

# Раздел 3. Лекция 7.

Устройства печати и сканирования.  
Часть 2

# Основные вопросы лекции

1. Конструкция и принцип действия ручного, роликового, планшетного, барабанного, трехмерного сканеров.
2. Интерфейсы подключения и программирования сканеров.
3. 3D-принтеры: принцип действия, перспективы развития.
4. 3D-сканеры: принцип действия, перспективы развития.

# 1. Ввод графической информации

Сканеры используют оптический принцип - преобразование световой энергии в электрические сигналы (регистрация оптической прозрачности или отражающей способности элементов оригинала и преобразование их в электрические импульсы).

Как правило, сканеры считывают данные оригинала поэлементно (обычно – построчно) и используют искусственное освещение.

Веб-камеры и цифровые фото-/видеокамеры тоже можно отнести к сканерам, выполняющим мгновенное считывание всего оригинала.



# 1. Классификация сканеров

**По конструктивному исполнению:**

- планшетные;
- роликовые;
- ручные;
- барабанные;
- проекционные (планетарные).

**По типу рабочего элемента (светочувствительного датчика):**

- CCD - Charge-Coupled Device (ПЗС-матрица в камерах и планшетных сканерах);
- CMOS (КМОП), CIS-Contact Image Sensor матрица в планшетных сканерах, APS- Advanced Photo System в камерах);
- PMT - Photomultiplier tube (фотоэлектронный умножитель в барабанных сканерах).

**По типу оригинала:**

- сканеры для прозрачных оригиналов (фотопленки, слайдов);
- сканеры для документов, фотокамеры;
- комбинированные или универсальные сканеры.

# 1. Ручные сканеры

Ввиду низкого качества сканирования и сложности получения равномерного изображения ручные полноцветные сканеры сейчас не используются.

Ручные сканеры ограниченно применяются для считывания штрих-кодов.

Плюс – минимальные габариты. Обычно в них используется лазер для подсветки оригинала, отклоняющая система может заменять механизм роликов.



# 1. Планшетные сканеры

Наиболее доступный и распространенный вид сканеров для обработки документов любого типа.

Оригинал является неподвижным, построчное сканирование выполняется путем перемещения считывающей головки.

Сканеры могут обрабатывать прозрачные оригиналы с помощью модуля ТМА (Transition Module Adapter).

Существуют также специальные фильм-сканеры для 35 мм пленки и больших оригиналов.

Планшетные сканеры используют один из двух типов сенсоров - CCD или CIS. От типа сенсора зависит и конструкция сканера.

Поддержка цвета выполняется двумя способами:

- три источника света, один фотосенсор;
- один источник света, три фотосенсора.



# 1. Планшетные сканеры

При использовании одного источника света разделение на каналы может осуществляться с помощью:

- дихроичных зеркал;
- фотофильтров между сенсором и линзой.

Сканер может также иметь специальный механизм компенсации пыли и других инородных тел. Эти элементы хорошо видны в инфракрасном свете, поэтому предварительное сканирование с помощью ИК-света и последующая фильтрация помогает удалить пыль.

Для планшетных сканеров различают разрешение оптическое и механическое, поскольку сканируют они построчно.

# 1. Принцип работы ССD-сканера

ПЗС-сенсор сканера состоит из линейки датчиков ПЗС.

**ПЗС** – это набор фоточувствительных МОП-конденсаторов, способных накапливать заряд в зависимости от освещенности.

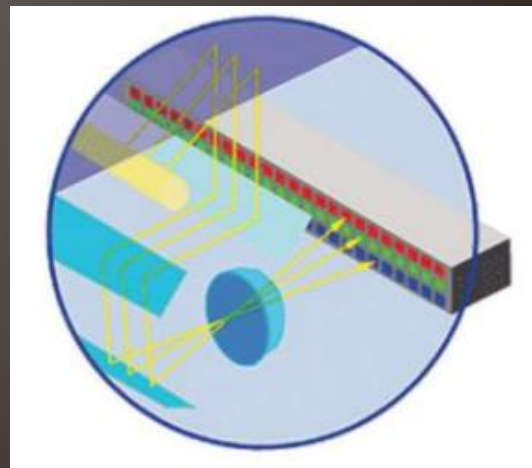
Обработка данных ПЗС происходит методом последовательного сдвига зарядов между соседними ячейками и считывания их из сдвигового регистра на выходе.

Достоинства ПЗС – большая эффективная площадь.

Недостатки ПЗС – средняя чувствительность и способность накапливать шум.

Сканер с датчиком ПЗС содержит сложную систему зеркал и линз, которая подсвечивается лампой:

- флуоресцентной (старая конструкция);
- с холодным катодом (CCRT);
- ксеноновой лампой (Xenon);
- светодиодной лампой.





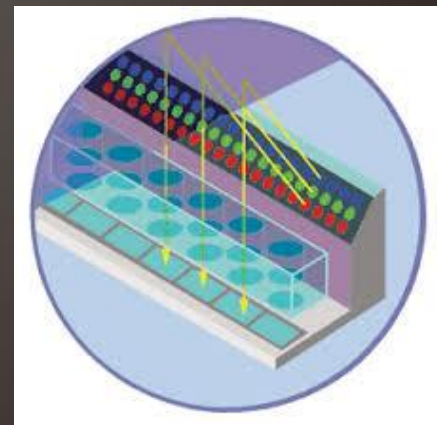
# 1. Принцип работы CIS-сканера

Применение контактных датчиков позволило убрать большую часть элементов – оптическую систему, лампу подсветки, матрицу ПЗС.

