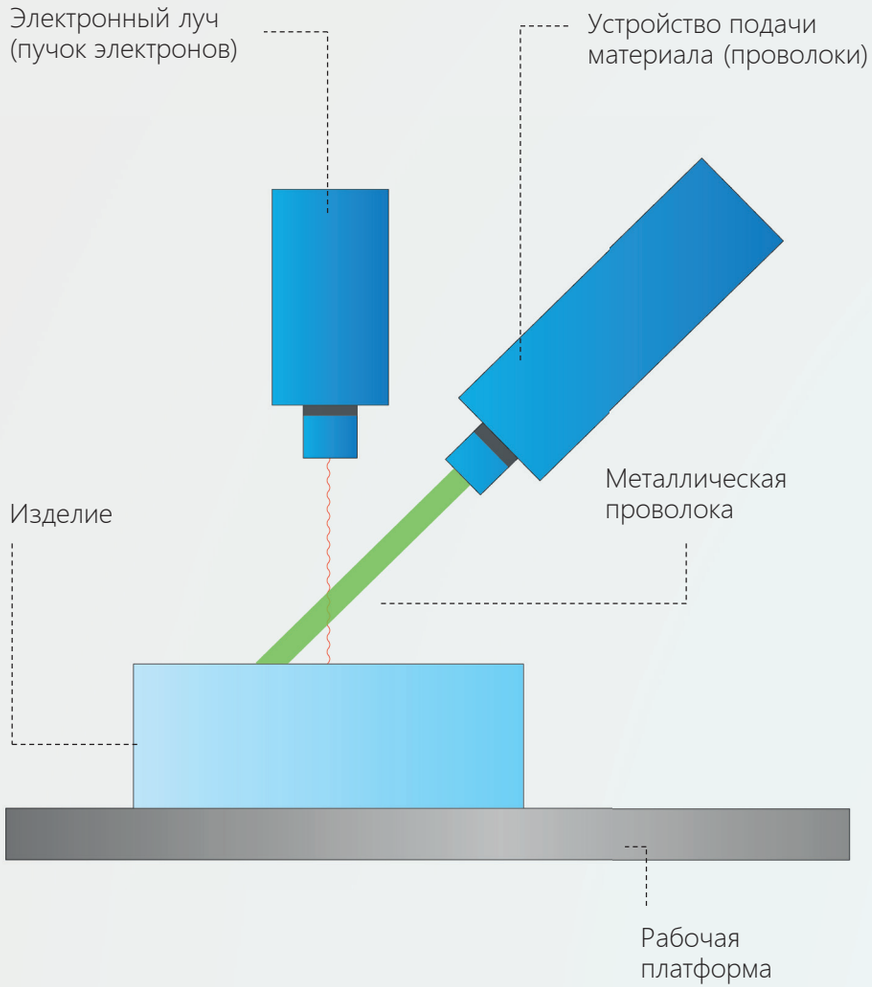
± 0,05–0,3 °C/сек
Время охлаждения материала

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Металлы и сплавы в виде порошка и проволоки

СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

По запросу



ПРЯМОЙ ПОДВОД ЭНЕРГИИ И МАТЕРИАЛА
DIRECTED ENERGY DEPOSITION, DED

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Оборудование состоит из печатной головки, снабжённой энергоёмким источником – лазер, поток электронов, плазменная дуга – для создания ванны расплава на подложке. В эту ванну подаётся металлический порошок или проволока.

02 Печатная головка размещается на 5-ти осевом промышленном манипуляторе и движется вокруг зафиксированного изделия (может быть наоборот), подавая материал в заданное на поверхности место, заполняя тем самым верхнюю часть подложки.

03 Материал добавляется слой за слоем и твердеет, образуя новое изделие, ремонтируя существующее или придавая существующему изделию новые свойства.

04 Благодаря использованию промышленного манипулятора материал может быть напечатан под любым углом. Остаточные напряжения и деформации, вызванные термическим воздействием, влияют на микроструктуру и свойства готового изделия



ПРЯМОЙ ПОДВОД ЭНЕРГИИ И МАТЕРИАЛА
DIRECTED ENERGY DEPOSITION, DED

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Контроль структуры зерна
- Высокая скорость процесса
- Ремонт и продление срока эксплуатации рабочих изделий
- Сложная геометрия изделия
- Высокие механические характеристики
- Высокая плотность изделия
- Комбинирование материалов

НЕДОСТАТКИ

- Грубая поверхность
- Постобработка
- Ограниченный выбор материалов
- Необходимы исследования
- Низкая точность
- Высокие энергозатраты

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Российские

Институт лазерных и сварочных технологийАО «Плакарт», ООО НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ»

Иностранные

BeAM, Arcam EBM, InssTek, IREPA LASER, Optomec, Inc., Sciaky, Inc.

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

ЭКСТРУЗИЯ МАТЕРИАЛА
MATERIAL EXTRUSION, ME



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Архитектура
- Дизайн
- Искусство
- Медицина
- Образование
- Прототипирование
- Стоматология
- Строительство

ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Моделирование методом наплавления**
   Fused deposition modeling, FDM
2. **Наплавление нитей**
   Fused filament fabrication, FFF
3. **Непрерывное наплавление нитей**
   Continuous fiber fabrication, CFF
4. **Коэкструзия композитного волокна**
   Carbon fibre composite, CFC
5. **Аддитивное производство с атомным рассеиванием**
   Atomic diffusion additive manufacturing, ADAM
6. **Прямое нанесение/робокастинг**
   Direct ink writing, DIW/Robocasting

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Полимеры, композиты

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

10–20 см³/ч
Скорость печати

165–320 °C
Температура печати

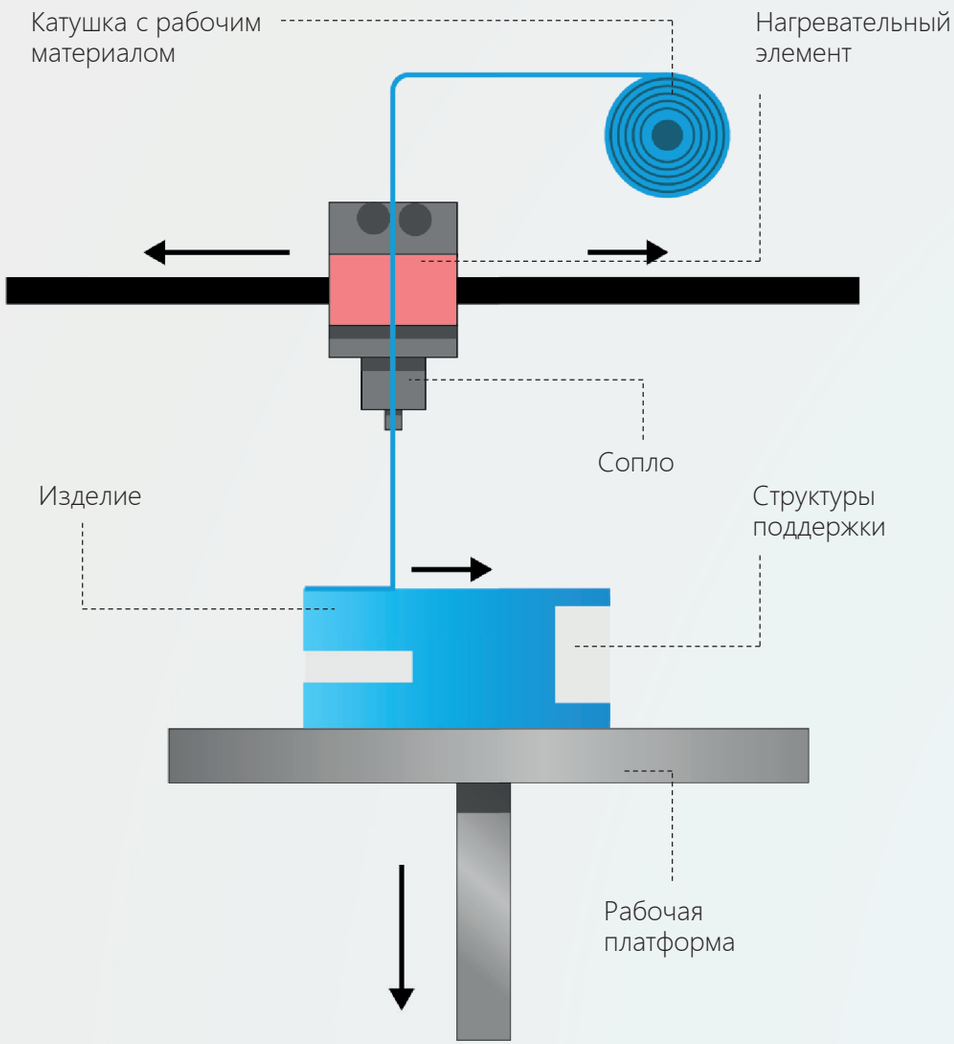
0,178–2 мм
Высота слоя

Область построения: min **127 x 127 x 127** мм
max **6 096 x 2 286 x 1 829** мм

СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

от **10–109** руб./см³
Печать
(зависит от типа пластика)

от **50–100** руб./изделие
Постобработка



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Самый распространённый процесс аддитивных технологий. Рабочий материал подаётся через сопло, где нагревается и затем осаждается слой за слоем, и застывает.

02 При необходимости генерируются и печатаются структуры поддержки, которые удаляются после завершения процесса печати.

