

# АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

# Аддитивные технологии (3D-печать)



Преимущества:

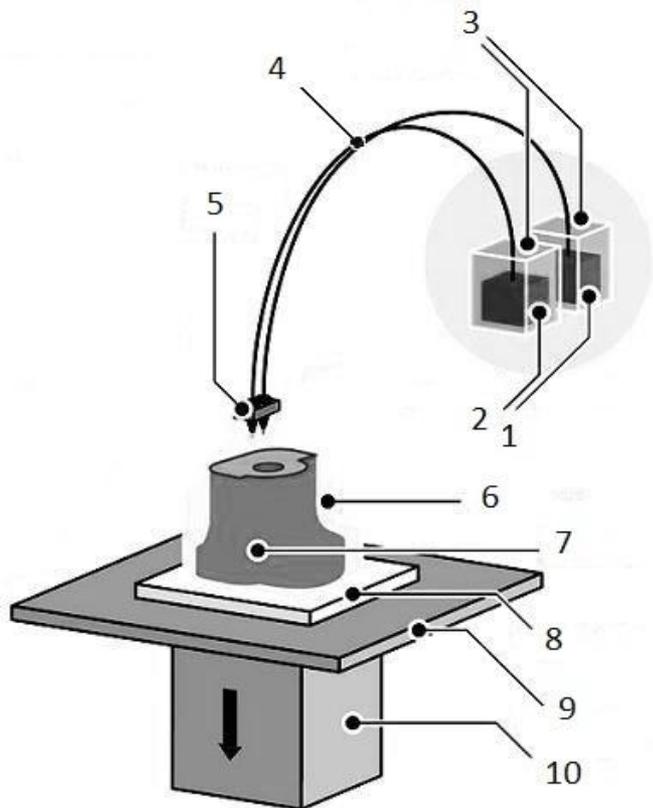
- Изготовление цельных изделий сложной формы
- Быстрое обновление моделей продукции
- Резкое сокращение сроков подготовки производства и технологического цикла
- Исключение или резкое сокращение отходов материала

# Развитие технологии 3D-печати

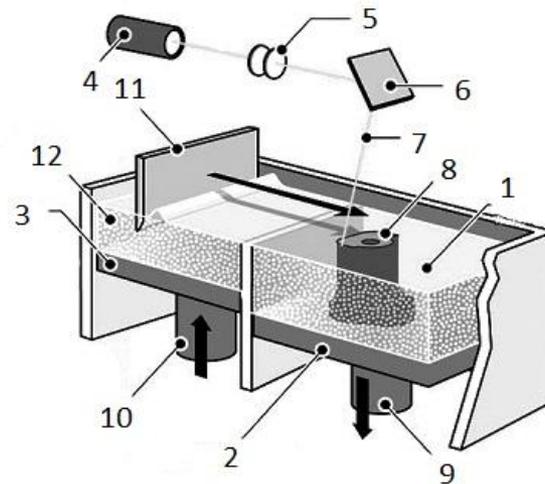
| Год  | Создатели, компании  | Новые возможности и знания   |
|------|--|--|
| 1984 | Ч. Халл (США)<br>3D Systems, Artisan Make                                | Технология «стереолитографии» (SLA) для печати 3D-объектов по данным цифровых моделей из фотополимеризующихся композитных материалов |
| 1986 | К. Декарт и Д. Биман<br>(Университет Техаса), 3D Systems                 | Разработка и получение патента на метод селективного лазерного спекания (SLS)  |
| 1993 | Solidscapе   | Изготовление объемных деталей с помощью струйных принтеров. Понятие 3D-печати  |
| 1995 | Objet Geometries, Stratasys  | Создание моделей высокой точности путем послойного нанесения материала. Технология PolyJet, Objet Connex                             |
| 2005 | А. Боуэр (Великобритания),<br>3D Systems, Desktop Factory, Z Corporation | Создание самопроизводящих машин, использующих биоматериалы (Reprap)  |
| 2006 | А. Боуэр (Великобритания),<br>Wanhao, 3D Systems, MBot, JoysMaker        | Создание всех настольных принтеров, использующие метод моделирования путем послойного наплавления (FDM) (Reprap 0.2)                 |
| 2008 | Objet Geometries Ltd   | Разработка принтера Connex500, способного печатать несколькими различными материалами сразу (3DP).                                   |
| 2010 | Organovo   | Создание технологии печати искусственных кровеносных сосудов.  |
| 2011 | Ultimaker (Голландия),<br>SeeMeCNC, 3D Systems                           | Увеличение скорости трехмерной печати до 350 мм в секунду  |