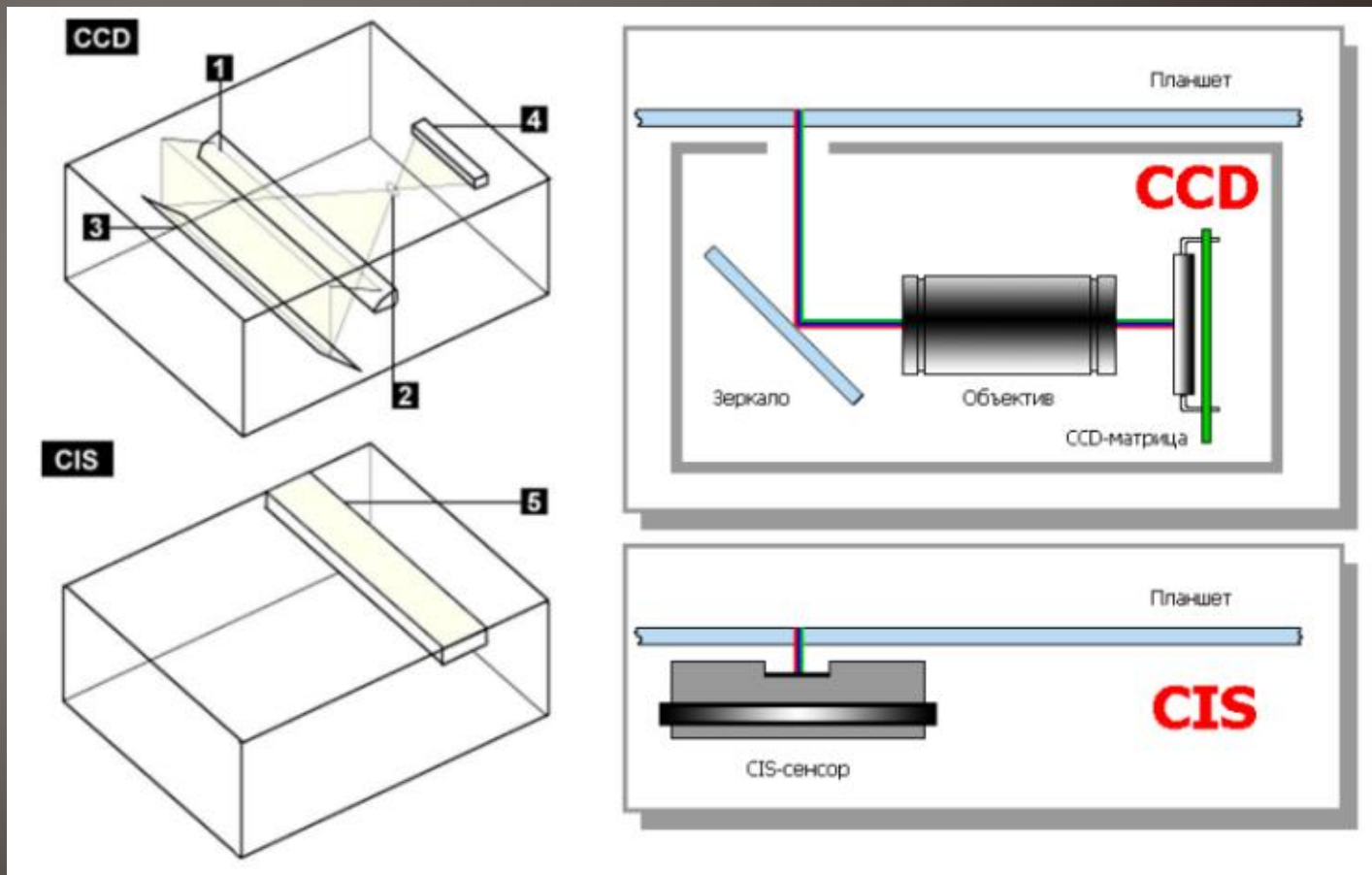
Контактные датчики – полноразмерные фотодиоды или фототранзисторы, выполненные по технологии CMOS.

Фокусирующие линзы и светодиоды подсветки расположены непосредственно рядом с фотодатчиками.

Светочувствительные матрицы, выполненные по этой технологии, воспринимают отраженный оригиналом свет непосредственно через стекло сканера без использования систем фокусировки. Применение технологии позволило уменьшить размеры и вес планшетных сканеров более чем в два раза.



# 1. Сравнение конструкций



# 1. Роликовые сканеры

Фотодатчик неподвижен, оригинал подается с помощью системы роликов.

Используются в основном в факсимильных аппаратах.

Недостатков много, достоинство одно – малые габариты.



# 1. Барабанные сканеры

Обеспечивают самое высокое разрешение, самую лучшую цветопередачу, самый большой динамический диапазон.

- построены на специальном ламповом регистраторе света – фотоэлектронном умножителе (PMT).
- в качестве подсветки используется лазер или светодиод.
- сканирует поэлементно, оригиналы – любого типа и размера.
- оригинал может монтироваться на барабан с помощью специальной жидкости, которая нейтрализует эффект воздушных пузырей между стеклом и оригиналом.
- барабанные сканеры применяются только для профессиональной обработки ценных объектов.



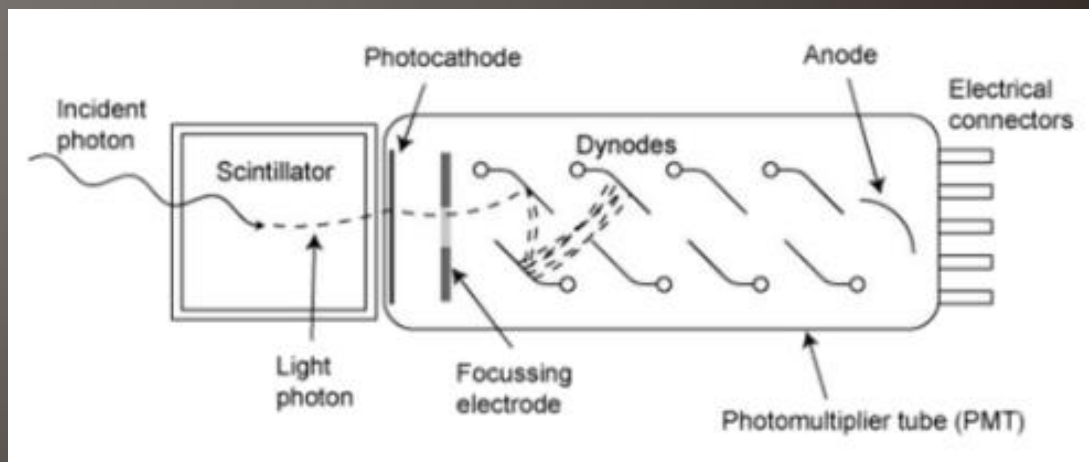
# 1. Устройство РМТ

**РМТ** (Photomultiplier Tube) - фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), применяемый в барабанном сканере. В цветном барабанном сканере применяется три ФЭУ, по одному на каждый цвет.

