

Содержание:

Image not found or type unknown



Введение

3D-технологии применяются уже не одно десятилетие в разных сферах деятельности. В наши дни возможности 3D-принтеров безграничны. Например, в сфере медицины технология 3D-печати впервые была применена в стоматологии. В конце 1990-х годов стали выпускаться 3D-принтеры для выращивания зубов по технологии *sara devices*, но первый имплантат был напечатан только в 2012 году. Тогда же была проведена первая операция по имплантации титановой нижней челюсти, выполненной с использованием 3d-печати.

Прежде чем говорить о способностях 3d-принтера, для начала рассмотрим, как он устроен и как работают его технологии.

Как устроен 3D-принтер

Общая схема, в которой работают все 3D-принтеры, основана на возможности перемещения в трех измерениях линейно. Устройство оснащено высокоточными шаговыми двигателями и контроллерами, отвечающими за последовательность движений этих двигателей. Автоматизированная система перемещает печатающую головку и выдавливает материал (например, расплавленный пластик) в нужное время. Для каждого слоя создается диаграмма, которая изначально была включена в программу. В его основе лежит принцип работы "Декартового робота" (устройства, способного перемещаться по декартовым координатам $-x, y, z$).

Конструктивные особенности 3D-принтеров

Принцип работы 3D-принтера основан на законах кинематики. Существует несколько схем 3D-печати, основанных на движении печатающих головок и платформ, которые могут перемещаться относительно друг друга в разных плоскостях.

Существует четыре основные схемы печати:

1. Дельта;
2. Экструдер перемещается по осям X и Y;
3. Экструдер меняет положение в пространстве по осям X и Z;
4. Экструдер движется по осям X, Y и Z.

I схема — Дельта

Платформа находится в стационарном состоянии, положение по осям x, y, z изменяется только экструдером. Особенностью модели является наличие высокой рамы. Печатающая головка размещена на трех стержнях, каждый из которых закреплен на подвижном блоке, размещенном на опоре с возможностью вертикального перемещения. Достоинства: высокая скорость печати, хорошая точность.

II схема — Экструдер движется по осям X и Y

Печатающая головка находится на верхней части платформы и перемещается влево и вправо или вперед-назад, а платформа-вверх и вниз (перемещается вдоль осей X и Y).

III схема — Экструдер перемещается по осям X и Z

Экструдер, как и предыдущий тип, может не только двигаться влево или вправо, но и менять свое положение в пространстве высоты. Платформы можно перемещать вперед или назад без изменения высоты.

IV схема — Экструдер движется по осям X, Y и Z

Последняя схема предполагает использование стационарных платформ. Как и в случае с "Дельта" схемой, экструдер может перемещаться по трем осям [x, y, z], но в этом случае отсутствует сложный механизм фиксации печатающей головки.

Основной принцип работы

- Существует специальная САПР-программа на компьютере, моделирующая объекты;
- Готовый объект, хранящийся в специальной форме, разрезается программой slicer, которая поставляется вместе с устройством, а толщина каждого слоя

- определяется функцией и выбором 3D-принтера.;
- Каждый слой преобразуется в двоичный командный код, который получает устройство, согласно которому слой материала наносится в соответствии с координатами;
 - Объекты формируются послойно (технологии трёхмерной печати).

Существует довольно много технологий, используемых в 3D-печати. От технологии зависит материал, используемый для печати.

В настоящее время можно использовать пластиковую пряжу, фотополимерную смолу, металлический порошковый сплав, гипсовый композитный порошок, воск, а также различные строительные и кулинарные смеси.

Работа 3D-принтера

Самый доступный и поэтому самый распространенный метод 3D-печати, когда готовый объект создается из жидкого пластика или композитного материала, который пропускается через печатающую головку экструдера и лазерно накладываются в слои. Готовый слой сдвигается вниз, печатается новый слой, и продолжается этот процесс пока весь элемент не будет готов.

