Печать точной копии цифровой модели. Печать трёхмерных объектов.

Виды материалов для печати.

Фрагмент конспекта

А.С. Грицай

# Слайд № 1

Печать точной копии цифровой модели. Печать трёхмерных объектов. Виды материалов для печати.

# СЛАЙД № 2

Качество напечатанных моделей напрямую зависит от механики принтера, а именно от её правильной настройки. Любые элементы принтера со временем изнашиваются, поэтому настройку принтера необходимо проводить хотя бы раз 5-6 кг отпечатанного филамента. С помощью коротких инструкций, о которых сегодня вы узнаете, вы сможете быстро и легко настроить механику вашего принтера: натяжение ремней, ток на двигателях, шаги двигателей, ускорение, рывки и скорость.

Что включает в себя механика?

В 3D-принтерах любой конструкции всегда содержатся одни и те же вещи: Оси и направляющие, по которым перемещаются элементы принтера и двигатели с ремнями, которые приводят эти элементы в движение. В классической конструкции принтера есть как минимум 3 мотора (по одному на каждую ось), 3 направляющие (по одной на каждую ось) и плата электроники, которая управляет двигателями. Последнее можно с натяжкой назвать частью механики, но так как она управляет двигателями, она же косвенно влияет на качество модели.

# СЛАЙД № 3

Дефекты печати из-за неполадок в механике.

Перед тем как менять что-либо в принтере, необходимо определиться, что именно нужно настроить. Зачастую дефекты видны визуально. В нашем блоге есть статья о большинстве дефектов печати, в которой подробно расписаны причины их появления. Далее список дефектов и с каким элементом механики они связаны:

• Смещение слоёв - Ремни, Ток двигателей, Направляющие

• Звон - Направляющие, Скорость

• Неправильная геометрия модели - Направляющие, Шаги двигателей, ремни

Как можно увидеть, все вышеуказанные проблемы не мешают самому процессу печати, но результат оставляет желать лучшего. Иногда ошибки в механике могут полностью остановить работу принтера. Поэтому лучше не доводить ситуацию до крайностей и при появлении каких-либо проблем сразу начать проверку и настройку 3D-принтера.

# СЛАЙД № 4

Первое, с чего следует начать настройку принтера - это ремни. Они прямо влияют на геометрию модели и при слишком сильном натяжении именно они вызывают множество проблем: смещение слоев, изменение геометрии, рябь. Сначала стоит удостовериться в целостности ремня. Для этого просмотрите весь ремень, в особенности участки, где ремни изгибаются. Если ремень изжил своё, то можно увидеть участок ремня, где расстояние между зубцами сильно увеличилось и между ними видна металлическая проволока (корд). Это значит, что пришло время полностью менять ремень.

Если ремень цел или вы уже заменили его, то можно приступать к следующему шагу. В зависимости от конструкции вашего принтера, необходимо отодвинуть ролик, через который проходит ремень. Натяжение должно быть таким, чтобы каретка или стол двигались без усилий, но при этом при быстром передвижении ремень не должен проскакивать зубцы на шестерне двигателя. Настройте натяжку ремней на каждой оси принтера по данному методу.

Совет: если в вашем принтере из комплекта шел натяжитель ремня в виде пружины, крепящейся на самом ремне - уберите его. Из-за гибкости этого натяжителя будут возникать дефекты печати, например, торчащие углы на модели. Лучше настроить ремень без использования данного натяжителя.

# СЛАЙД № 5

Как мы знаем из школьного курса физики, мощность двигателя зависит от напряжения и силы тока. Так как напряжение на всей электронике принтера везде одинаково, то единственно, что можно изменить - ток на двигателе. Точнее следует сказать максимальный ток, который драйвер будет подавать на моторы. Для изменения этого предела необходимо залезть внутрь корпуса и найти плату принтера. На ней вы увидите драйвера принтера. Нас интересует маленький потенциометр на самом драйвере (на картинке ниже он указан как подстроечный резистор).

# СЛАЙД № 6

Для настройки вам понадобится вольтметр и маленькая крестовая или плоская отвертка. Перед дальнейшими шагами необходимо рассчитать максимальный ток, подаваемый на моторы. Для разных драйверов используются разные формулы, самые популярные будут указаны в таблице, представленной на слайде.

Значение максимального тока (Imax) зависит от двигателя, которым управляет драйвер. Это можно узнать из спецификации двигателя или по наклейки на нём. На слайде также указаны токи для самых популярных моделей двигателей.