Принцип работы основан на вторичной электронной эмиссии, вызываемой падающим на катод ФЭУ светом. Измерение полученного на аноде ФЭУ напряжения позволяет преобразовать цвет в цифровые данные.

**Элемент РМТ** – это электронная вакуумная лампа, способная усиливать зарегистрированный фотонный импульс.

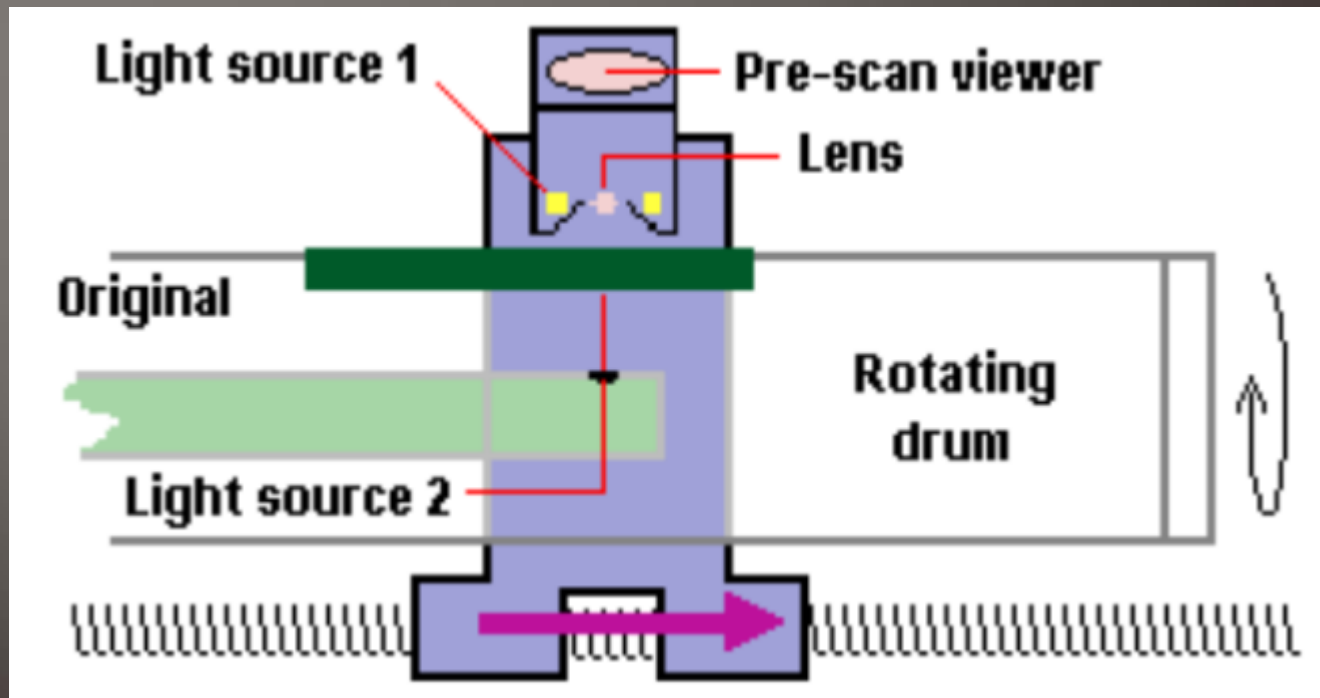
По чувствительности и отсутствию шумов РМТ на порядок или два превосходит ПЗС.



# 1. Конструкция барабанного сканера

Имеются два источника света – для прозрачных и непрозрачных оригиналов.

Барабан вращается в одном направлении, датчик с подсветкой движется в другом.



# 1. Характеристики сканеров

- **Разрешение** – количество пикселей на один дюйм оригинала. Более корректной величиной является SPI (samples per inch), но часто указывают DPI (dots per inch)
- **Глубина цвета** – под ней обычно понимают разрядность АЦП. Для сканеров с ПЗС разрядность выше 16 бит/канал не имеет смысла ввиду сильных шумов матрицы. Разрядность может быть:
  - внутренней (АЦП);
  - внешней, проявляющейся в разрядности выходных данных.
- **Скорость сканирования** (страниц или других единиц оригинала в минуту). Режимы сканирования:
  - монохромный (бинарный);
  - полутоновый (черно-белый);
  - полноцветный (24/32/48 бит).
- **Динамический диапазон** – различимость оттенков.

## 2. Подключение сканеров

Типичные интерфейсы:

- Centronics (IEEE 1284);
- SCSI;
- USB;
- FireWire (IEEE 1394).

Специализированные интерфейсы обычно не используются.

Программные интерфейсы многочисленны:

- TWAIN (Technology Without An Interesting Name);
- WIA (Windows Image Acquisition);
- ISIS (Image and Scanner Interface Specification);
- SANE (Scanner Access Now Easy).



## 2. Интерфейс TWAIN

Был разработан в 1992 году рабочей группой, созданной несколькими компаниями, работающими в области производства устройств ввода и ПО обработки графики.

Цель интерфейса – единый способ доступа к устройствам-источникам графических данных.

Интерфейс TWAIN предоставляет несколько слоев (Application Layer, Protocol Layer, Acquisition Layer, Device Layer), которые имеют стандартный интерфейс и позволяют ПО получить управление устройством сканирования независимо от особенностей его реализации.