Наиболее известны следующие технологии 3D-печати:

- FDM;
- SLS и SLM;
- Ламинирование;
- Фотополимерная печать;
- Печать гипсом;
- Строительная печать бетонной смесью и другие.

Фотополимерная печать

Материал наносится слоями, но вначале находится в жидком состоянии в специальной ванне. Слой за слоем материал подвергается воздействию лазера или ультрафиолетового излучения, и платформа поднимается. Под воздействием радиации материал полимеризуется и затвердевает. Эта технология более перспективна и имеет более широкие возможности, так как позволяет получать изделия с высочайшей точностью, в том числе и тонкостенные. Именно такая печать используется в медицинской сфере и открывает широчайшие возможности

для изготовления высокоточных хирургических шаблонов и протезов.

3D-печать в медицине

Современные технологии делают трехмерную печать клеток, биосовместимых материалов и их вспомогательных компонентов, и на их основе в дальнейшем создают полноценные живые ткани. технология здесь называется 3D-биопечать, которая была применена в регенеративной медицине, значительно упростив и удешевив процесс трансплантации жизненно важных тканей и органов.

Томас Болланд, биоинженер из Университета Клемсона в Южной Каролине (США), самостоятельно переработал принтеры Lexmark и HP, чтобы попытаться напечатать фрагменты человеческой ДНК. Исследование показало, что размер клеток ДНК аналогичен размеру стандартной чернильной капли и составляет около 10 микрон. Дальнейшие эксперименты показали, что 90% клеток продолжают выживать в процессе биопечати. В 2003 году ученые запатентовали биопечать, и первая успешная печать состоялась в 2006 году.

Первый успешный эксперимент по трехмерной печати органов человека был проведен в 2006 году. Ученые из Wake Forest Institute for Regenerative Medicine спроектировали и распечатали семь мочевого пузыря для пациентов-добровольцев.

Ученые-биоинженеры использовали стволовые клетки пациентов в качестве основы для печати будущих органов. Образцы донорской ткани, хранящиеся в специальной герметичной камере, хранятся экструдером над 3D-моделью мочевого пузыря, нагретой до естественной температуры человеческого тела. Результат: после восьми недель интенсивного роста клетки начали делиться и воссоздавать мочевой пузырь.

В зависимости от выбранного 3d-принтера донорский материал вводится из дозатора. Этот подход используется для печати мягких тканей с низкой плотностью клеток. Например, при печати участка кожи или мягкого хряща. При печати костных имплантатов используется метод послойного наложения.

Преимущества костного протезирования, созданного с использованием технологии 3D- печати

Во-первых, высокая скорость производства. Времени у пациента может и не быть, потому что стандартное создание протеза занимает слишком много времени. Печать протеза происходит довольно быстро.

Во-вторых, малый вес может подвергаться изменениям в ту или иную сторону. Все зависит от степени пористости протеза, который часто изготавливают из титана.

В-третьих, эта очень пористая структура способствует более быстрому заживлению протеза живыми тканями.

С помощью технологии трехмерной печати врачи могут успешно устранять проблемы с межпозвоночными дисками, которые появляются либо при активных занятиях спортом, либо при появлении опухолей позвоночника. Материал для изготовления позвонков имеет пористую структуру, поэтому готовый имплантат быстро врастает в костную ткань и превращается в полноценную часть человеческого тела.

Единственным недостатком этого средства является довольно длительный реабилитационный период. В 2013 году американские врачи провели первую операцию по замене кости в черепе жертвы несчастного случая. Благодаря титановому протезу, напечатанному на 3d-принтере, удалось заменить 70% черепа пациента! Считается, что такая процедура может спасти жизни сотен людей, пострадавших в автомобильных авариях и боях каждый месяц. Кроме того, можно успешно лечить пациентов, страдающих опухолями головного мозга.