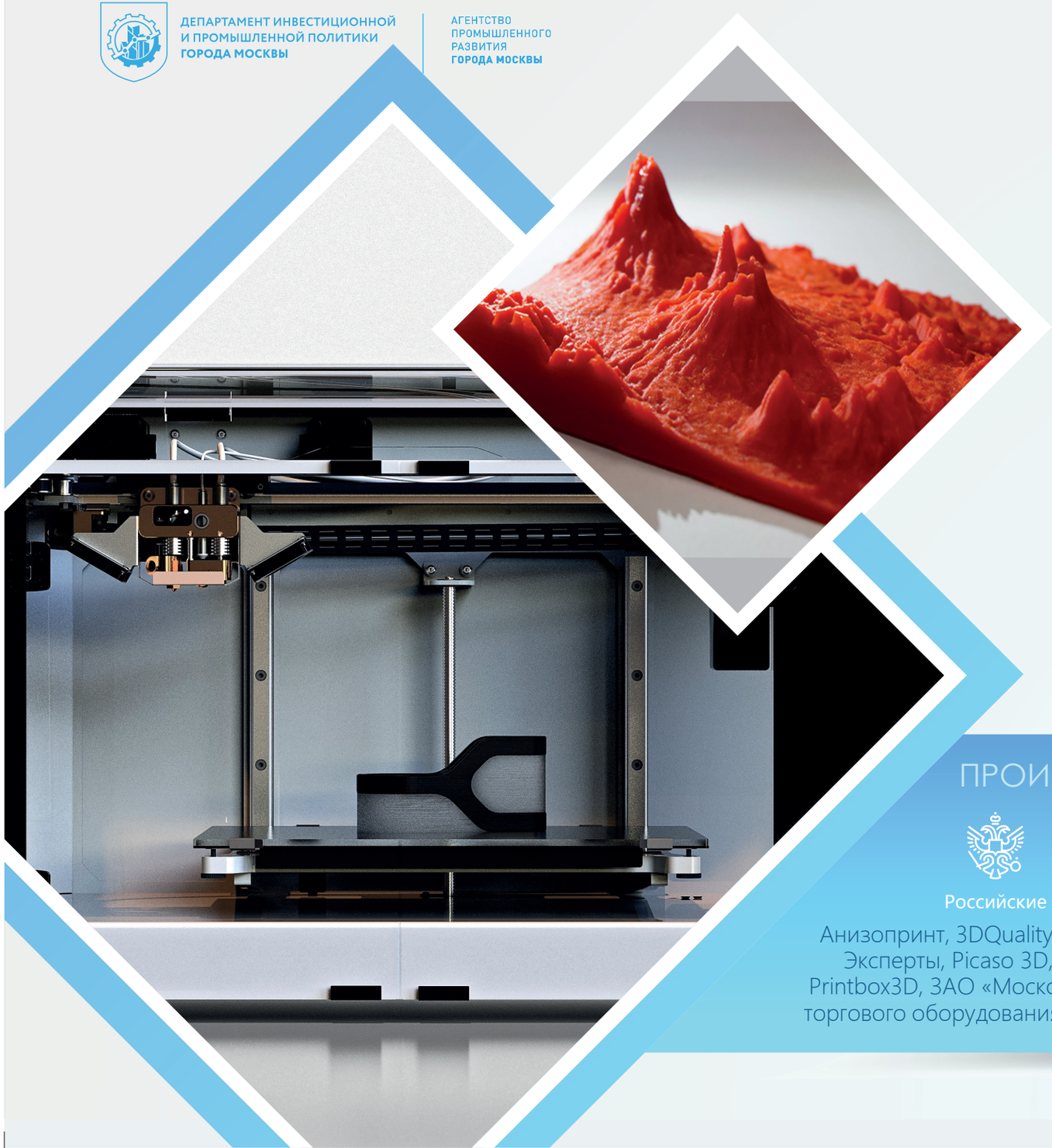
03 Сопло двигается горизонтально, а платформа перемещаться вверх и вниз вертикально после нанесения каждого нового слоя, или наоборот.

04 Принтер может быть оснащён несколькими соплами для подачи разных материалов во время одного цикла печати.

05 Имеет много факторов, которые оказывают влияние на качество получаемого изделия.

06 Имеет большой потенциал и жизнеспособность, если эти факторы успешно контролируются. Материал подается через сопло под постоянным давлением, непрерывным потоком с постоянной скоростью

ЭКСТРУЗИЯ МАТЕРИАЛА
MATERIAL EXTRUSION, ME



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Недорогой процесс
- Большой выбор материалов
- Сложная геометрия изделия
  Комбинирование материалов
- Многоцветная печать

НЕДОСТАТКИ

- Низкая точность
- Грубая поверхность
- Структуры поддержки
- Низкая скорость
- Анизотропия
- Низкая детализация
- Высокие энергозатраты

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Российские

Анизопринт, 3DQuality, Ирвин, 3Д Эксперты, Picaso 3D, VORTEX, Printbox3D, ЗАО «Московский завод торгового оборудования», Импринта

Иностранные

Stratasys, 3D Systems, SolidScape, Xjet, Dagoma, Volumic, Zortrax, Ultimaker, Markforged, XYZprinting, MakeGear LLC

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СТРУЙНОЕ НАНЕСЕНИЕ МАТЕРИАЛА
MATERIAL JETTING, MJ



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Дизайн
- Искусство
- Медицина
- Образование
- Стоматология
- Телекоммуникации
- Ювелирная промышленность

ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Струйное нанесение материала**
   Material jetting, MJ
2. **Многоструйное моделирование**
   Multi jet modeling, MJM
3. **Подача по требованию/ покапельное нанесение материала**
   Drop on demand, DOD
4. **Струйное нанесение наночастиц**
   Nanoparticle jetting, NPJ
5. **Аэрозольное нанесение материала**
   Aerosol Jet
6. **Струйное нанесение нескольких материалов**
   PolyJet

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Жидкие фотополимеры

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2,340 см³/ч
Скорость печати

30–60 °C
Температура печати

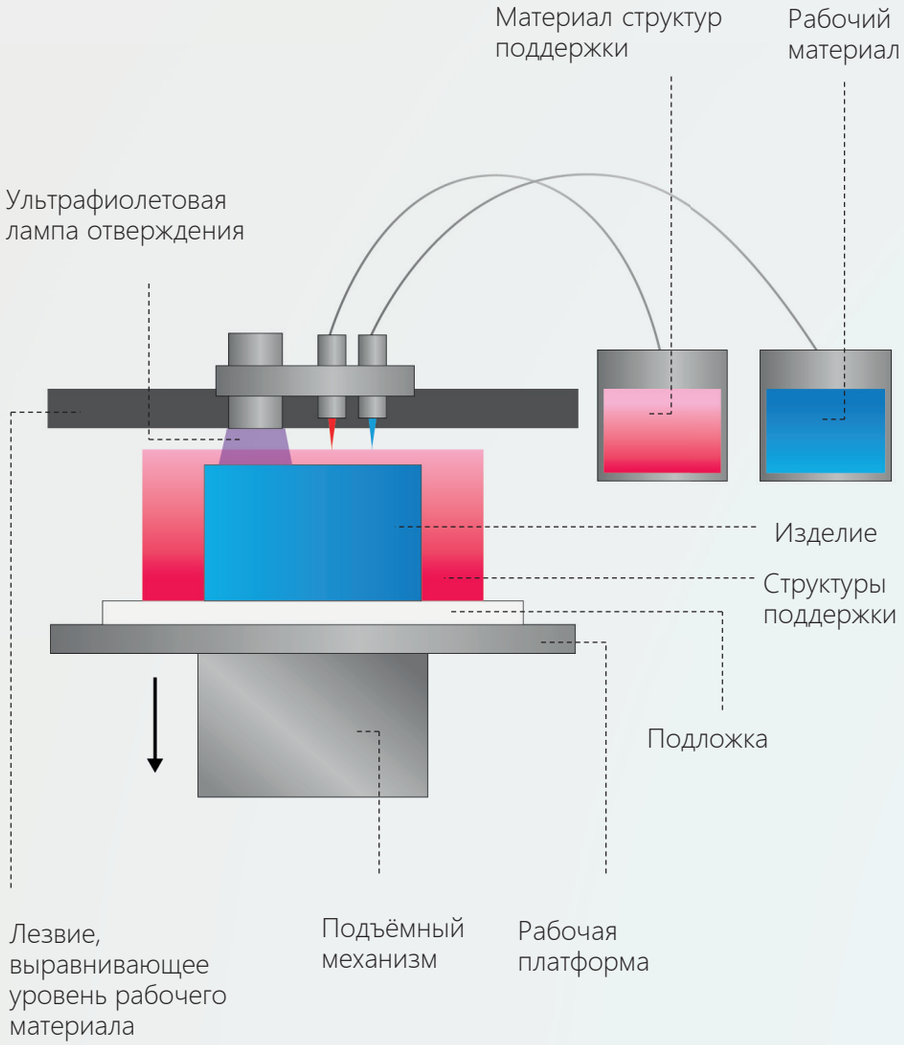
16–32 мкм
Высота слоя

Область построения: min **380 x 250 x 200** мм
max **1 000 x 800 x 500** мм

СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

от **70** руб./см³
Печать
(зависит от типа пластика)

от **50** руб./изделие
Постобработка



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Аналогична 2D печати. Данная технология считается одной из самых точных технологий 3D печати. Жидкую смолу нагревают до 30-60° С для достижения оптимальной вязкости.

02 Печатающая головка с источником ультрафиолетового излучения (УФ) перемещается по рабочей платформе и распределяет с высокой скоростью в заданных местах капли светочувствительного материала, которые формируются тонкоплёночным резистором и затвердевают под воздействием УФ, создавая слой за слоем. Такой подход позволяет контролировать процесс на высоком уровне.

03 После завершения слоя рабочая платформа перемещается вниз на заданную высоту, и процесс повторяется, пока изделие не будет напечатано. Функциональные и эстетические качества детали в значительной степени определяются на этапе печати. Не требуется дополнительного отверждения по завершении процесса.