В рамках TWAIN заданы такие объекты, как:

- приложение, запрашивающее данные;
- физическое устройство, например, сканер;
- источник (Source), реализуемый драйвером устройства;
- менеджер источников (Source Manager), управляющий доступом к источникам.

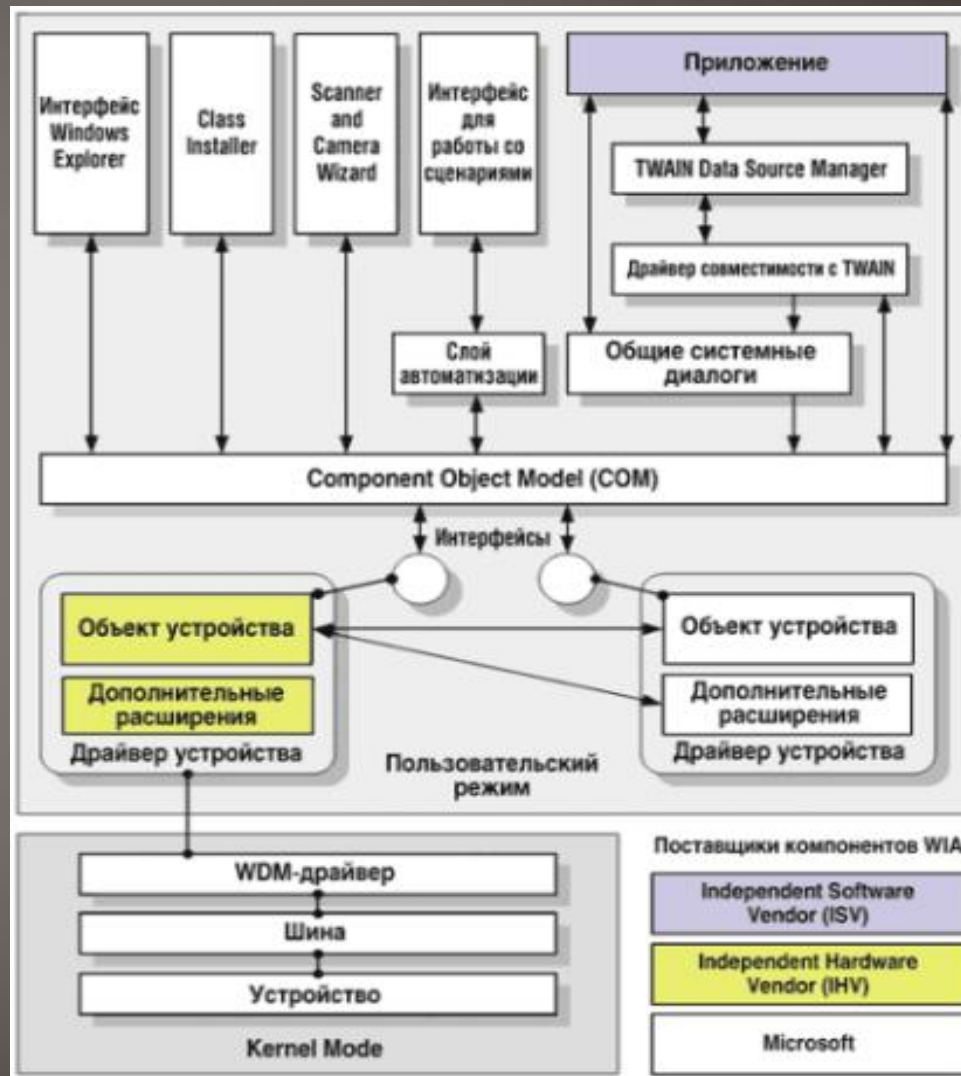
## 2. Интерфейс Windows Image Acquisition (WIA)

Разработан как аналог TWAIN, но в рамках модели COM и с учетом особенностей модели драйверов Windows.

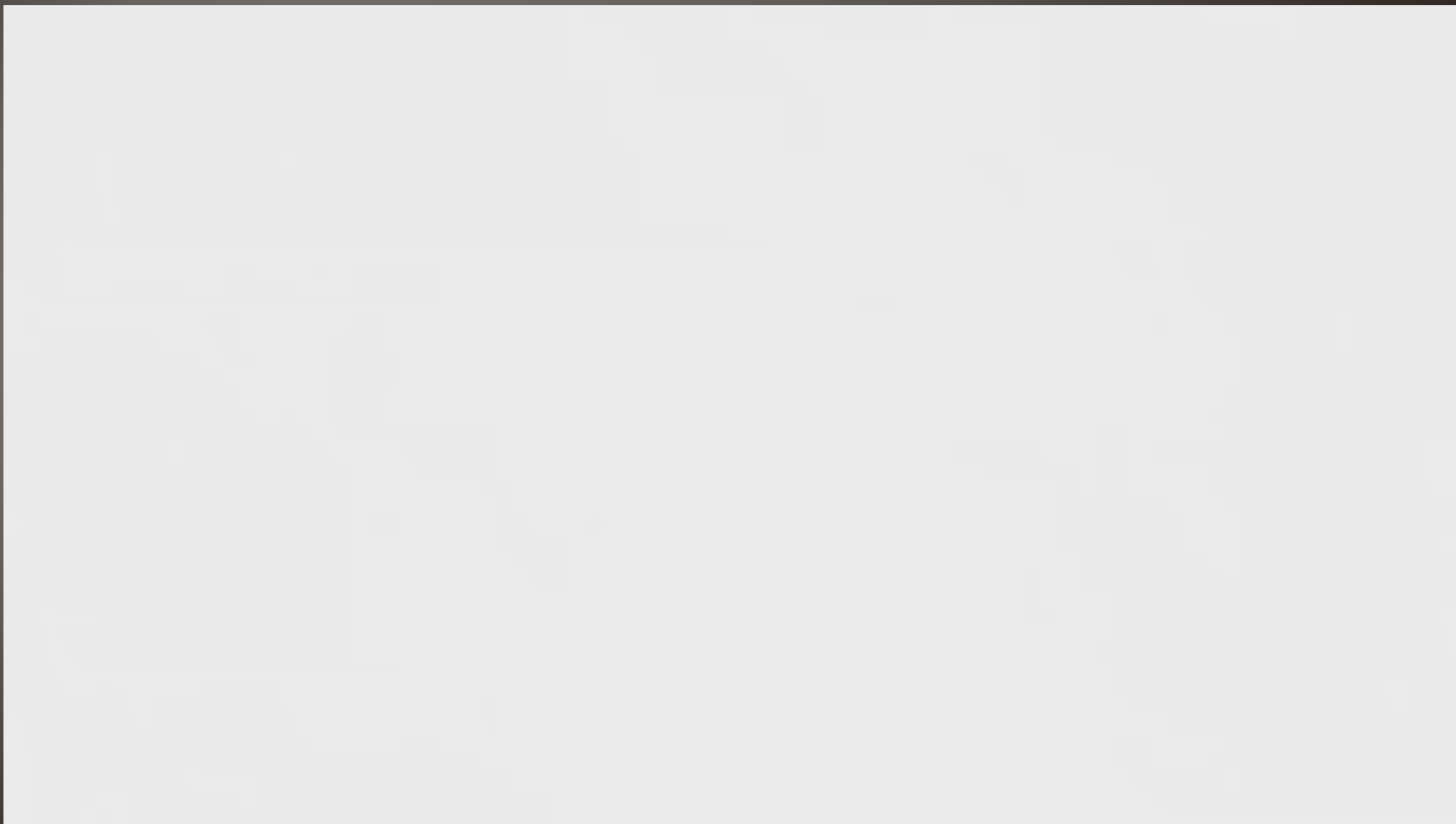
Имеет свою многоуровневую модель, опирается на драйверы и промежуточные уровни доступа к устройствам. Имеет совместимость (эмуляцию) с TWAIN.