3d-печатные имплантаты и протезы также используются для операций на ключице, лопатке, тазовой кости и др. Например, не так давно американская компания Conformis впервые пересадила пациенту новое поколение коленных суставов. Ранее, протеза был выбран на замену коленного сустава в течение длительного времени, а затем в кости была заточена, и имплантата была проведена успешно. Сейчас эту процедуру проводят только с помощью компьютерной томографии, печатая соответствующий протез.

3D-печатные коленные суставы не подлежат обязательной замене через 15-20 лет, что характерно для обычных пластиковых или стальных протезов. 3d-принтеры также используются для печати трехмерных моделей внутренних органов человека. Например, перед операцией делается точная копия сердца пациента. Таким образом, хирург составляет наиболее подробный план предстоящей операции, ориентируясь не только на результаты сканирования, но и на индивидуальные особенности этого органа.

Обзор медицинских 3D-принтеров

- 3D принтер Wanhao Duplicator i3 Mini

| | |
|--------------------------|------------------|
| Технология печати | FDM, FFF |
| Материал печати | Пластиковая нить |
| Поддерживаемые материалы | PLA |
| Область печати, мм | 120x135x100мм |
| Кол-во печатных головок | 1 |
| Производитель | Wanhao |
| Страна производства | Китай |
| Цена | 15 500 рублей |

С помощью устройства можно печатать протезы и физиологические модели (только при условии использования нетоксичного, биосовместимого пластика).

- 3D принтер MakerBot Replicator Z18

| | |
|-------------------------|------------------|
| Технология печати | FDM |
| Материал печати | Пластиковая нить |
| Область печати, мм | 305x305x457мм |
| Кол-во печатных головок | 1 |
| Производитель | MakerBot |
| Страна производства | США |
| Цена | 1 002 000 рублей |

Нетоксичный пластик - отличный материал для создания моделей протезов и имплантатов, которые можно подобрать лично для тех, кто в этом нуждается.

- 3D принтер Ultimaker 3 Extended

| | |
|-------------------------|------------------|
| Технология печати | FDM |
| Материал печати | Пластиковая нить |
| Область печати, мм | 215x215x300мм |
| Кол-во печатных головок | 2 |
| Производитель | Ultimaker |

Страна производства Нидерланды

Цена 435 000 рублей

Применяется в моделирование и несерийное производство медицинских шаблонов.

- 3D ПРИНТЕР CREALITY3D LD-002R

Технология печати LCD

Материал печати Фотополимерная смола

Область печати, мм 120 * 70 * 135мм

Производитель Creality3D

Страна производства Китай

Цена 20 890 рублей

Используется в стоматологии

- 3D ПРИНТЕР RUSSIANS LM FACTORY

Технология печати SLM

Материал печати Пластиковая нить

Поддерживаемые материалы 316L; AlSi10Mg; CoCr; IN718; TiAl6V4

| | |
|-------------------------|------------------|
| Кол-во печатных головок | 1 |
| Производитель | 3DSLARus |
| Страна производства | Россия |
| Цена | 9 640 000 рублей |

Используется в стоматологии

Операции, проведенные с помощью 3D-принтеров

В 2017 году в Институте опухолей им. Петрова был имплантирован костный имплантат с 3D-печатью. Группа врачей под руководством профессора Джорджа Гафтоне провела три с половиной часа, спасая пациентов от раковой опухоли, развившейся в лобковой кости. Вместе с ним был установлен титановый имплантат, изготовленный методом endprint с использованием технологии селективного лазерного спекания. Имплантаты были основаны на МРТ и компьютерной томографии. Чуть позже врачи НИИ онкологии им.Н. н. Петрова провели еще одну операцию. На этот раз пациенту пришлось удалить переднюю часть нижней челюсти, которую заменили титановым протезом. За его создание отвечала медицинская система 3D. Пациенту пришлось пережить тяжелый послеоперационный период (регулярно носить специальные маски и кормить через шприцы), но операция считалась успешной.