# Варианты подачи материала на подложку

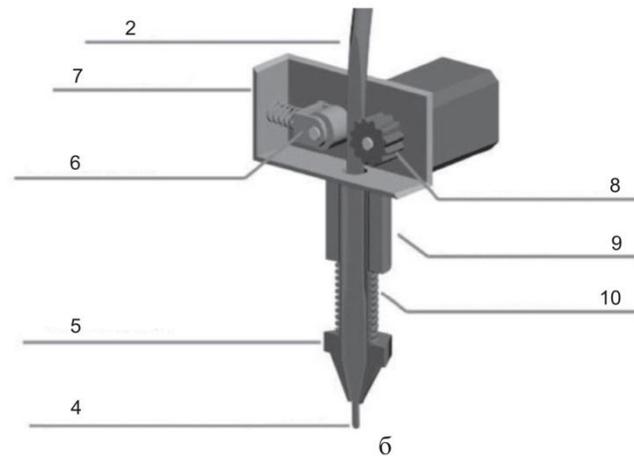
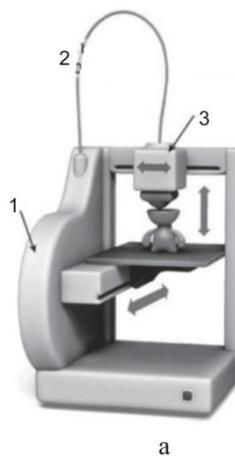
## Подача струей