Подставив значение в формулу, мы получим значение Vref для максимального тока, подаваемого на двигатель. Но при таком значении двигатель будет сильно греться, поэтому полученное значение Vref необходимо умножить на 0,7. Например, для двигателя с максимальным током в 1,5 А и драйвером TMC 2208:

Vref = 1,5 \* 1,41 \* 0,7 = 1,48 В

Теперь полученное значение можно использовать при настройке на самом принтере. Для этого отключите провода, идущие к моторам, включите принтер и поместите один щуп вольтметра в центр подстроечного резистора, а второй щуп к отрицательной клемме на блоке питания (также можно использовать отрицательную клемму на плате принтера и контакт на драйвере, обозначенный как GND). Вы увидите некоторое значение на экране вольтметра. Поверните подстроечный резистор по часовой стрелке, чтобы уменьшить значение Vref и против часовой, чтобы увеличить.

Внимание: не следует указывать значение Vref выше максимального рассчитанного для вашего двигателя! Иначе двигатель в скором времени сломается!

Когда вы настроите значение на драйверах, то можете выключить питание принтера, присоединить провода моторов и собрать корпус обратно. На этом настройку драйверов можно считать законченной.

# СЛАЙД № 7

Шаги двигателей.

При настройке шагов двигателей вам понадобится линейка. Для удобства можно использовать программу Repetier-Host. Настройка для каждой из трех осей происходит по одному и тому же алгоритму:

1. Ставим каретку в нулевые координаты (Autohome или G28)

2. Передвигаем каретку на некоторое расстояние

3. Измеряем, на какое расстояние прошла каретка

4. Рассчитываем правильное количество шагов на миллиметр по формуле, указанной на слайде:

Истинные шаги на миллиметр = текущие шаги на миллиметр \* указанное расстояние / пройденное расстояние

Например, в принтере было указано 100 шагов/мм, приказываем принтеру переместится на 80 мм, а принтер проходит 87,5 мм. Тогда правильное значение шагов на миллиметр будет равняться 100 \* 80 / 87,5 = 91,42 шагов/мм. Для удобства измерений можно закрепить на столе линейку, а на каретке тонкий предмет, например, иголку или булавку. Тогда можно будет крайне точно измерить пройденное расстояние. Для измерения расстояния в экструдере используется частично отличающийся алгоритм:

1. Вставляем пластик в экструдер

2. Обрезаем его прямо у выходного отверстия

3. Отдаем принтеру команду вытянуть пластик на некоторое расстояние (минимум 100 миллиметров)

4. Снова обрезаем пластик

5. Измеряем длину полученного отрезка пластика

6. Используем формулу из предыдущего алгоритма

Далее данные настройки нужно вставить в прошивку в строке:

#define DEFAULT\_AXIS\_STEPS\_PER\_UNIT {X,Y,Z,E0}

Вместо X,Y,Z и E0 должны стоять значение шагов на миллиметр для каждой из осей соответственно. Иначе, необходимо вставить в начальный GCODE данную строку:

M92 Ennn Xnnn Ynnn Znnn

Вместо nnn в каждом из параметров необходимо подставить шаги на миллиметр для каждой оси. Если вы хотите настроить шаги только не для всех осей, то можно убрать ненужные параметры.

# слайд № 8

Для настройки механической части принтера необходимы:

* гидравлический уровень для установки абсолютного горизонта нагревательного стола и оси Х;
* отвёртка для изменения длины регулировочного винта оси Z и прижимного механизма подачи пластикового прутка;
* лист бумаги для установки зазора между соплом и поверхностью стола (при полном нагреве сопла и стола лист должен плотно проходить между ними).

# Слайд № 9

Arduino IDE является кроссплатформенным приложением (для ОС Windows, MacOS, Linux), которое написано на языке программирования Java. Оно используется для написания и загрузки программ на Arduino-совместимые платы, а также, с помощью ядер сторонних производителей, на платы разработки других производителей.

Большинство принтеров работают на прошивке Marlin, которая свободно распространяема и легко адаптируется по разные модели принтеров путём её настройки в коде.

Для работы с прошивкой и последующей записи в плату управления необходима среда разработки Arduino IDE. Открыв среду Arduino IDE с нужной прошивкой необходимо перейти на вкладку Configuration.h, как показано на слайде.

В начале отображаются ссылки на калибровку 3D принтера. Листаем дальше и видим: «Это конфигурационный файл с основными настройками. Выберите тип контроллера, тип температурного датчика, откалибруйте перемещения по осям и сконфигурируйте концевые выключатели».

# слайд № 10

Выбираем контроллер (MOTHERBOARD). Список контроллеров находится во вкладке boards.h. Нажимаем на треугольник в правом верхнем углу и выбираем boards.h, как показано на слайде.

# слайд № 11

Выбираем силовую плату RAMPS 1.4 из списка плат как на слайде.

# слайд № 12

Указываем в configuration.h свой контроллер ка показано на слайде.