Архитектура WIA включает как API, так и интерфейс драйверов устройств (Device Driver Interface, DDI).

## 2. Взаимодействие интерфейсов



### 3. 3D-принтер

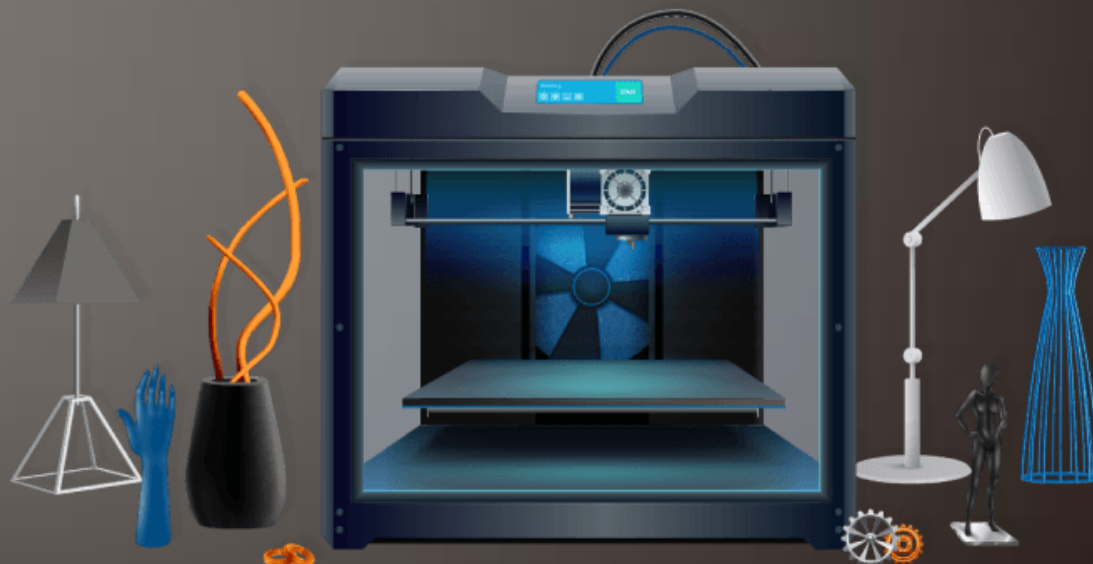


### 3. 3D-принтер

3D-принтер - периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. В зарубежной литературе данный тип устройств также именуют фабберами, а процесс трехмерной печати — быстрым прототипированием (Rapid Prototyping).

Технологии:

- лазерная;
- струйная.



### 3. Лазерная технология 3D-принтера

- **Лазерная стереолитография** — ультрафиолетовый лазер постепенно, пиксель за пикселем, засвечивает жидкий фотополимер, либо фотополимер засвечивается ультрафиолетовой лампой через фотошаблон, меняющийся с новым слоем. При этом жидкий полимер затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик.
- **Лазерное сплавление (melting)** — при этом лазер сплавляет порошок из металла или пластика, слой за слоем, в контурбудущей детали.
- **Ламинирование** — деталь создается из большого количества слоев рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеиваются, при этом лазер вырезает в каждом контуре сечения будущей детали.

### 3. Струйная технология 3D-принтера

**Застывание материала при охлаждении** — раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта.

**Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы** — способ похож на предыдущий, но пластик твердеет под действием ультрафиолета.

**Склеивание или спекание порошкообразного материала** — похоже на лазерное спекание, только порошковая основа (подчас на основе измельченной бумаги или целлюлозы) склеивается жидким (иногда клеящим) веществом, поступающим из струйной головки. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя вещества различных цветов.

Существуют образцы 3D-принтеров, использующих головки струйных принтеров.

Густые керамические смеси тоже применяются в качестве самоотверждаемого материала для 3D-печати крупных архитектурных моделей.

**Биопринтеры** — ранние экспериментальные установки, в которых печать 3D-структуры будущего объекта (органа для пересадки) производится каплями, содержащими живые клетки[5]. Далее деление, рост и модификации клеток обеспечивает окончательное формирование объекта.