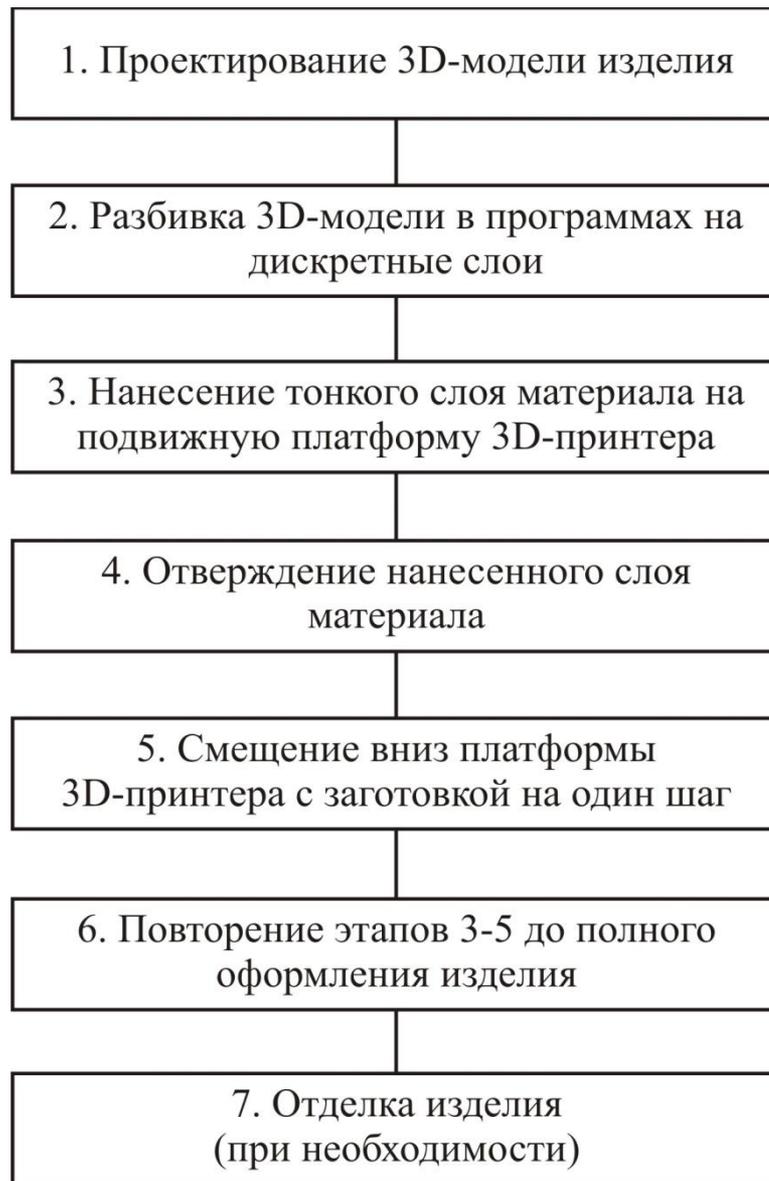
## Подача насыпанием



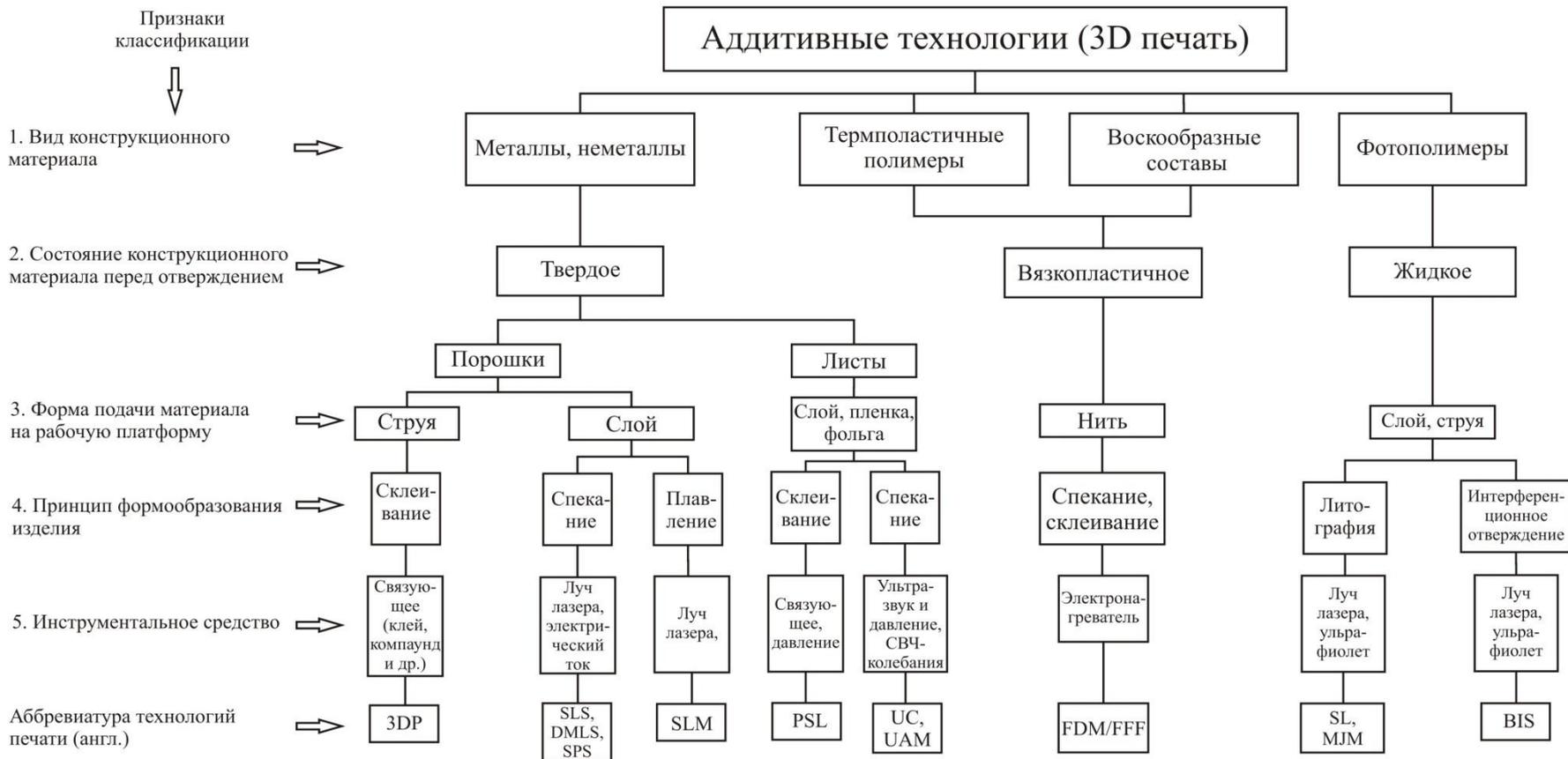
## Подача выдавливанием



# Последовательность изготовления изделия трехмерной печатью



# Классификация технологий трехмерной печати



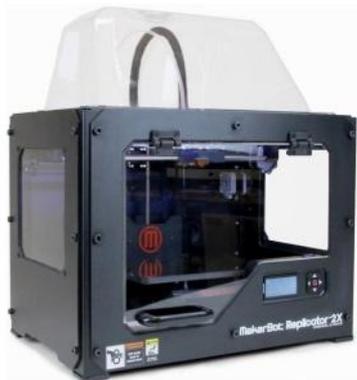
3DP – Three-Dimensional Printing (струйная трехмерная печать), SLS – Selective Laser Sintering (селективное лазерное спекание), DMLS – Direct Metal Laser Sintering (прямое лазерное спекание металлов), SPS – Spark Plasma Sintering (искровое плазменное спекание), SLM – Selective Laser Melting (выборочное лазерное плавление), PSL – Plastic Sheet Lamination (послойное склеивание ПВХ-пленки), UC – Ultrasonic Consolidation (ультразвуковое формирование), UAM – Ultrasonic Additive Manufacturing (ультразвуковое аддитивное производство), FDM – Fused deposition modeling (моделирование методом послойного наплавления), FFF – Fused Filament fabrication (моделирование методом наплавления нитей), SL – Stereolithography (стереолитография), MJM – Multi-jet Modeling (многоструйное моделирование), BIS – Beam Interference Solidification (лучевое интерференционное отверждение)

# Материалы для FDM-печати

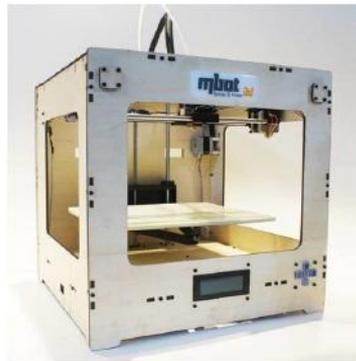
| Материал                                     | Преимущества  | Недостатки  |
|--|---|---|
| PLA-пластик<br>(полилактид)                  | <ul style="list-style-type: none"><li>– экологичный, биоразлагаемый;</li><li>– низкая температура плавления (170-180 °C)</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>– пониженная прочность и термостойкость;</li><li>– повышенная хрупкость и гигроскопичность</li></ul>  |