04 Конструкция позволяет печатать разными материалами за один цикл. Детали высокой точности размеров с очень гладкой поверхностью





СТРУЙНОЕ НАНЕСЕНИЕ МАТЕРИАЛА
MATERIAL JETTING, MJ

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Высокая точность позиционирования материала
- Низкое количество отходов материала
- Печать разными материалами
- Комбинирование материалов
- Высокое качество поверхности
- Однородные механические и термические свойства изделия

НЕДОСТАТКИ

- Структуры поддержки
- Ограниченный выбор материалов
- Нефункциональные изделия
- Механические свойства изделий ухудшаются со временем
- Дороговизна технологии сужает потенциальные сферы применения

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

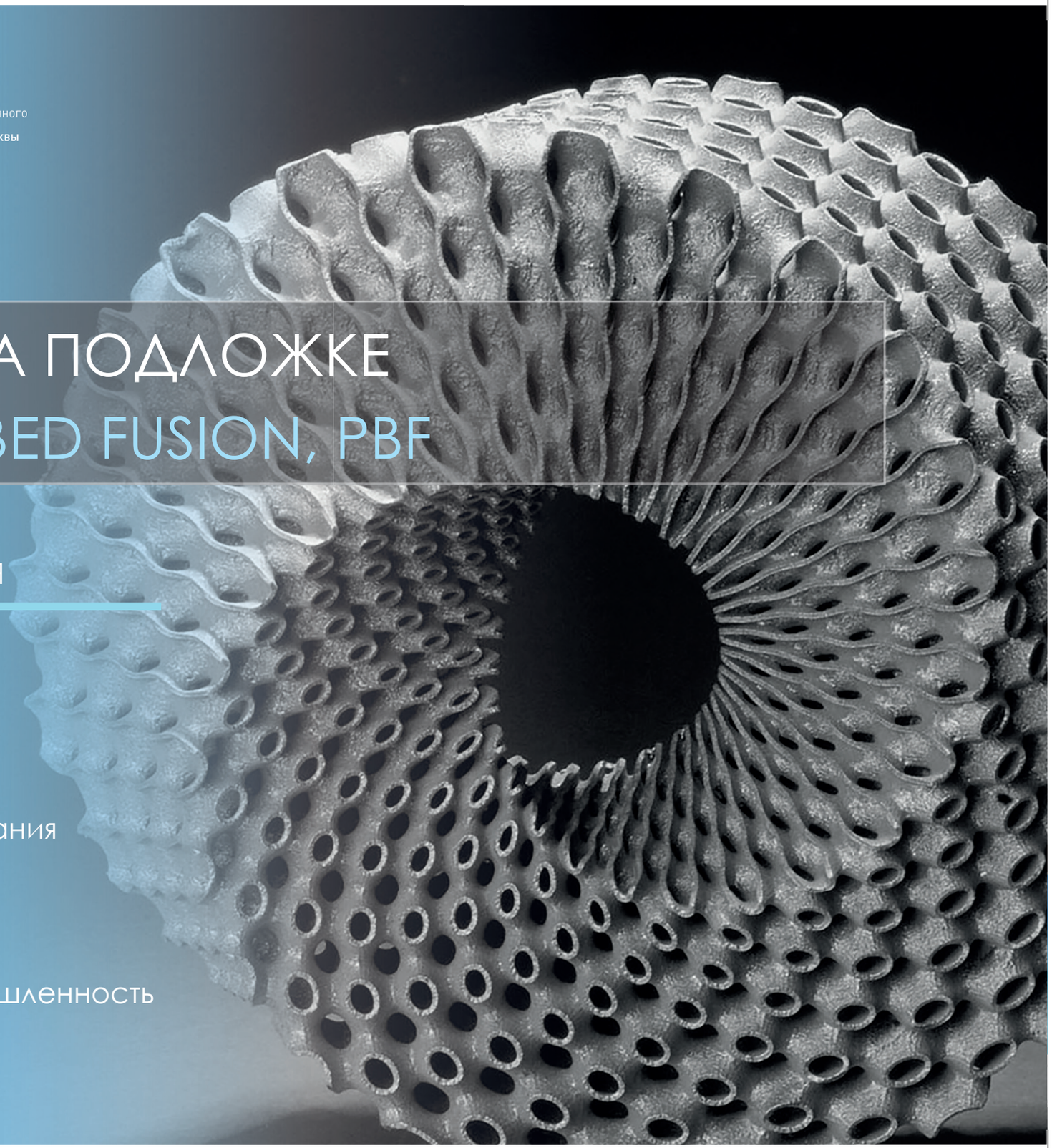
Иностранные

Stratasys, Ltd., Solidscape Inc., 3D Systems, XJET

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СИНТЕЗ НА ПОДЛОЖКЕ
POWDER BED FUSION, PBF



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Архитектура
- Медицина
- Научные исследования
- Прототипирование
- Стоматология
- Ювелирная промышленность

ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Лазерное спекание**
   Laser sintering, LS
2. **Выборочное лазерное спекание**
   Selective laser sintering, SLS
3. **Спекание связующим агентом и энергией**
   Multi jet fusion, MJF
4. **Лазерное сплавление**
   Laser melting, LM
5. **Выборочное лазерное сплавление**
   Selective laser melting, SLM
6. **Прямое лазерное сплавление металла**
   Direct metal laser melting, DMLM
7. **Электронно-лучевая плавка**
   Electron beam melting, EBM
8. **Селективное тепловое спекание**
   Selective heat sintering, SHS
9. **Прямое лазерное спекание металла**
   Direct metal laser sintering, DMLS
10. **Спекание твёрдофазным лазером**
    Solid phase laser sintering, SPLS
11. **Металлическое лазерное спекание**
    LMF

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Металлы и сплавы

Полимеры

СИНТЕЗ НА ПОДЛОЖКЕ
POWDER BED FUSION, PBF

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2–80 см³/ч
Скорость печати

160–1 600 °C
Температура печати

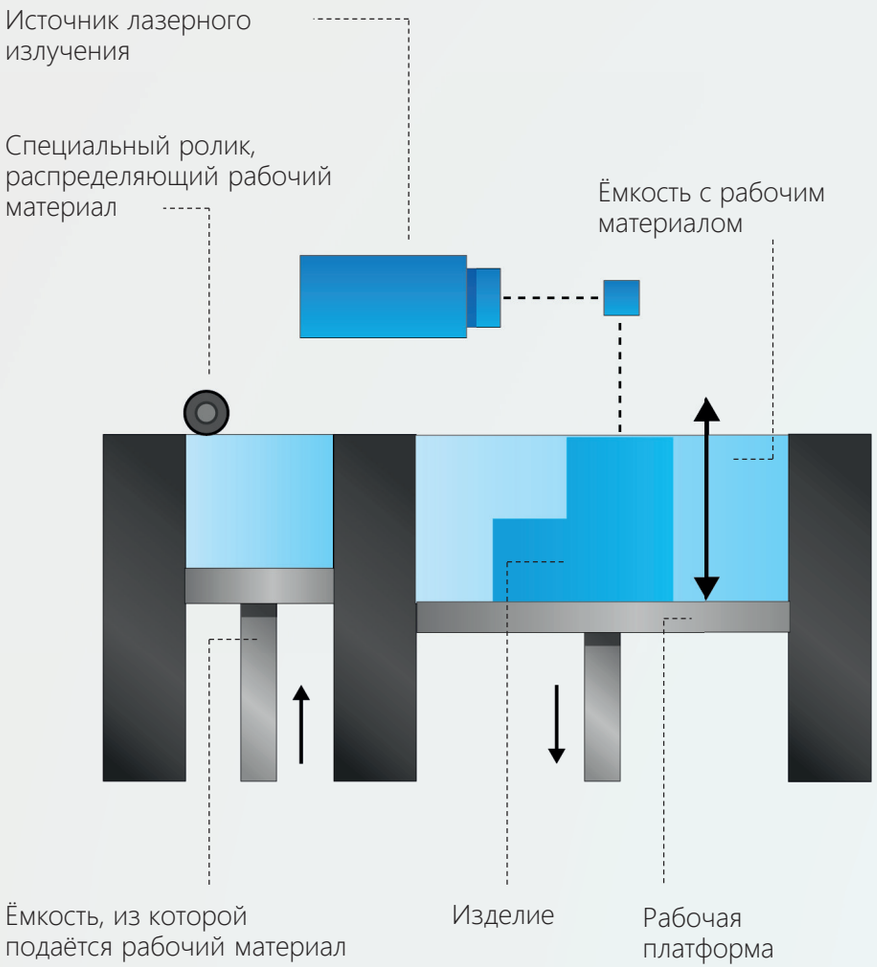
20–120 мкм
Высота слоя

Область построения: min **228 x 228 x 190** мм
max **675 x 366 x 545** мм

СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

от **800** руб./см³
Печать

От **500** руб./изделие
Постобработка



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Для плавления и спекания частиц порошка используется лазерное излучение или электронный луч. В последнем случае процесс происходит в вакуумной камере с применением в качестве рабочих материалов металлов и сплавов.

02 Изготовление функциональных изделий. Рабочий материал наносится в виде порошка на предыдущий слой. Существуют разные механизмы для нанесения порошка, включая ролик и лезвие.

03 Новый материал подаётся из резервуара, расположенного в нижней части конструкции принтера. Процесс DMLS похож на процесс SLS, только в нём в качестве рабочего материала используются металлы, а не пластик. Может использоваться для создания изделий любой геометрической формы, что трудновыполнимо при использовании других технологий.

04 Напечатанные изделия обладают практически изотропными механическими свойствами. Функциональность изделий может быть улучшена путём нанесения водонепроницаемого или металлического покрытия

СИНТЕЗ НА ПОДЛОЖКЕ
POWDER BED FUSION, PBF



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Отсутствуют структуры поддержки
- Функциональные изделия Высокие механические свойства
- Сложная геометрия изделия
- Большой выбор материалов

НЕДОСТАТКИ

- Невысокая скорость
- Только промышленные системы
- Внутренняя пористость
- Усадка
- Постобработка
- Ограничения по размеру изделий
- Высокие энергозатраты

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Российские

Русатом – Аддитивные технологии, ООО НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ»

Иностранные

EOS, 3DSystems, Prometal, Arcam, Trumpf, Concept Laser, Optomec, Aeromet

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ
ГОРОДА МОСКВЫ

ЛИСТОВАЯ ЛАМИНАЦИЯ
SHEET LASMINATION, SL



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Дизайн
- Образование
- Прототипирование

ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Ламинация**
   Laminated object manufacturing, LOM
2. **Выборочная ламинация**
   Selective deposits layer, SDL
3. **Композитная аддитивная технология**
   Composite-based additive manufacturing, CBAM
4. **Ультразвуковое аддитивное производство**
   Ultrasonic additive manufacturing, UAM

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Бумага, любой другой листовой материал