# 3. Конструкция 3D-принтера

Основные части конструкции 3d-принтера:

- открытый или закрытый корпус (камера сборки);
- рама – объединяет все детали и механизмы оборудования;
- шаговый, линейный двигатели – приводят в движение механизм, отвечают за скорость и точность печатного процесса;
- рабочая платформа (стол, печатная платформа) – поверхность, на которой формируются трехмерные детали;
- печатающая головка (экструдер) – система захвата отмеряет нужное количество материала, подает его через разогретое сопло, полужидкий пластик выдавливается в виде нитей;
- фиксаторы – датчики для определения координат печати, ограничения подвижных элементов (обеспечивают работу в пределах рабочей платформы, следят за аккуратностью печати).



### 3. Принцип работы 3D-принтера

Процессом печати управляют при помощи компьютерной программы, в которую предварительно загружают объемную цифровую модель будущего предмета, моделируют ее, задают форму, размеры, технические параметры. Задачей принтера является преобразование цифрового эскиза в осязаемый материальный объект.

Есть много вариантов 3D-принтеров, которые различаются по конструкции и используемой технологии печати. Но все они имеют общий принцип работы: послойное построение 3D-модели на основе заданного образца печати каждого слоя. Печать происходит в автоматическом режиме, обеспечивая максимально точное воспроизведение 3D-модели.

Способ построения объектов с помощью 3D-принтера зависит от особенностей применения расходного материала: металла или пластика.

### 3. Печать по металлу

В процессе построения печатная головка распыляет клей (связующее вещество) на определенные места в соответствии с заданной программой. Затем на платформу наносится металлический порошок, который затвердевает при контакте с клеем. Процедура повторяется до завершения нанесения последнего слоя.

Как правило, объемные 3D-принтеры для работы с металлами представляют собой дорогое, массивное промышленное оборудование. Устройства используются в первую очередь для создания объектов со сложной геометрией, литье и механическая обработка которых являются в крайней степени трудоемкими, а также значительно удорожают производство.

Принтеры по металлу востребованы в производстве:

- зубных коронок, стоматологических мостов;
- индивидуальных медицинских имплантатов;
- ювелирных изделий;
- прототипов серийных деталей, применяемых для испытаний, тестирований в авиационной или автомобильной промышленности.

В сравнении с классическими производственными методами, объемные принтеры позволяют изготавливать предметы из металла с массой на 60% меньше. Трехмерная печать значительно сокращает показатель отходов и помогает сэкономить большие объемы средств. Особенно это актуально для авиационной промышленности, где процент отходов при традиционном производстве может достигать 90%. Еще один плюс аддитивной техники – намного более экономное энергопотребление.

### 3. Печать по пластику

Создание изделий из пластика (ABS, PLA и др.) с помощью аддитивных технологий базируется на расплавлении расходника до жидкой консистенции. Пластиковый филамент подается в виде литой нити (трубки), разогревается, плавится при прохождении через сопло экструдера, затем выдавливается в нужные места на рабочем столе.

Техника для печати по термопластику используется преимущественно на дому или на предприятиях малого бизнеса. На ней изготавливают сувениры, различные макеты, элементы интерьера, прототипы обуви или одежды и др. Метод ценят за высокое качество печати изделий и большие возможности их кастомизации. Другие преимущества печати пластиком - малое количество отходов, экологичность процесса, разнообразие расходных материалов и кратчайшие сроки прототипирования.

### 3. Особенности печати изделий на принтере

Процесс построения трехмерных физических объектов с помощью 3D-печатного оборудования состоит из нескольких этапов:

- 1. Разработка электронной модели.** Можно использовать готовую модель, взятую из общедоступных источников (CG Trader, Thingiverse и т.п.) или загрузить модель, созданную с помощью 3D-сканера. Также можно разработать эскиз в специальном программном обеспечении (Blender, AutoCAD, Autodesk, Fusion360 и др.). Готовую цифровую модель сохраняют в одном из общепринятых форматов (.3DS, .FBX, .OBJ, .STL и др.) и экспортируют на компьютер.
- 2. Подготовка файла к печати.** Для этого используют специальные программы-слайсеры (к примеру, Cura, AstroPrint, Simplify3D и др.). Предварительно настроенная программа «нарезает» модель на тонкие слои и задает координаты передвижения для экструдера на каждом слое. Готовый файл с данными объекта экспортируется на компьютер в формате .gcode и загружается в принтер.
- 3. Подготовка печатного устройства.** Проверяется исправность отдельных компонентов конструкции, калибруются узлы, прогревается сопло, подготавливается расходный материал (устанавливается филамент или заливается фотополимерная смола) и т.д.
- 4. Печать.** На панели управления выбирается нужный файл и отправляется на печать.
- 5. Постобработка.** На готовой модели могут остаться неровности или остатки поддерживающих элементов, которые нужно удалить с помощью наждачной бумаги, надфиля, канцелярского ножа или других инструментов. Если для печати используются отверждаемые фотополимеры, то постобработка моделей заключается в их промывке в спирте и дополнительной засветке в УФ-камере до полного отверждения.

### 3. Зачем нужен 3D-чертеж и как он работает?

Трехмерные объекты распечатываются по 3D-чертежу, который создается в специальной программе, затем сохраняется в формате STL или другом общепринятом формате. Файл с чертежом загружают в слайсер и обрабатывают (нарезают на слои определенной толщины, задают плотность и другие физические свойства). В результате создается инструкция для печатающей головки, которую отправляют на принтер. 3D-чертежи можно делать самостоятельно в программе-конструкторе.

# 3. Методы 3D-печати

На данный момент существует более 10 актуальных технологий объемной печати. Самые популярные методы:

- стереолитография;
- FDM технология;
- SLS технология;
- DLP технология;
- Polyjet метод.