| ABS-пластик<br>(акрилонитрил-бутадиенстирол) | <ul style="list-style-type: none"><li>– более высокая прочность, долговечность;</li><li>– меньшая стоимость;</li><li>– хорошая растворимость в ацетоне и склеиваемость;</li><li>– быстрое твердение;</li><li>– хорошая окрашиваемость</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– невысокая термостойкость;</li><li>– низкая устойчивость к кислотам, маслам и влаге;</li><li>– большая усадка, склонность к деформации;</li><li>– низкая адгезия к подложке;</li><li>– токсичность паров</li></ul> |
| Нейлон                                       | <ul style="list-style-type: none"><li>– низкий коэффициент трения, высокая износостойкость;</li><li>– хорошая схватываемость слоев и малое коробления;</li><li>– хорошая окрашиваемость</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>– высокая гигроскопичность;</li><li>– низкая адгезия;</li><li>– токсичность паров</li></ul>   |

# Классификация принтеров для 3D-печати

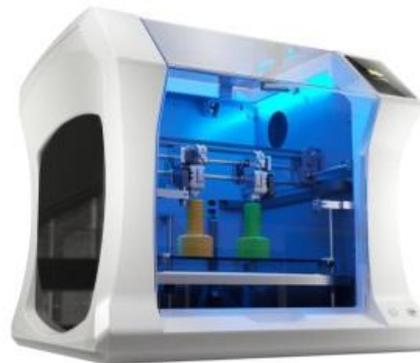
- По целевой группе пользователей



Потребительский принтер Makerbot Replicator 2X;  
область построения 285\*153\*155 мм



Персональный принтер MBot 3D Printer Cube Kit;  
область построения 250\*220\*170 мм



Профессиональный принтер Leapfrog Bolt;  
область построения 330\*320\*205 мм



Промышленный принтер Objet 1000;  
область построения 1000\*800\*500 мм

- По системе перемещения печатающей головки или рабочей платформы
  - с тремя взаимоперпендикулярными направляющими, вдоль каждой из которых перемещается либо печатающая головка, либо рабочая платформа;
  - с тремя параллелограммами, основания которых перемещаются тремя двигателями, расположенными радиально-симметрично;
  - с автономным шасси;
  - с ручным приводом печатающей головки, выполняемой в виде карандаша (ручки), в этом случае пользователь визуально контролирует создаваемый объект и добавляет в нужные места быстротвердеющий материал.