## 3D печать (заводы-автоматы)

*Будущее уже наступило: если нет возможности что-то купить, это можно просто напечатать.*

### Определение

Периферийное устройство (англ. peripheral) — аппаратура, которая позволяет вводить информацию в компьютер или выводить её из него.

Периферийные устройства являются не обязательными для работы системы и могут быть отключены от компьютера. Однако большинство компьютеров используются вместе с теми или иными периферийными устройствами.

Периферийные устройства делят на три типа:

* устройства ввода — устройства, использующиеся для ввода информации в компьютер: мышь, клавиатура, тачпад, сенсорный экран, микрофон, сканер, веб-камера, устройство захвата видео, ТВ-тюнер;
* устройства вывода — устройства, служащие для вывода информации из компьютера: видеокарта, монитор, принтер, акустическая система;
* устройства хранения(ввода/вывода) — устройства, служащие для накопления информации, обрабатываемой компьютером: накопитель на жёстких магнитных дисках (НЖМД), накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД), ленточный накопитель, USB-флеш-накопитель.

3D-принтер — это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели.

В зарубежной литературе данный процесс трехмерной печати называют быстрым прототипированием.

### История создания

Первым и самым совершенным 3D-принтером можно считать человека: мысленно воссоздав образ чего-то желаемого, он не пощадит своих рук, чтобы мечта стала реальностью. Так появились, например, пирамиды и компьютеры.

Способности машин трехмерной печати весьма широки: история создания 3D-принтера не насчитывает и 30 лет, но результат эволюции превзошел все ожидания.

Развитие трехмерной технологии было положено в середине 90-х годов: некоторая продукция перестала расходиться миллионными тиражами, а потому потребовалась другая модель производства. Изготовители нуждались в технике, способной выпускать небольшие объемы.

Мелкосерийное производство требовало таких же временных и стоимостных затрат: разработка необходимых форм, приобретение качественного оборудования, создание все новых моделей для изделий. Чтобы сократить затраты и сделать цену на продукты более приемлемой, применялись станки с программным управлением. Именно из этой ветви станкостроения берут свои истоки первые 3D-принтеры.

В 1986 году Чарльз Халл разработал SLA-установку, которая стала первым прототипом такого принтера. Они использовала стереолитографию, определяя методику 3D-технологии – материал накладывался послойно. После создания установки Чарльз основал фирму с говорящим названием «3D Systems».

Спустя 2 года Скотт Крамп изобрел новую методику создания объемных печатных объектов – наплавление. Именно компания Крампа “Stratasys” стала преемником Чарльза Халла в разработке 3d-принтеров.

Если говорить о том, когда изобрели 3D-принтер, то можно назвать именно 1990 год – Крамп и его супруга называли свою технику не иначе как лазерным и струйным 3D-принтером. Но все же и эти модели были далеки от современной 3D-технологии.

В 1993 году была основана компания «Solidscape», которая выпускала струйные принтеры, а в 1995 году американские студенты-изобретатели создали модифицированную версию струйного принтера, который использовал материал не на бумаге, а в емкости. В результате такого метода изготавливались объемные детали.

Как раз после выхода такой модели струйного принтера появилась компания “Z Corporation” (с подачи самих изобретателей) и понятие 3D-печати.

При помощи этой технологии в настоящее время изготавливают принтеры такие производители, как ExOne и Z Corp.

Чуть позже студенческой разработки появилась методика PolyJet, в основе которой лежало использование в качестве материала фотополимерного жидкого пластика (фотополимер наносится печатной головкой и засвечивается лампой).

Методика PolyJet – первый наиболее выигрышный вариант, который дал возможность выпускать готовые к использованию детали с высокой точностью и оптимальной ценой материала.

В основу современных настольных принтеров вошла технология Reprap, которая была создана в 2005 году Адрианом Боуером. Он преподавал машиностроение в одном из университетов Великобритании. Сам проект был направлен на создание самопроизводящих машин, которые будут использовать для печати биоразлагаемые материалы.

Основной идеей стала доступность и повсеместная распространенность создаваемых принтеров благодаря экономичности, простоте и приемлемой цене. В 2006 году разработки Боуера увенчались успехом – прототип RepRap 0.2 напечатал деталь, которая идеально подошла устройству при замещении. Успешный проект стал первым шагом в создании всех настольных FDM-принтеров.

После создания вышеописанных моделей технологии трехмерной печати развивались семимильными шагами – «вырастали» новые фирмы и методики, применялись самые разные материалы. Между тем главными параметрами, которые отличали поколения принтеров, являлись цена и размер.