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

мм/ч
12–20
Скорость печати

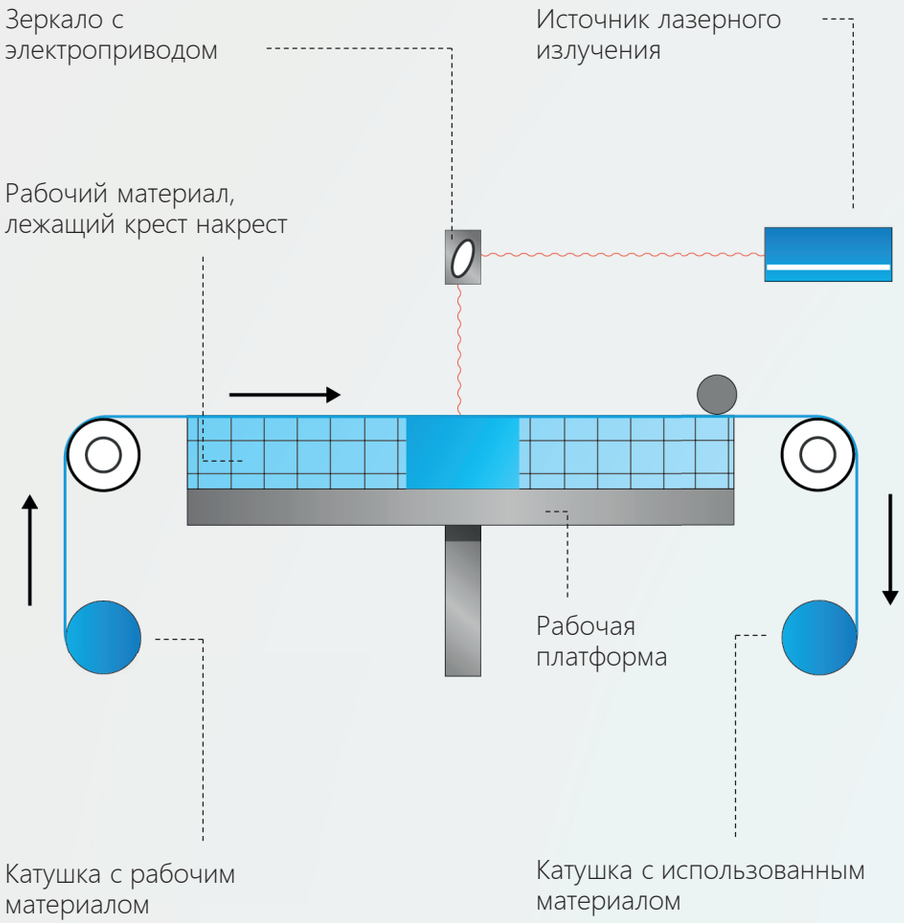
°C
<200
Температура печати

мм
0,1–1
Высота слоя

Область построения: min **241 x 203 x 124** мм
max **1 829 x 1 829 x 914** мм

СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

По запросу



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Тонкие листы, ленты или фольга соединяются друг с другом с помощью ультразвуковой сварки посредством вращающегося сонотрода или клеевого материала. Каждый лист представляет собой одно поперечное сечение.

02 По завершении процесса лазер или металлическое лезвие согласно заданной траектории удаляет лишний материал для создания конечного трёхмерного объекта.

03 Процесс низкотемпературный и позволяет создавать изделия с внутренней геометрией. Процесс может связывать различные материалы и требует относительно мало энергии по сравнению с другими аддитивными технологиями, так как металл не расплавляется, вместо этого используется комбинация ультразвуковой частоты и давления.

04 Связыванию материалов между собой помогает пластическая деформация, которая увеличивает площадь контакта поверхности и укрепляет существующие связи.

ЛИСТОВАЯ ЛАМИНАЦИЯ
SHEET LASMINATION, SL



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Доступные материалы
- Высокая скорость
- Низкая стоимость
- Лёгкая постобработка
- Фактура дерева

НЕДОСТАТКИ

- Поверхность изделия зависит от материала
- Ограниченный выбор материалов
- Необходимы исследования

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Иностранные

Cubic Technologies, Inc., Impossible Objects, Mcor Technologies, Envision TEC, Fabrisonic

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ В ВАННЕ
VAT PHOTOPOLYMERIZATION, VP



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Дизайн
- Искусство
- Модная индустрия
- Научные исследования
- Образование
- Прототипирование
- Стоматология
- Ювелирная промышленность

ВИДЫ ТЕХНОЛОГИИ

1. **Стереолитография**
   Stereolithography, SLA
2. **Выжигаемые модели для литья**
   Stereolithography quick cast, SLA QUICK CAST
3. **Цифровое отверждение светом**
   Digital light processing, DLP
4. **Непрерывное отверждение светом**
   Continuous digital light processing, CDLP
5. **Непрерывное отверждение жидкости**
   Continuous liquid interface production, CLIP

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Фотополимерные смолы

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

мм/ч
14–400
Скорость печати

мкм
10–300
Min размеры изделия

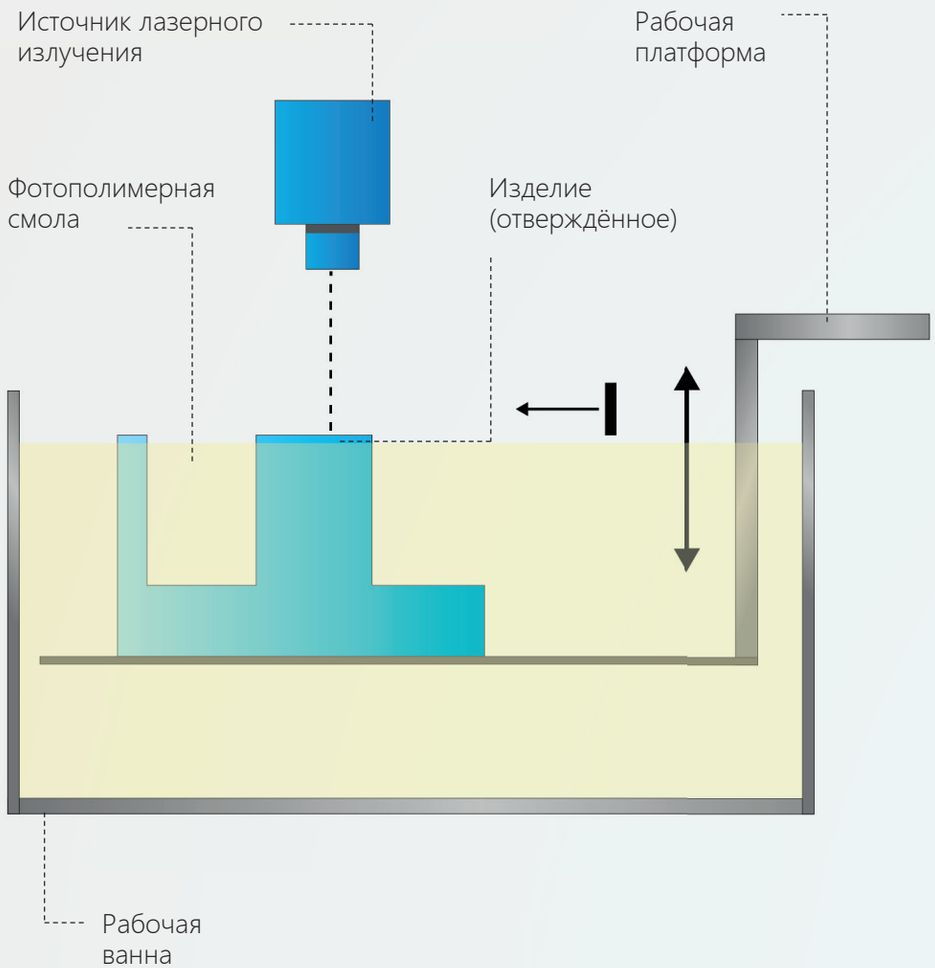
мкм
5–240
Высота слоя

Область построения: min **47 x 18 x 40** мм
max **1 499 x 762 x 559** мм

СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

от **199–349** руб./см³
Печать

От **100** руб./изделие
Постобработка



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 В ходе данного процесса используется ванна, заполненная жидкой фотополимерной смолой, а изделие строится снаружи слой за слоем.

02 Ультрафиолетовое (УФ) излучение используется для отверждения смолы в заданных местах, в то время как платформа перемещает печатаемое изделие вниз на заданное расстояние после затвердевания каждого нового слоя.

03 Поскольку в рамках технологии используется жидкость для формирования изделия, то отсутствуют структуры поддержки при печати, в отличие от методов с использованием порошка, где поддержка образуется несвязанным материалом. Поэтому их необходимо добавлять.

04 Смолы затвердевают под воздействием фотополимеризации или ультрафиолетового света, который движется по всей поверхности смолы, с использованием зеркал, оснащённых сервоприводом. Там, где смола вступает в контакт с источником излучения, она затвердевает, образуя слой изделия

ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ В ВАННЕ
VAT PHOTOPOLYMERIZATION, VP



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Высокая точность
- Высокое качество поверхности
- Высокая скорость процесса
- Сложная геометрия изделия
- Высокий уровень детализации
- Параллельное изготовление

НЕДОСТАТКИ

- Дорогой процесс
- Длительное время постобработки
- Ограниченный выбор материалов
- Структуры поддержки
- Дополнительное УФ для упрочнения изделия
- Низкие механические характеристики
- Появление рытвин
- Материал подвержен разложению

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Иностранные

FormLabs, 3DSystems, DWS Systems,
Envision TEC, 3DFortify, Inc., Carbon3D

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

СКОРОСТНАЯ ЖИДКАЯ ПЕЧАТЬ
RAPID LIQUID PRINTING



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Архитектура
- Дизайн
- Модная индустрия
- Прототипирование