### 3. Методы 3D-печати: стереолитография

**Стереолитография** (SLA – «stereolithography apparatus», «стереолитографический аппарат», или SL – «stereolithography») основана на послойном отверждении жидких расходных материалов под воздействием лучей лазера. В качестве расходников применяются различные фотополимеры, т.е. вещества, меняющие свои свойства и приобретающие твердость под воздействием ультрафиолетовых лучей. Свойства веществ зависят от продолжительности воздействия и длины УФ-волны.

Особенности технологии:

1. Внутри ванночки с жидкой фотополимерной смолой помещают сетчатую платформу для построения объекта.
2. Рабочая платформа располагается на глубине, равной одному слою фотополимера.
3. Лазерный луч воздействует на определенные участки смолы, обеспечивая их затвердевание.
4. Платформа опускается на толщину одного слоя, процесс повторяется.

Напечатанный предмет подвергают постобработке: опускают в ванну со специальным составом для удаления лишних элементов, затем извлекают и облучают светом для полного отверждения.

Стереолитография востребована в научных изысканиях (например, для визуализации газо- и гидродинамических потоков внутри прозрачных моделей). Ее применяют в стоматологии (изготовление моделей костей, зубов пациентов), ювелирном деле и т.д.

### 3. Методы 3D-печати: FDM технология

**Технология FDM** (Fused Deposition Modeling) основана на моделировании деталей методом наплавления. Другое ее название – FFF (Fused Filament Fabrication – «производство методом наплавления нитей»).

Объекты создаются послойно из предварительно расплавленной нити пластика. Экструдер подает материал и укладывает его в положение, заданное программой. Готовые изделия, как правило, нуждаются в дополнительной обработке для выравнивания поверхности.

При помощи FDM-принтеров можно производить различные изделия. Это могут быть товары народного потребления (детали для бытовой техники, игрушки, мебель и т.п.). Компоненты для высокоточного оборудования, прототипы изделий для малого, среднего серийного производства, а также многое другое. Метод FDM оптимально подходит для изготовления крупногабаритных предметов с экономической и практической точки зрения.



### 3. Методы 3D-печати: SLS технология

**Технология SLS** (Selective Laser Sintering) – это технология селективного (выборочного) лазерного спекания. Метод печати базируется на использовании углекислотного лазера и таких расходных материалов, как порошки из металлов, стекла, полимеров или керамики. В том числе, могут использоваться порошки в виде гранул, состоящих из металлического ядра и оболочки из легкоплавкого материала. Лазерный луч выборочно разогревает порошок почти до температуры плавления, и отдельные гранулы спекаются воедино, образуя прочную, твердую структуру. Чем выше температура спекания, тем выше должна быть мощность лазера. Наличие нескольких лазеров увеличивает скорость работы SLS-принтера.

Стоит отметить, что при печати методом SLS происходит только частичное плавление поверхности гранул порошка.

Данная технология оптимально подходит для изготовления предметов со сложной геометрией, например, высокоточных промышленных деталей для функционального тестирования или компонентов механизмов и двигателей.

### 3. Методы 3D-печати: DLP технология

**Технология DLP** (Digital Light Processing) – это цифровая обработка светом. Световой поток воздействует на фотополимерную смолу, в результате материал затвердевает. Для печати используется светодиодная матрица с пикселями в виде микроскопических зеркал. Главное отличие технологии – засвечивается сразу вся поверхность, то есть каждый слой создается одномоментно, что значительно ускоряет печать без ущерба ее качеству.

DLP – одна из наиболее точных, скоростных печатных технологий. Области ее применения – медицина (стоматология), ювелирное дело, искусство, научные исследования и др. Готовые модели нужно беречь от света, иначе они могут покрыться трещинами и стать хрупкими.

### 3. Методы 3D-печати: Polyjet метод

Метод состоит в послойном отверждении (полимеризации) распыленного жидкого полимера под воздействием ультрафиолетовых лучей. Готовые модели не требуют дополнительной обработки. Можно работать с неоднородными материалами, включая композиты. Также доступно создание разноцветных объектов (использование сложной цветопередачи с палитрой более 1000 оттенков).

Polyjet-принтеры обычно имеют несколько печатных головок, что дает возможность создавать сразу несколько предметов одновременно или ускорить печать одного объекта.

Готовые детали имеют стабильные геометрические формы и идеально гладкую поверхность. Они легко поддаются обработке (окрашиванию, склейке, шлифовке, распиливанию, сверлению и т.п.) и полностью готовы к эксплуатации.

Метод Polyjet оптимален для изготовления тестовых моделей, прототипов, образцов для литья в силикон и других продуктов.

Для всех существующих 3D-печатных технологий характерны следующие общие тенденции:

- постепенно методы 3D-печати будут становиться все более дешевыми и доступными для всех категорий пользователей;
- в будущем домашние 3D-принтеры будут распространены наравне с промышленными (индустриальными) печатными аппаратами.