Собственно, эти же критерии актуальны и сейчас. Более старые модели были крупногабаритными, а стоимость их не укладывалась в бюджет небольшой фирмы – позволить себе их могли только крупные производители.

Сегодня 3D-технологии доступны всем: выпускаются как профессиональные, так и домашние модели высокого качества по бюджетной цене, а кроме того, стандартный размер принтера позволяет поместить его на столе.

### Солнечный 3D-принтер

Промышленный дизайнер и проектировщик Маркус Кейсер потратил около года на сборку и тестирование двух фантастических приборов, которые используют солнечную энергию, в самых жарких странах. Первый прибор под названием Солнечный фрезер – это несложный лазерный фрезер, использующий огромные круглые линзы для фокусирования солнечных лучей на движущейся поверхности. Во время движения поверхности сфокусированный свет разрезает 2D компоненты, как лазер. Впервые проект был протестирован в августе 2010 года в египетской пустыне, тогда Кейсер использовал тонкую фанеру, из которой он сделан очень интересные очки. Но на этом он не остановился.

Дальше Кейсер начал исследовать процесс 3D-печати. Объединив два самых распространенных в пустыне ресурса, практически неограниченное количество песка и солнца, он сконструировал Солнечный принтер, устройство, переплавляющее песок для создания 3D объектов из стекла.

Этот процесс преобразования сыпучей субстанции под влиянием процесса нагревания в твердый цельный предмет, известен под названием «спекание» в последние годы он стал основным процессом в прототипировании, известный как «3D-печать» или СЛС (селективное лазерное спекание). Используя солнечные лучи, вместо лазера, и песок, вместо смолы, он получил основу для абсолютно нового солнечного устройства и процесса производства стеклянных объектов из самых распространенных компонентов в пустынях по всему миру – песка и солнца.

### Технологии и процесс 3D-печати

3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твёрдого объекта.

Технологии, применяемые для создания слоев

* Лазерная:
* 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 (англ. melting) — при этом лазер сплавляет порошок из металла или пластика, слой за слоем, в контур будущей детали.
* Ламинирование — деталь создаётся из большого количества слоёв рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеиваются, при этом лазер вырезает в каждом контуре сечения будущей детали.
* Струйная:
* 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 измельчённой бумаги или целлюлозы) склеивается жидким (иногда клеющим) 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. Далее деление, рост и модификации клеток обеспечивает окончательное формирование объекта.

Также применяются различные технологии позиционирования печатающей головки:

* Декартова, когда в конструкции используются три взаимно-перпендикулярные направляющие, вдоль каждой из которых двигается либо печатающая головка, либо основание модели.
* При помощи трёх параллелограммов, когда три радиально-симметрично расположенных двигателя согласованно смещают основания трёх параллелограммов, прикреплённых к печатающей головке.
* Автономная, когда печатающая головка размещена на собственном шасси, и эта конструкция передвигается целиком за счёт какого-либо движителя, приводящего шасси в движение.
* Ручная, когда печатающая головка выполнена в виде ручки/карандаша, и пользователь сам подносит её в то место пространства, куда считает нужным добавить выделяемый из наконечника быстро затвердевающий материал. Назван такой прибор "3D-ручка", и к 3D-принтерам может быть отнесён с известной натяжкой. Существуют варианты с использованием термополимера, застывающего при охлаждении, и с использованием фотополимера, отверждаемого ультрафиолетом.

Существуют следующие технологии:

* Лазерная стереолитография — объект формируется из специального жидкого фотополимера, затвердевающего под действием лазерного излучения (или излучения ртутных ламп). При этом лазерное излучение формирует на поверхности текущий слой разрабатываемого объекта, после чего объект погружается в фотополимер на толщину одного слоя, чтобы лазер мог приступить к формированию следующего слоя.
* Селективное лазерное спекание — объект формируется из плавкого порошкового материала (пластик, металл) путём его плавления под действием лазерного излучения. Порошкообразный материал наносится на платформу тонким равномерным слоем (обычно специальным выравнивающим валиком), после чего лазерное излучение формирует на поверхности текущий слой разрабатываемого объекта. Затем платформа опускается на толщину одного слоя и на неё вновь наносится порошкообразный материал. Данная технология не нуждается в поддерживающих структурах "висящих в воздухе" элементов разрабатываемого объекта за счёт заполнения пустот порошком. Для уменьшения необходимой для спекания энергии температура рабочей камеры обычно поддерживается на уровне чуть ниже точки плавления рабочего материала, а для предотвращения окисления процесс проходит в бескислородной среде.
* Электронно-лучевая плавка — аналогична первым двум технологиям, только здесь объект формируется путём плавления металлического порошка электронным лучом в вакууме.
* Моделирование методом наплавления — объект формируется путём послойной укладки расплавленной нити из плавкого рабочего материала (пластик, металл, воск). Рабочий материал подаётся в экструзионную головку, которая выдавливает на охлаждаемую платформу тонкую нить расплавленного материала, формируя таким образом текущий слой разрабатываемого объекта. Далее платформа опускается на толщину одного слоя, чтобы можно было нанести следующий слой. Часто в данной технологии участвуют две рабочие головки — одна выдавливает на платформу рабочий материал, другая — материал поддержки.
* Изготовление объектов с использованием ламинирования — объект формируется послойным склеиванием (нагревом, давлением) тонких плёнок рабочего материала с вырезанием (с помощью лазерного луча или режущего инструмента) соответствующих контуров на каждом слое. За счет отсутствия пустот данная технология не нуждается в поддерживающих структурах "висящих в воздухе" элементов разрабатываемого объекта, однако, удаление лишнего материала (обычно его разделяют на мелкие кусочки) в некоторых ситуациях может вызывать затруднения.

3D-принтеры работают, принимая 3D компьютерную модель и нарезая её на слои. Затем, 3D-принтер строит объект слой за слоем с помощью одного из нескольких методов.

Большинство домашних и любительских принтеров печатают с использованием моделирования методом наплавления (Fused Deposition Modeling, FDM), которое строит модель из расплавленного пластика. FDM машины подают пластиковую нить в печатающую головку, где пластик плавится и выжимается из сопла, называемого экструдером. Головка вычерчивает контуры каждого слоя, постепенно строя модель из расплавленного пластика.

Качество готовой модели зависит от многих факторов, включая качество основного материала, насколько тонко нарезана модель, механики 3D-принтера и тщательности подготовки компьютерной 3D модели.

Тем не менее, качество 3D моделей, произведённых с помощью технологии FDM, как правило, не соответствует качеству моделей, построенных по некоторым более дорогостоящим технологиям 3D-печати, используемым в промышленности. Одной из таких технологий является лазерное спекание.

Лазерное спекание использует лазер для сплавления порошка в модель. Процесс происходит также очерчиванием контура каждого слоя, и из порошкообразного материала с помощью лазера, сплавляется объект слой за слоем. Лазерное спекание способно воспроизводить мелкие детали и строить модели из большего диапазона материалов, чем FDM: керамика, металл и стекло.

В то время, как FDM-принтеры для начинающих пользователей обычно производят относительно простые модели одного цвета и из одного материала, более современные машины становятся доступными.

### Материалы, используемые для трехмерной печати

АВС-пластик – данное название является упрощенным вариантом, так как химики именуют данное вещество акрилонитрилбутадиенстиролом. Такой материал отличается высокой прочностью и достаточным уровнем эластичности. В сфере трехмерной печати широко применяется порошковая смесь из АВС-пластика, когда объемные изделия выполняются методом заливки экструдируемого расплава. Пластик для 3D принтера является одним из наиболее долговечных производственных материалов, но под воздействием солнечных лучей он быстро разрушается. Такой материал совершенно не подходит для воссоздания прозрачных предметов. Пластик для 3D принтера купить можно в специализированных магазинах или заказать через интернет.

Поликапрлактон – считается одним из наиболее перспективных и востребованных материалов для трехмерной печати. Он может применяться в нескольких технологиях: избирательное лазерное спекание, заливка экструдируемым расплавом и др. Отличительной особенностью данного вещества можно считать невысокую температуру плавления, которая успешно сочетается с достаточно высокой скоростью затвердевания. Более того, его химический состав не приносит абсолютно никакого вреда человеческому организму и отличается небывалой ударопрочностью.

Полиэтилен низкого давления – такое вещество уже давно по праву считается одним из наиболее популярных типов пластмассы во всем мире, именно поэтому нет ничего удивительного в том, что разработчики трехмерных принтеров нашли ему применение в этой сфере. Все мы знаем, как выглядит полиэтиленовый пакет, пластмассовая бутылка и другие предметы из пищевой пластмассы. Всё это полиэтилен низкого давления, который на сегодняшний день является один из признанных лидеров в сфере объемной печати. Еще одним фактором, который способствует такому широкому применению данного вещества, является то, что он подходит для любой технологии объемной печати. Лишь немногие материалы обладают такими же универсальными свойствами, но преимуществом полиэтилена является его низкая стоимость.