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

см³/ч

6 000 – 60 000

Скорость печати

мкм

5 000-10 000

Высота слоя

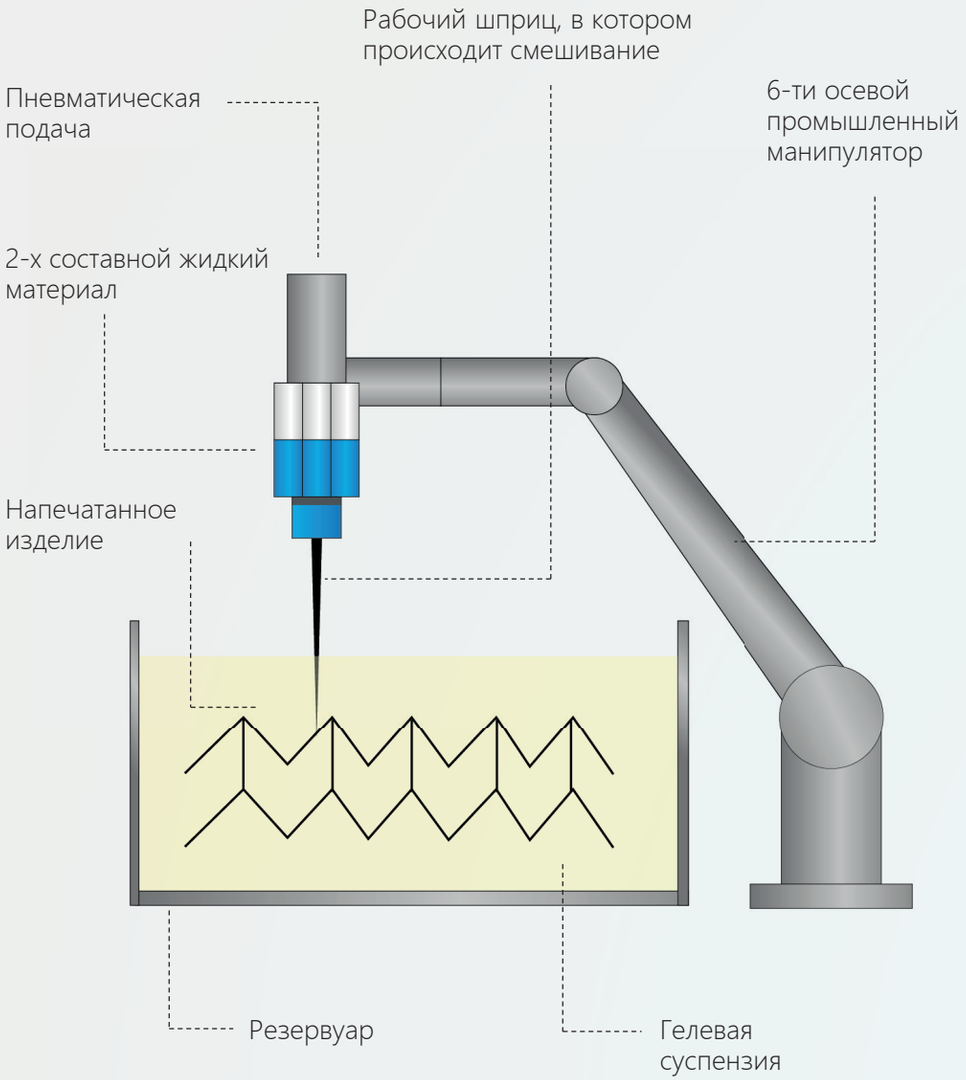
После затвердевания модель просто вынимается из бака и промывается

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Двухкомпонентный полиуретан

СКОРОСТНАЯ ЖИДКАЯ ПЕЧАТЬ
RAPID LIQUID PRINTING





ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

01 Аддитивная технология Rapid liquid printing, что можно перевести как «скоростная жидкая печать», является новым экспериментальным процессом, разрабатываемым в Массачусетском технологическом институте.

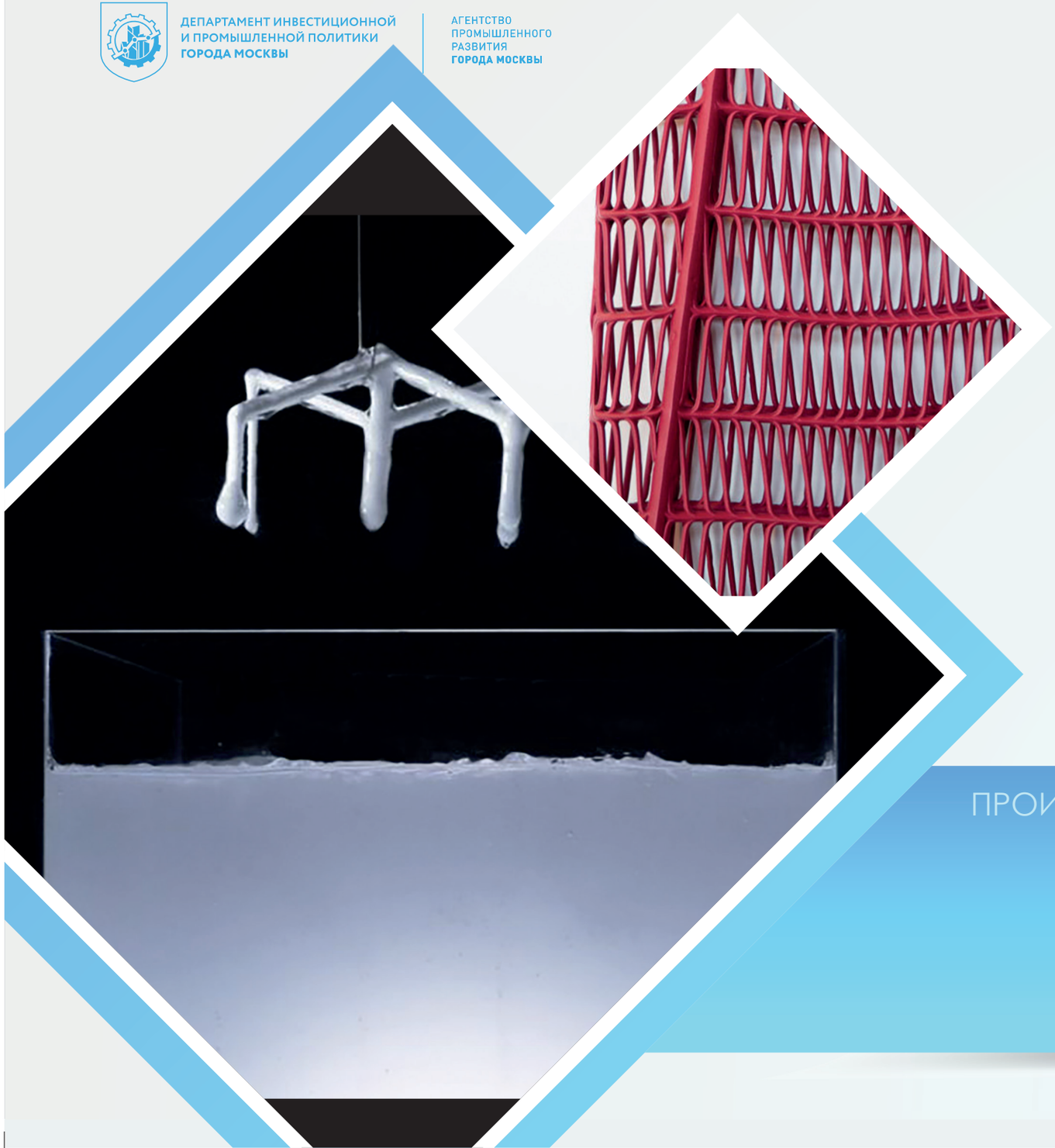
02 Физический смысл технологии заключается в построении изделия в трёхмерном пространстве, заполненным гелевой суспензией, во взвешенном состоянии.

03 В качестве расходного материала используется двухкомпонентный полиуретан. Одна его составляющаяся смешивается с гелем и полученной композицией наполняется бак, играющий роль рабочей камеры.

04 Второй компонент наносится соплом, позиционируемым с помощью промышленного манипулятора. Так как плотность полиуретана и геля соизмеримы, полимер не оседает, что позволяет печатать изделия без структур поддержки.

05 Данная технология позволяет создавать объекты большого масштаба.

СКОРОСТНАЯ ЖИДКАЯ ПЕЧАТЬ
RAPID LIQUID PRINTING



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Высокая скорость процесса
- Отсутствие структур поддержки
- Отсутствие постобработки
- Крупногабаритные изделия

НЕДОСТАТКИ

- Стадия научно-исследовательской работы

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Иностранные

Self-Assembly Lab (MIT)

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ ГОРОДА МОСКВЫ

АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

4D ПЕЧАТЬ
4-DIMENSIONAL PRINTING

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Промышленность
- Архитектура
- Дизайн
- Искусство
- Медицина
- Научные исследования
- Образование
- Прототипирование





ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Полимерные волокна с эффектом «памяти» формы

Гидрогелевые композиты с эффектом «памяти» формы

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

мм/ч

14–400
Скорость печати

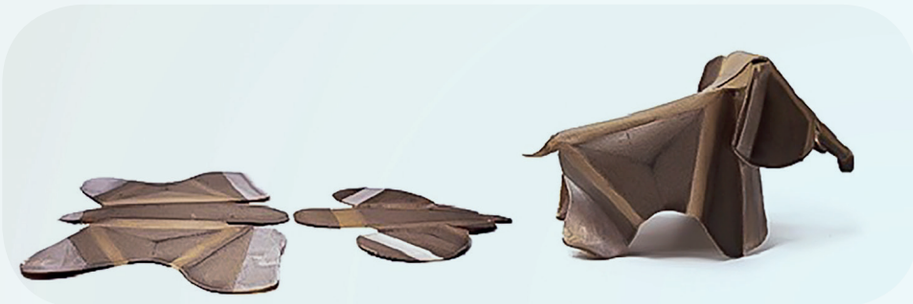
мкм

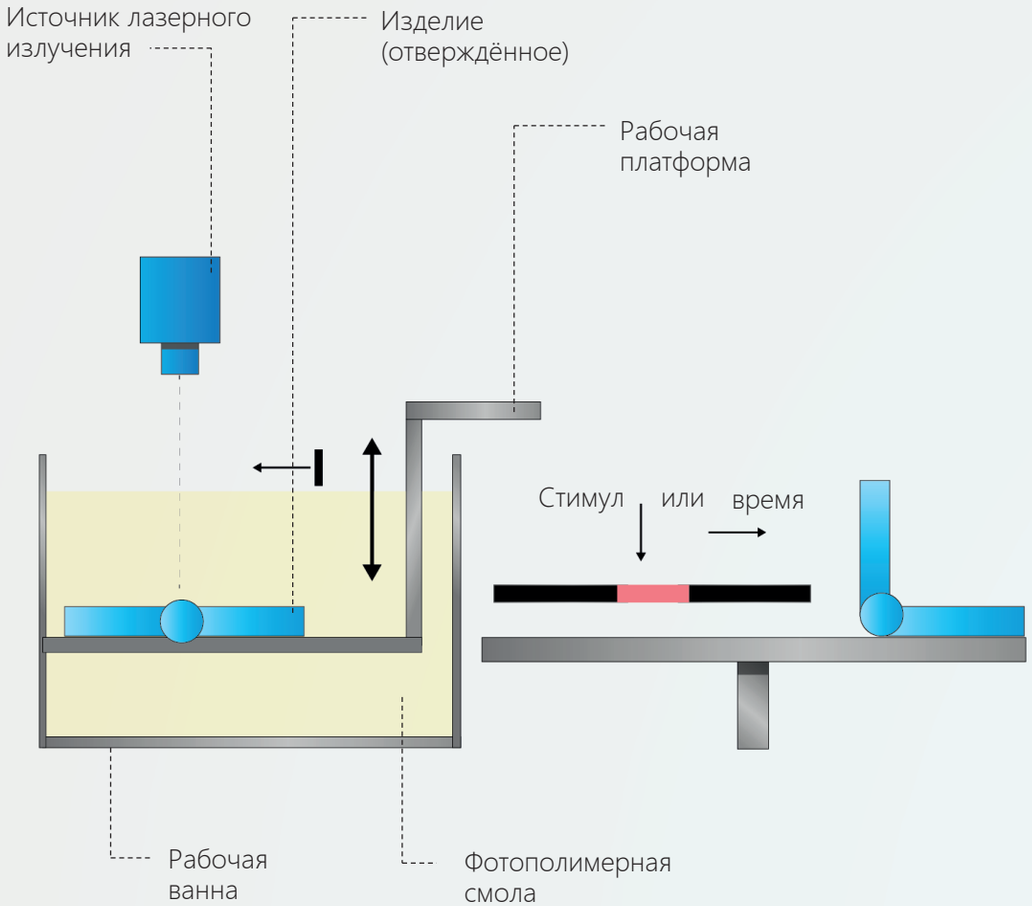
5–240
Высота слоя

01 Время отклика и угол сгиба зависит от характера напечатанных структур

02 Комбинирование волокон, различающихся размерами и свойствами

03 Проектирование изделий на микро- и макроуровнях. Размер, форма, схема соединения напечатанной структуры имеет прямое отношение к форме деформации, принимаемой при внешнем воздействии





ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

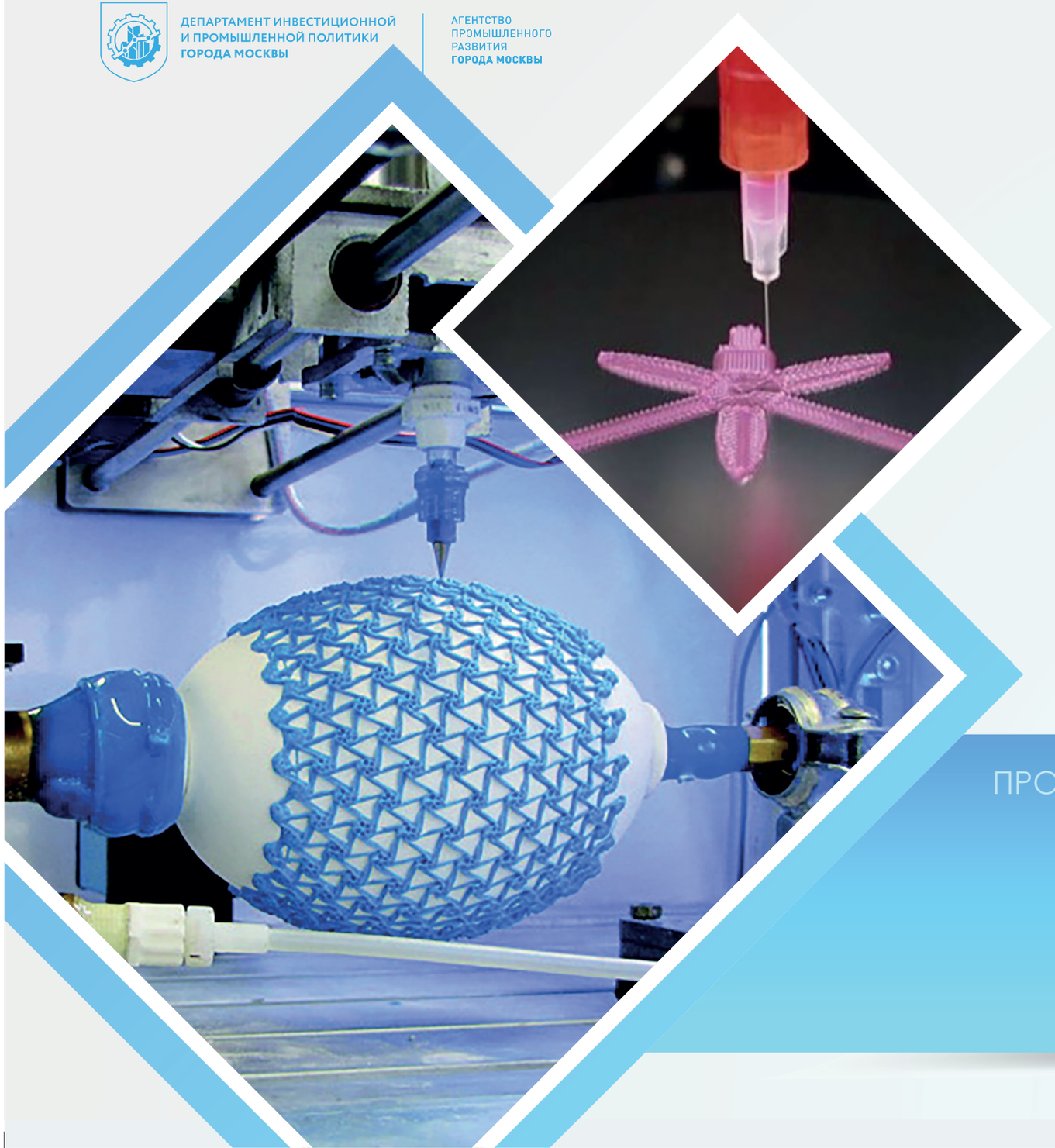
01 4D печать – это логичное развитие 3D печати. Основа технологии: стереолитография (SLA).

02 Это процесс, в результате которого трёхмерный напечатанный объект меняет свою форму и/или свойства под воздействием внешнего источника энергии, например, тепла, света, электрического тока или с течением времени.

03 В данной технологии используется процесс 3D печати материалами с эффектом памяти формы.

04 На выходе получается программируемый материал, который реагирует на изменение параметров окружающей среды таких, как влажность, температура и т.д.
И соответственно меняет свою форму.
Анизотропия влияет на микроструктуру, которая отвечает за направление и характер преобразований как реакции на внешнее воздействие

4D ПЕЧАТЬ
4-DIMENSIONAL PRINTING



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Программируемые свойства изделий

НЕДОСТАТКИ

- Стадия научно-исследовательской работы

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Иностранные

Self-Assembly Lab (MIT), Morphing Matter Lab (Carnegie Mellon University)

ДЕПАРТАМЕНТ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ **ГОРОДА МОСКВЫ**

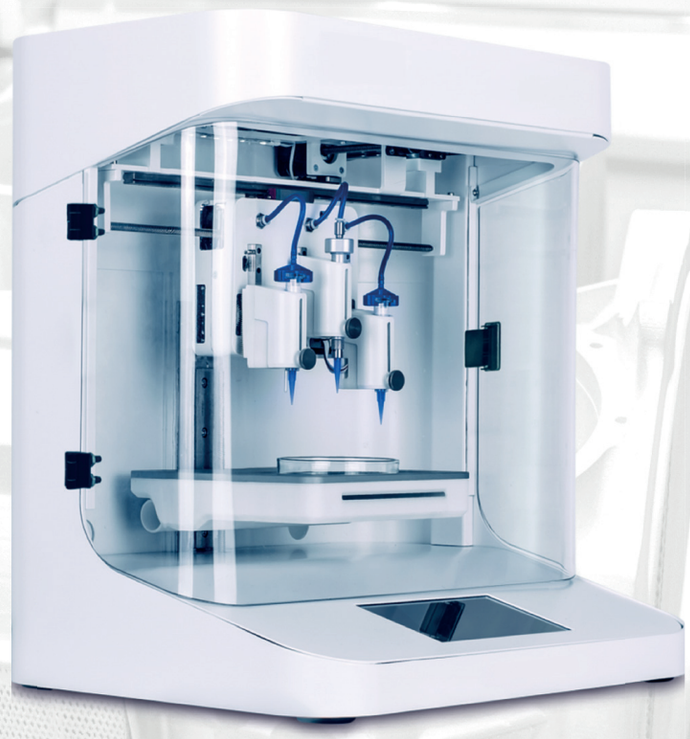
АГЕНТСТВО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВИТИЯ **ГОРОДА МОСКВЫ**

БИОПЕЧАТЬ
BIOPRINTING



ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Медицина
- Научные исследования
- Оборонная промышленность
- Образование
- Фармацевтическая промышленность



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

мм/ч

0,5

Скорость печати
(тканево-инженерная конструкция 100 х100 мм)

мкм

250

Размер сфероида

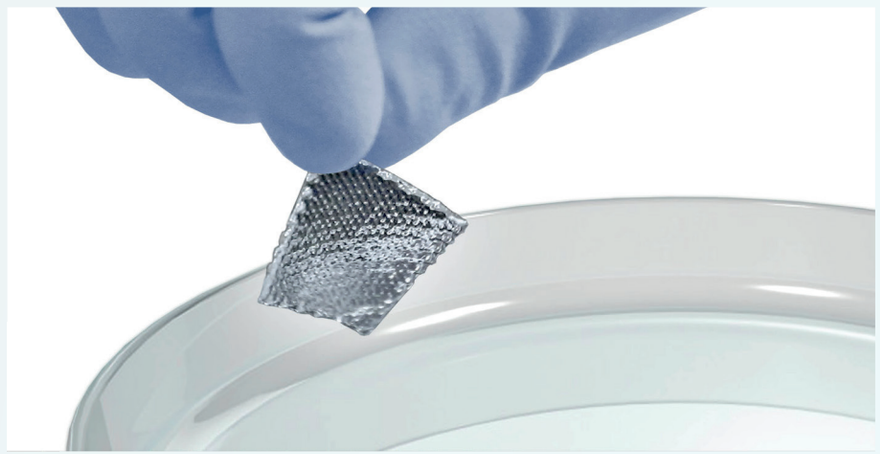
мкм

250

Высота слоя

Область построения:

700 х 700 мм

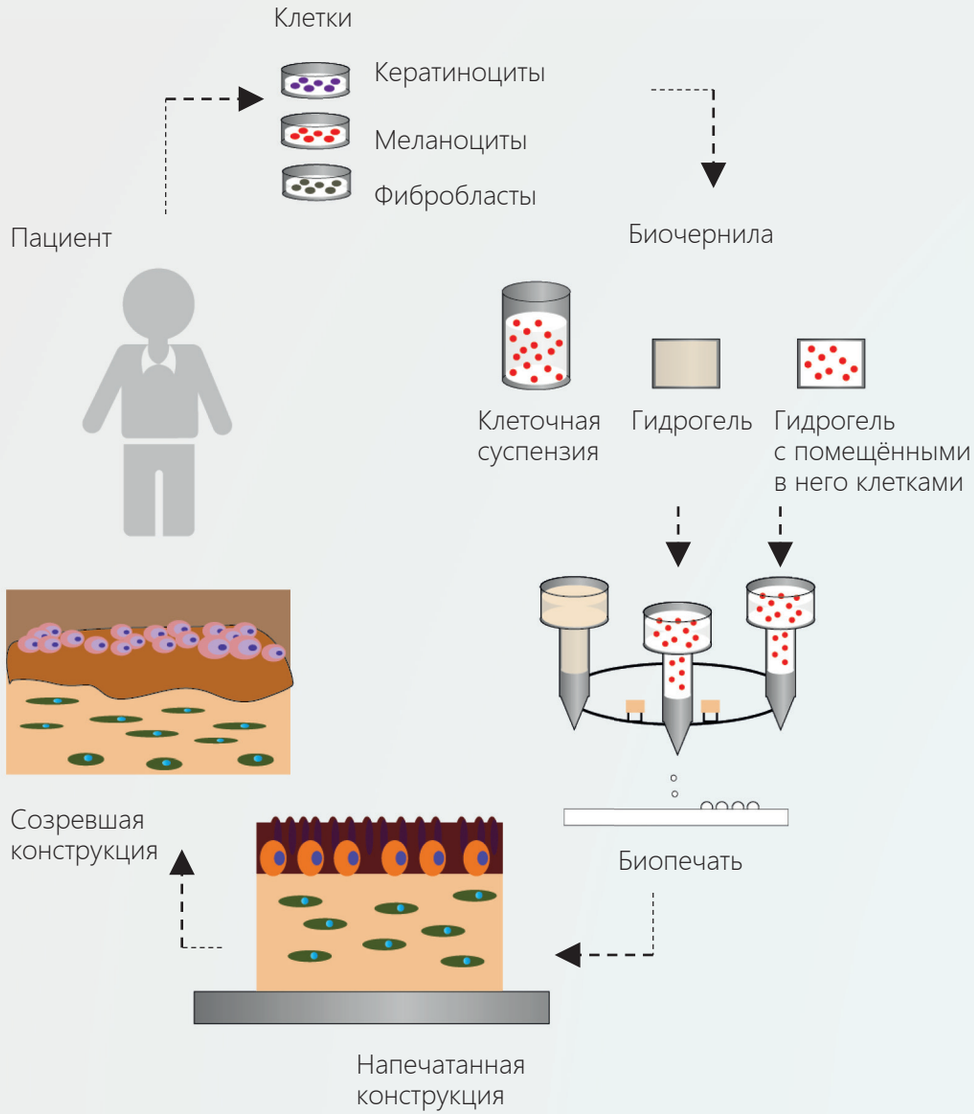


ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

БИОМАТЕРИАЛЫ

Стволовые клетки
с дальнейшей пролиферацией
и дифференциацией в нужные
клеточные типы

Шаблонные клетки
разных типов как
основы будущей ткани



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ

Соединение клеток, их факторов роста и биоматериалов с целью изготовления биомедицинских компонентов, которые бы максимально имитировали свойства натуральных тканей. Используются биочернила для создания структур, имитирующих натуральные ткани. При глубине слоя, соответствующей диаметру сфероида, можно последовательно наносить материал слой за слоем.

Головка 3D принтера имеет три экструдера: две форсунки с гелем и устройство, выдающее тканевые сфероиды. В первой форсунке с гелем – тромбин, во второй – фибриноген. Когда белок фибриноген расщепляется тромбином, образуется фибрин-мономер, скрепляющий тканевые сфероиды. Напечатанная конструкция помещается в биореактор, ёмкость с контролируемой средой, в которой на входы и выходы органа подаются нужные вещества, плюс обеспечивается ускоренное созревание за счёт воздействия факторами роста.

Три стадии:

1. Предварительная биопечать – создание модели для печати, выбор материалов.
2. Биопечать – биочернила (жидкая смесь клеток, матриц и питательных веществ) помещаются в картридж принтера и подаются согласно данным сканирования пациента.
3. Постбиопечать – получение стабильной структуры из биологического материала путём механических и химических воздействий для контроля деления и роста тканей.

Три подхода:

1. Биомимикрия – создание тканей, идентичных натуральным тканям человеческого организма.
2. Автономная самостоятельная сборка – опирается на физический процесс развития эмбриональных органов в качестве модели для репликации нужных.
3. Строительные блоки из минитканей – этот подход сочетает биомимикрию и автономную самосборку. Маленькие функциональные частицы изготавливаются и размещаются внутри большого каркаса.

БИОПЕЧАТЬ
BIOPRINTING





ПРЕИМУЩЕСТВА

- Персонализация органов и тканей
- Исключение из лабораторных исследований животных
- Органы атромбогенные
- Отпадёт необходимость в донорских органах

НЕДОСТАТКИ

- Скорость формирования конструкта
- Использование каркаса
- Жизнеспособность полученных тканей и органов
- Гипоксия при создании органа
- Стадия научно-исследовательской работы

ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ

Российские

3D Bioprinting Solutions

Иностранные

Organovo, Cyfuse Biomedical, BioBots, Aspect Biosystems, Rokit, Cellbricks GmbH, Cellink, RegenHU Ltd.

ВЫБОР АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАТЕРИАЛА ИЗДЕЛИЯ



ВЫБОР АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Точность

Допуски (точность изготовления)

- **Низкие (±0,5 мм)**: FDM, FFF, CFF, CFC, ADAM, DIW, LOM, SDL, CBAM, UAM, EBAM, DMT, DLD, WAAM, CMB, LENS, DMD, CSAM, LMD, EBF
- **Средние (±0,3 мм)**: BJ, CJP, SPJ, SLS, LS, MJF, LM, SLM, DMLM, EBM, SHS, DMLS, SPLS, LMF
- **Высокие (≤ 0,1 мм)**: SLA, DLP, CDLP, CLIP, MJ, MJM, DOD, NPJ, Aerosol Jet, Poly Jet

Высокая прочность

- **Низкие (< 30 МПа)**: FDM, FFF, DIW, MJ, MJM, DOD, Aerosol Jet, Poly Jet, LOM, SDL, SLA, DLP, CDLP, CLIP, CJP, SPJ
- **Средние (30-85 МПа)**: SLS, NPJ, LS, MJF, LM, SLM, DMLM, EBM, SHS, DMLS, SPLS, LMF
- **Высокие (> 85 МПа)**: EBAM, DMT, DLD, WAAM, LENS, DMD, CSAM, LMD, EBF, CMB, CBAM, UAM, DMLS, SLM, BJ (Metal), CFF, CFC, ADAM

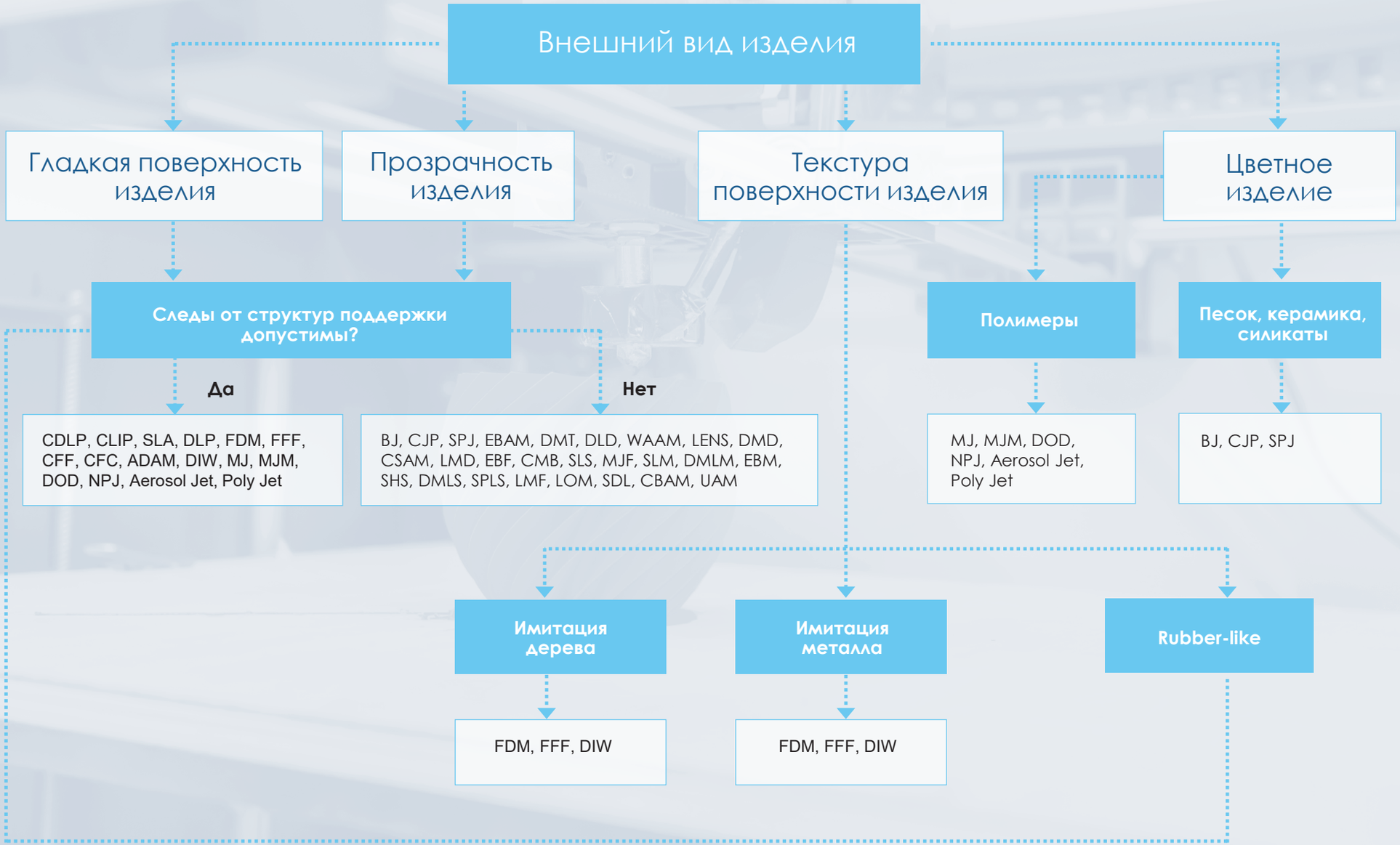
Особые свойства

- **Химическая стойкость**: SLS, MJF, SHS, MJM, DOD, NPJ, Poly Jet
- **Термостойкость/ Жаростойкость**: UAM, EBAM, DMT, DLD, WAAM, LENS, DMD, CSAM, SLS, SLA, DLP, CDLP, CLIP, MJF, DMLM, EBM, LMD, EBF, CMB, SHS, SPLS, LMF
- **Биосовместимость/ Безопасность для продуктов питания**: DMLS, SLM, DMLM, EBM, SHS, SPLS, LMF, FDM, FFF, DIW, MJ, SLA, DLP, CDLP, CLIP, EBAM, DMT, DLD, WAAM, LENS, DMD, CSAM, LMD, EBF, CMB, UAM