В 2016 году шведские ученые из Исследовательского центра Валленберга Вуда совместно с профессором Полом готенхольмом имплантировали искусственную хрящевую ткань в тела подопытных мышей. Используя био-чернила Cellink, содержащие бурые водоросли, целлюлозные волокна и человеческие хондроциты, исследователи смогли напечатать высококачественные имплантаты на 3D-принтере. Нам удалось ввести отпечатанный хрящ в тела подопытных мышей. Исследователи повторили эксперимент, добавив стволовые клетки из костного мозга в хрящ. Результат оказался еще более удивительным: организм мыши не только не отторгал имплантат, но и демонстрировал самостоятельную выработку

хондроцитов. Эти исследования позволили шведам обсудить возможность проведения клинических испытаний на людях. Хрящи, напечатанные на 3d-принтере, можно использовать не только для лечения различных травм и онкологических заболеваний, но и для пластической хирургии.

Перспективы развития 3D-печати в медицине

Ортопедические корсеты

Российское изобретение, получившее название GS3, представляет собой специальный ортопедический корсет для спины, созданный с использованием технологии трехмерной печати. Этот Корс Главным преимуществом корсета GS3 является возможность индивидуальной регулировки. благодаря встроенному гироскопу и ускорителю, работающему через bluetooth, корсет может управлять человеком в движении, обеспечивая постоянную поддержку спины и бедер.

Развитие в стоматологии

3d-печать в стоматологии позволяет изготавливать качественные, долговечные модели вставок, накладок, коронок, виниров и мостовидных протезов для дальнейшего введения в организм, различные материалы, используемые для печати пломб, не только обладают высоким уровнем биосовместимости, но и могут быть использованы для лечения слегка поврежденных зубов. 3D-принтер позволяет моделировать большое количество необходимых объектов за один сеанс. Кроме того, все печатные модели хранятся в системе и могут быть использованы в дальнейшем, например, для автоматического моделирования зубов.

Печать человеческих сердец

Американская компания BIOLIFE4D сейчас занимается созданием искусственного сердца, которое должно быть напечатано с использованием клеток пациента. По мнению основателей, этого стартапа, трехмерная печать человеческого разума навсегда решит проблему отсутствия трансплантации. Сердце, напечатанное на 3D-принтере с использованием собственных клеток пациента, не стимулирует иммунную систему и может успешно заменить реальный орган. Кроме того, после завершения операции больной должен получать специальные медикаменты, как в случае замены аорты или мембранного клапана сердца больного, который был

вынужден применять антикоагулянты. Новые технологии позволяют ожидать значительных изменений в области медицины. С помощью 3D-принтеров сегодня создаются различные протезы, имплантаты, фрагменты внутренних органов, костей и т. д. И, хотя сегодня трехмерная печать чаще всего используется только в стоматологии и хирургии, она не за горами.

Заключение

Новые технологии позволяют ожидать значительных изменений в области медицины. Рассмотрев устройство 3d-принтера, его работу, обзоры на популярные 3d-принтеры, можно с уверенностью сказать, что данные принтеры помогли совершить огромный скачок в медицине и увеличить ее возможности. С помощью 3D-принтеров сегодня создаются различные протезы, имплантаты, фрагменты внутренних органов, костей и т. д. И, хотя сегодня трехмерная печать чаще всего используется только в стоматологии и хирургии, развитие 3d-принтеров не стоит на месте.

Список литературы

1. <https://mygs.ru/>
2. <https://3d-m.ru/>
3. <https://vektorus.ru/blog/3d-tehnologii-v-meditsine.html>
4. <https://pandia.ru/text/80/683/1898.php>
5. Книга: Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития. Редакторы: Энрике Канесса, Карло Фонда и Марко Зеннаро
6. Книга: 3D-печать в медицине. Автор: Карякин Николай Николаевич, Горбатов Роман Олегович Редактор: Погосян Е. В. Издательство: ГЭОТАР-Медиа, 2019 г.