### Сфера применения

3D-принтер находит применение во многих сферах.

На нем можно, например, напечатать сладости. Все эти вкусности можно килограммами распечатывать в двух вариантах: белом и цветном. Конфеткам можно придавать вкус ванили, мяты, кислого яблока, вишни и даже арбуза. Технология 3D печати действительно впечатляет. Удивительные пищевые 3D принтеры, существование которых казалось невозможным ещё вчера, сегодня стали реальностью, и вполне возможно, что они окажутся чем-то вполне обыденным в ближайшем будущем.

Принцип действия пищевого 3D принтера очень похож на принцип работы обычного струйного принтера. Только вместо картриджей с жидкими красителями в пищевом принтере используются картриджи с пищевыми ингредиентами. В памяти принтера хранится множество рецептов. Чтобы напечатать блюдо, необходимо выбрать один из рецептов и нажать на кнопку. После этого принтер, в соответствии с заложенным в него алгоритмом, начнёт слоями выкладывать ингредиенты на рабочую поверхность или на тарелку. Полученный таким образом продукт охлаждается или запекается.

Учёные Массачусетского технологического института разработали 3D принтер Digital Chocolatier, который печатает лакомства из шоколада, фруктов и орехов. Принтер состоит из карусели с ингредиентами, приёмной терморегулируемой формочки и пользовательского интерфейса.

Также можно напечатать мебель, сноуборды, обувь, машины, лекарства. Но самое интересное – это печать органов. Китайские ученые научились печатать прототипы человеческих органов, но «живут» они не более 4-х месяцев и лишены кровеносных сосудов. Ученые уверены, пригодные для трансплантации органы — вопрос 15-20 лет. А протезы глаз разработали инженеры Манчестерского университета и студии дизайна Тома Фриппа. Обычно их делают вручную — это долго и дорого (3000 фунтов стерлингов). На 3D-принтере можно напечатать 150 глазных протезов за час — стоимостью не больше сотни за каждый. Искусственную нижнюю челюсть впервые напечатали исследователи из университета Хасселта. Ее трансплантировали 83-летней пациентке, после чего женщина смогла дышать, говорить и жевать. Для людей с артрогриппозом уже разработали экзоскелет в печатной версии.

### Заправка 3D-принтера

Картриджи для пищевых 3D принтеров заправляются самыми разными пищевыми компонентами, которые можно заказывать исходя из собственных предпочтений.

Процесс заправки трехмерного принтера мало чем отличается от обычного двумерного устройства печати струйного типа. Стоит отметить, что «чернила» 3D-принтерам хватает надолго, поэтому проводить такую процедуру часто вам не придется. Отвечая на вопрос, чем заправлять 3D принтер, стоит в первую очередь задуматься о цели использования данного устройства. Наиболее востребованным материалом всегда был и остается пластик для 3D-принтера, купить который можно либо в специализированных магазинах, либо в интернете на сайтах производителей.

Заправляют трехмерное устройство печати и другими веществами, всё зависит от создаваемого объекта. Сегодня уже известны кулинарные 3D-принтеры, которые заправляются пищевыми продуктами. Некоторые трехмерные устройства на основе стволовых клеток человеческого или животного происхождения воссоздают самые настоящие живые органы, готовые к пересадке. Понятное дело, что пластик для 3D принтера, производящего детали машин и металлоконструкций, не подойдет. Промышленные устройства объемной печати вообще могут «питаться» любыми материалами, а более простые агрегаты работают с ограниченным количеством веществ.

Как правило, струйный 3D принтер продают в комплекте с катушкой специализированного пластика и набором необходимых инструментов. В зависимости от того, сколько стоит 3D-принтер, такие наборы могут быть достаточно впечатляющими или состоять только из самых необходимых элементов. Три рабочие платформы и специальные перчатки для безопасной эксплуатации аппаратов также нередко входят в данный комплект. Кроме того, каждая отдельная модель трехмерного печатного аппарата снабжена подробной инструкцией, в которой с помощью детального описания устройства и наглядных картинок объясняется процесс заправки агрегата и многие другие полезные моменты.

### Оружие

Главная же проблема заключается в том, что ружья, распечатанные на 3D-принтере также опасны для стрелка, как и для цели. Спустя пару выстрелов вполне можно оказаться в больнице из-за разрыва ствола. Оно и понятно, пластик ведь.