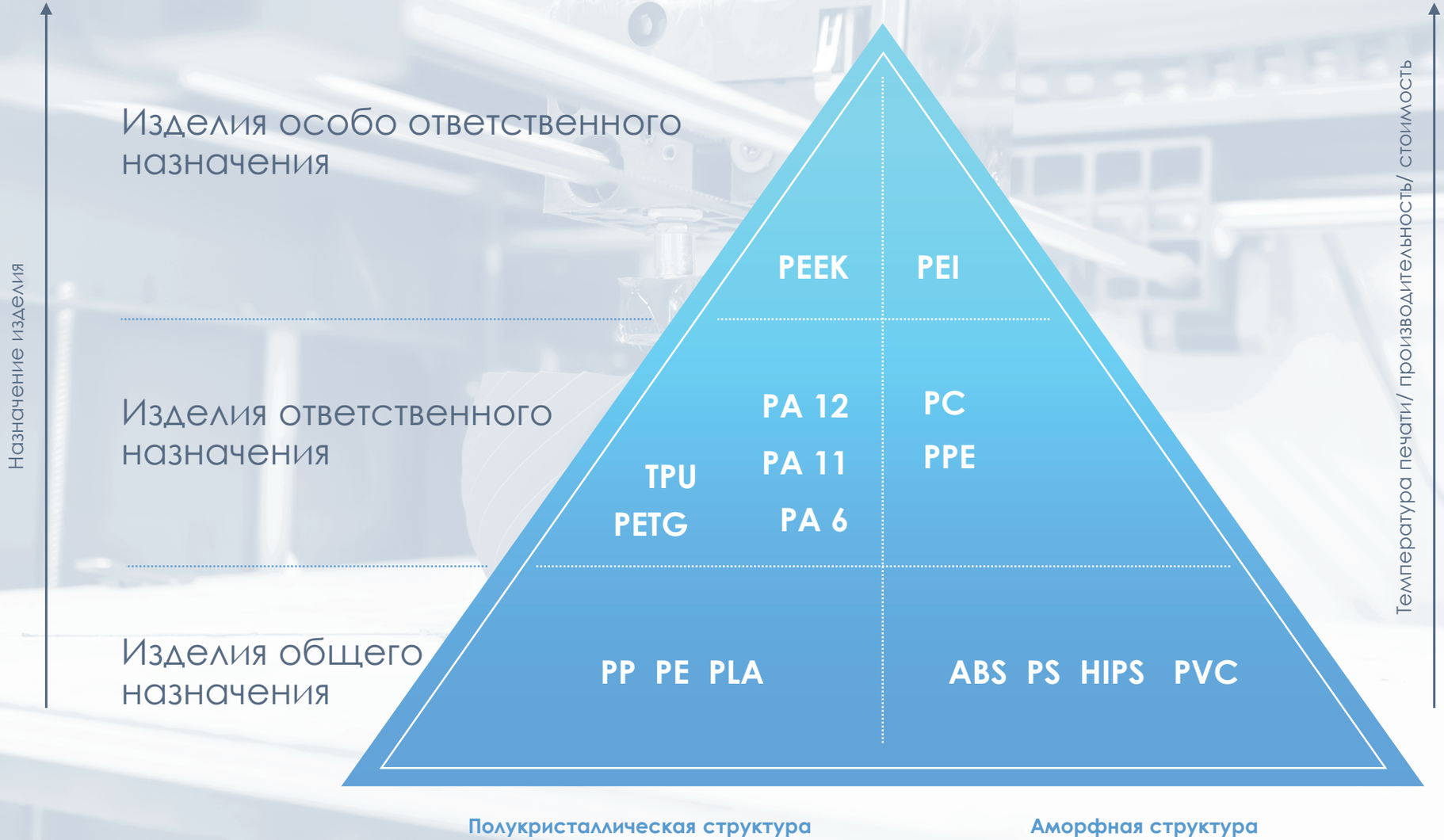
Гибкость

- **Сильное растяжение**: FDM, FFF, DIW, SLS, SLM, SHS
- **Мягкий/ резиноподобный**: MJ, MJM, DOD, NPJ, Poly Jet, SLA, DLP, CDLP, CLIP

ВЫБОР АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВНЕШНЕГО ВИДА



НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



ГЛОССАРИЙ

Аддитивные технологии	Обобщённое название группы технологий, предполагающих изготовление цельных трёхмерных объектов любой геометрической формы по данным цифровой модели методом послойного нанесения или синтеза материала на основу в виде плоской платформы или осевой заготовки
3D модель	Электронная модель изделия, описывающая геометрическую форму, размеры и иные свойства изделия, зависящие от его формы и размеров
CAD программы	Программное обеспечение, предназначенное для автоматизированного проектирования
CAE программы	Программное обеспечение, предназначенное для расчёта, анализа и симуляции физических процессов
3D Slicing Engine	Программное обеспечение, предназначенное для преобразования 3D модели в G-код (язык программирования устройств с числовым программным управлением), который будет выполнять аддитивное оборудование
Чистовая обработка	Обработка, в результате которой достигаются заданные точность размеров, шероховатость обрабатываемых поверхностей и внешний вид изделия
BJ	Струйное нанесение связующего / Binder jetting
CJP	Полноцветная печать / Color jet printing
SPJ	Струйное нанесение связующего на металл / Single pass jetting
DED	Прямой подвод энергии и материала / Directed energy deposition
EBAM	Спекание электронным пучком / Electron beam additive manufacturing
DMT	Прямая обработка металла / Direct metal tooling
DLD	Прямое лазерное выращивание / Direct laser deposition
WAAM	Электродуговое аддитивное производство / Arc welding based additive manufacturing
LENS	Лазерное спекание порошков / Laser engineered net shaping
DMD	Прямое нанесение металла / Direct metal deposition
CSAM	Холодное нанесение / Cold spray additive manufacturing
LMD	Лазерное нанесение металла / Laser metal deposition
EBF	Электронно-лучевое сплавление проволоки / Electron-beam freeform fabrication
CMB	Контролируемое наращивание металла / Controlled metal buildup
ME	Экструзия материала / Material extrusion
FDM	Моделирование методом наплавления / Fused deposition modeling
FFF	Наплавление нитей / Fused filament fabrication
CFF	Непрерывное наплавление нитей / Continuous fiber fabrication
CFC	Коэкструзия композитного волокна / Carbon fibre composite
ADAM	Аддитивное производство с атомным рассеиванием / Atomic diffusion additive manufacturing
DIW/Robocasting	Прямое нанесение/робокастинг / Direct ink writing/Robocasting
MJ	Струйное нанесение материала / Material jetting
MJM	Многоструйное моделирование / Multi jet modeling
DOD	Подача по требованию/покапельное нанесение материала / Drop on demand
NPJ	Струйное нанесение наночастиц / Nanoparticle jetting
Aerosol Jet	Аэрозольное нанесение материала
PolyJet	Струйное нанесение нескольких материалов
PBF	Синтез на подложке / Powder bed fusion
LS	Лазерное спекание / Laser sintering
SLS	Выборочное лазерное спекание / Selective laser sintering
MJF	Спекание связующим агентом и энергией / Multi jet fusion
LM	Лазерное плавление / Laser melting
SLM	Выборочное лазерное плавление / Selective laser melting
DMLM	Прямое лазерное плавление металла / Direct metal laser melting
EBM	Электронно-лучевая плавка / Electron beam melting
SHS	Селективное тепловое спекание / Selective heat sintering
DMLS	Прямое лазерное спекание металла / Direct metal laser sintering
SPLS	Спекание твёрдофазным лазером / Solid phase laser sintering
LMF	Металлическое лазерное спекание / Laser metal fusion
SL	Листовая ламинация / Sheet lasmination
LOM	Ламинация / Laminated object manufacturing
SDL	Выборочная ламинация / Selective deposit layer
CBAM	Композитная аддитивная технология / Composite-based additive manufacturing
UAM	Ультразвуковое аддитивное производство / Ultrasonic additive manufacturing
VP	Фотополимеризация в ванне / Vat photopolymerization
SLA	Стереолитография / Stereolithography
SLA quick cast	Выжигаемые модели для литья / Stereolithography quick cast
DLP	Цифровое отверждение светом / Digital light processing
CDLP	Непрерывное отверждение светом / Continuous digital light processing
CLIP	Непрерывное отверждение жидкости / Continuous liquid interface production
Rapid Liquid Printing	Скоростная жидкая печать
4D Printing	4D печать
Bioprinting	Биопечать


NANO DIMENSION
Impossible Objects
Stratasys FOR A 3D WORLD™
eos
BeAM BE ADDITIVE MANUFACTURING
CELLINK
XJET
organovo
ExOne
FABRISONIC Solid State Additive Manufacturer of Metals
SELF - ASSEMBLY LAB
Advanced SOLUTIONS LIFE SCIENCES
carbon3D
OPTOMEC Production Grade 3D Printers... with a Material Difference
PICASO 3D
voxeljet
envisionTEC Print Your Potential
formlabs
solidscape by Prodways
ИЛИСТ ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
РУСАТОМ аддитивные технологии
ANISOPRINT
Morphing Matter Lab
CONCEPTLASER
3D SYSTEMS
Markforged
SLM SOLUTIONS
hp



АГЕНТСТВО
ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЗВИТИЯ
ГОРОДА МОСКВЫ

Москва, Вознесенский пер. 20, стр. 2
8(495) 909-30-69
apr.mos.ru