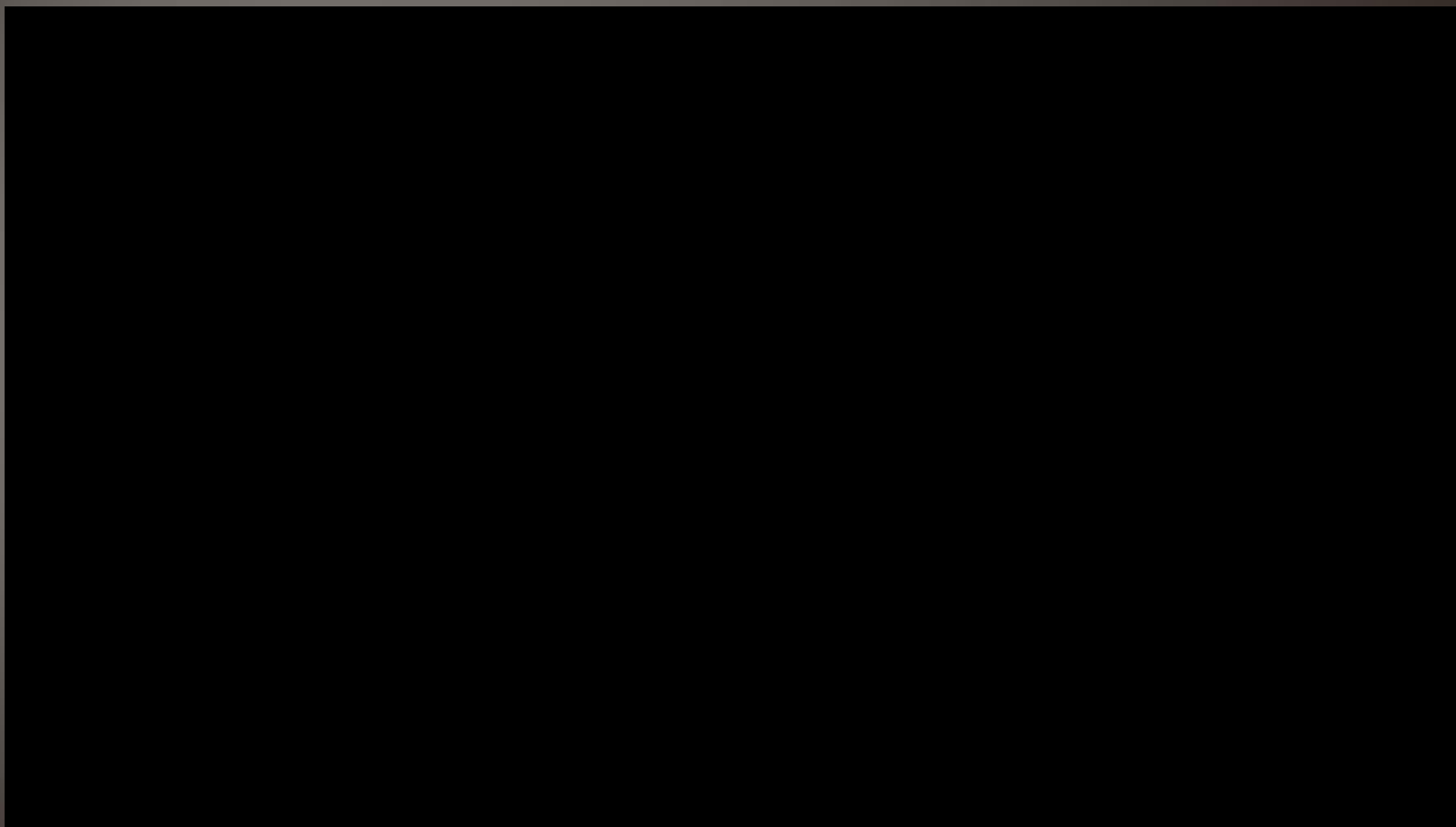
### 3. Применение 3D-принтера

- Для быстрого прототипирования, то есть быстрого изготовления прототипов моделей и объектов для дальнейшей доводки. Уже на этапе проектирования можно кардинальным образом изменить конструкцию узла или объекта в целом. В инженерии такой подход способен существенно снизить затраты в производстве и освоении новой продукции.
- Для быстрого производства — изготовление готовых деталей из материалов, поддерживаемых 3D-принтерами. Это отличное решение для мелкосерийного производства.
- Изготовление моделей и форм для литейного производства.
- Конструкция из прозрачного материала позволяет увидеть работу механизма «изнутри».
- Производство различных мелочей в домашних условиях.
- Производство сложных, массивных, прочных и недорогих систем. Например, беспилотный самолёт Polecat компании Lockheed, большая часть деталей которого была изготовлена методом скоростной трехмерной печати.

### 3. Применение 3D-принтера

- Разработки университета Миссури, позволяющие наносить на специальный биогель сгустки клеток заданного типа. Развитие данной технологии — выращивание полноценных органов.
- В медицине, при протезировании и производстве имплантатов (фрагменты скелета, черепа, костей, хрящевые ткани). Ведутся эксперименты по печати донорских органов.
- Для строительства зданий и сооружений.
- Для создания компонентов оружия. Существуют эксперименты по печати оружия целиком.
- Производства корпусов экспериментальной техники (автомобили, телефоны, радио-электронное оборудование).

## 4. 3D-сканер *(4:28 начало видео)*



## 4. 3D-сканер

**3D-сканер** — периферийное устройство, анализирующее физический объект и на основе полученных данных создающее его 3D-модель.

3D-сканеры делятся на два типа по методу сканирования:

- контактный, такой метод основывается на непосредственном контакте сканера с исследуемым объектом.
- Бесконтактный. Такие устройства в свою очередь можно разделить на две отдельные категории:
  - активные сканеры;
  - пассивные сканеры



## 4. 3D-сканер

**Активные** сканеры излучают на объект некоторые направленные волны (чаще всего свет, луч лазера) и обнаруживают его отражение для анализа. Возможные типы используемого излучения включают свет, ультразвук или рентгеновские лучи.

**Пассивные** сканеры не излучают ничего на объект, а вместо этого полагаются на обнаружение отраженного окружающего излучения. Большинство сканеров такого типа обнаруживает видимый свет — легкодоступное окружающее излучение.

Полученные методом сканирования 3D-модели в дальнейшем могут быть обработаны средствами САПР и, в дальнейшем, могут использоваться для разработки технологии изготовления (CAM) и инженерных расчетов (CAE).

Для вывода 3D-моделей могут использоваться такие средства, как 3D-монитор и 3D-принтер.



## 4. Область применения 3D-сканеров

3D сканер можно использовать при производстве одежды и обуви, оригинальной сувенирной и рекламной продукции, оформлении выставочных стендов.

В индустрии игр открываются возможности создания цифровых моделей персонажей или объектов для видеоигр и мультипликации. Перенос реального объекта в виде 3D модели на компьютер можно осуществить за несколько минут.

Возможности использования 3D сканера в рекламе и дизайне настолько велики, что ограничиваются лишь фантазией разработчика.