В 2012 году сетевая организация Defense Distributed анонсировала планы "разработать работающий пластмассовый пистолет, который любой человек сможет скачать и напечатать на 3D-принтере". В мае 2013 года они закончили разработку, а вскоре после этого Государственный департамент США потребовал удалить инструкции с веб-сайта.

21 ноября 2013 года в Филадельфии (США) был принят закон, запрещающий изготовление огнестрельного оружия с помощью 3D-принтеров.

В Великобритании нелегальны производство, продажа, приобретение и владение оружием, напечатанным на 3D-принтере.

### Программное обеспечение трехмерных принтеров

Само по себе устройство объемной печати работать не сможет, так как все процессы, происходящие в рабочей камере такого принтера, основаны на том или ином программном средстве. Специфика его работы заключается в том, что оно должно спроектировать объемное изображение или фигуру вместо плоской картинки. Более того, модели для 3D принтера должны представлять собой идеальную виртуальную версию будущего объекта, ведь именно ими и будет руководствоваться трехмерный принтер в дальнейшем. Каждая деталь и утонченный контур должны быть выполнены с максимальной точностью, так как от этого зависит качество производства.

Независимо от того, сколько стоит 3D-принтер, он в любом случае нуждается в программном обеспечении, которое в свою очередь подразделяется на несколько видов:

* Программы для управления работой принтера;
* Трехмерные редакторы, которые отвечают за выполнение устройством конкретных заданий.

Важно, чтобы данные программы были выполнены в соответствии с существующими нормами и стандартами. От этого будет зависеть то, как собственно работает 3D-принтер, изделия, а точнее их качество и точность, и многое другое. Среди наиболее важных особенностей такого программного обеспечения стоит отметить форматы данных, которые они должны читать и редактировать:

* STL – специализированный язык программирования, который для описания плоскостей заданного объекта пользуется треугольниками;
* X3D – этот язык основывается на так называемом стандарте XML, согласно которому отсчет ведется от заранее указанных данных профиля;
* VRML – за основу берутся треугольники, не имеющие совместных вершин.

Создание трехмерных фигур с помощью объемной печати начинается с того, что формируются STL модели для 3D-принтера. Они снабжают оператора системы всей необходимой информацией о создаваемом объекте. Разработка STL модели для 3D-принтера, как правило, ведется с помощью CAD программ. Надо сказать, что такое программное обеспечение стоит довольно дорого. Если хороший 3D-принтер купить по невысокой стоимости может быть достаточно сложно, то с подобным программным обеспечением наблюдается немного другая картина. Конечно же, когда речь идет о масштабном производстве, нет смысла экономить на специализированных программах. Однако большую часть необходимых функций может выполнить и бесплатное приложение Google SketchUp.

Человеку, который пытается подобрать подходящий трехмерный принтер для своего дела, стоит обратить внимание и на возможности программного средства, которые могли бы максимально удовлетворить его потребностям, ведь именно от него и будет зависеть качество и скорость выполнения будущих задач. Эффективность работы 3D-принтера главным образом зависит от выбранного пользователем программного обеспечения.

### Цена

Самые простые и недорогие 3D-принтеры можно приобрести за цену, варьирующуюся в окрестности пятидесяти миллионов.

### Недостатки и способы их устранения

К сожалению, устройство не может построить что-то, размеры чего превышают собственные размеры принтера. Но существуют различные обходные пути, используемые для создания крупных объектов. Например, можно сделать много мелких деталей, каждая из которых легко вписывается в «объем работ», а уже потом вручную собрать все детали в один большой объект. (Этот подход используется в RepRap устройствах Дарвин и Мендель.) Возможно, есть ещё ограничения на материал.

### Самый большой в мире 3D-принтер

Итальянская компания WASP создала самый большой в мире строительный 3D-принтер. Называется он Big Delta. Размеры устройства составляют 12 метров в высоту и 6 метров в диаметре. Создавалась система для возведения жилых домов. Как утверждают разработчики, система потребляет минимальное количество энергии, а печатать при этом способно не только бетоном, но и другими материалами, включая глину.

Сейчас главная задача системы — быстрое возведение недорогих домов. Это может пригодиться, например, в местах, где произошло стихийное бедствие, и множество людей лишилось крова. Кроме того, подходит такой принтер и для развивающихся стран, где нужны большие объемы жилья. По мнению разработчиков, модификации Big Delta смогут работать и на других планетах, создавая дома для колонистов, научные базы и прочие строения.

Развитие технологий не стоит на месте. И вполне возможно, что в ближайшем будущем 3D-принтеры смогут заменить заводы. Важно только решить проблему печати деталей большого размера и создание заправки картриджа прочным материалом.