# слайд № 13

Следующим выбираем датчик температуры – термистор, для хотэнда и стола. Из большого списка «//// Temperature sensor settings:». Выбираем: «// 1 is 100k thermistor – best choice for EPCOS 100k» как на слайде

Если в хотэнде – нагревательном элементе экструдера используются фторопластовые части, то температуру следует ограничивать, во избежание повреждения хотэнда. Максимальная рабочая температура фторопласта 260 градусов. Если хотэнд цельнометаллический, то можно нагревать до 320 градусов, но большинство видов пластика плавятся при температуре не более 260С, поэтому устанавливаем 260С.

Ограничиваем максимальную температуру хотэнда – «#define HEATER\_0\_MAXTEMP 260».

Минимальная температура ограничивается для механической защиты хотэнда от выдавливания холодного пластика.

Ограничение минимальной температуры хотэнда – «#define EXTRUDE\_MINTEMP 170».

# слайд № 14

Если сработал концевой выключатель, то мотор не должен дальше двигать каретку. Концевые выключатели нужны для ограничения перемещения кареток и инициализации начальной точки HOME. При сработанном концевом выключателе каретка может двигаться только от него.

Начало координат находится в ближнем левом углу на поверхности стола, если сопло вывести в эту точку, то должны сработать концевые выключатели MIN, если в правую дальнюю верхнюю – сработают MAX (при их наличии). В нашем случае в положении HOME находятся три концевых выключателя MIN, поэтому установки выглядят следующим образом как на слайде.

# слайд № 15

Если предыдущие изменений не дали результат, то состояние концевых выключателей по выбранной координате нужно инвертировать, это можно сделать в прошивке или перепаять провода на самих выключателях. В прошивке просто меняем значения false или true, как показано на слайде.

# слайд № 16

Изменение направления вращения шаговых двигателей, также происходит путём изменения значений false или true. Правильные перемещения сопла относительно стола:

* по оси X – влево «-», вправо «+»;
* по Y – вперёд «+», назад «-»;
* по оси Z – сближение «-», удаление «+».

# слайд № 17

После инициализации в положении HOME необходимо задать габариты максимальных перемещений по осям X и Y, а также настройку сопла относительно стола.

Если при касании стола соплом срабатывает концевой выключатель (MIN), то поднастройка сопла относительно стола выполняется перемещением концевого выключателя, а в «#define Z\_MAX\_POS» записываем значение координаты при максимальном удалении сопла от стола.

Если концевой выключатель по Z срабатывает при максимальном удалении сопла от стола (MAX), то нужно найти габарит по Z самостоятельно. Устанавливаем значение «#define Z\_MAX\_POS» изначально больше нормы, например, 250 при габарите 200 мм. Опускаем сопло до касания стола и на дисплее видим координату больше нуля, теперь вычтем из установленного большого значения полученную координату и получим габарит по Z, который теперь запишем в «#define Z\_MAX\_POS». По итогам печати первого слоя можно будет подкорректировать это значение как показано на слайде

Также можно скорректировать скорость перемещения в положение HOME:

«#define HOMING\_FEEDRATE {50\*60, 50\*60, 4\*60, 0} // set the homing speeds (mm/min)».

# слайд № 18

По всем осям стоят шаговые двигатели 200 шагов на оборот, 16 микрошагов на шаг (устанавливается перемычками на силовой плате), приводной ремень GT2 с шагом 2 мм, 20-ти зубые шкивы, итого получаем формулу (200\*16)/(2.0\*20). По оси Z стоят шпильки М5 с шагом резьбы 1,25 мм, итого формула 200\*16/1.25 и установить, как показано на слайде.

# слайд № 19

Скорость.

На самом деле существует множество различных параметров скоростей, значения для которых сильно разнятся. Далее рассмотрим основные из них:

* Скорость перемещения.

Этот параметр отвечает за перемещение сопла без выдавливания пластика. Значение находится в пределах от 80 до 120 мм/с. Ограничивается только максимальной скоростью, с которой могут вращаться двигатели. Не влияет на модель

* Скорость печати первого слоя.

Данная скорость важна, так как она косвенно влияет на адгезию модели к столу. Обычно находится в пределах от 15 до 30 мм/с

* Скорость печати стенок.
* Скорость печати внутренних стенок.

Обычно ставится около 60 мм/с, влияет только на прочность модели. Зависит от максимального количества пластика, который может продавить экструдер через сопло.

* Скорость печати внешних стенок.

Обычно около половины от скорости печати внутренних стенок (30 мм/с). Влияет не только на прочность модели, но и на внешний вид: чем ниже данная скорость - тем ровнее будут стенки.

* Скорость печати заполнения.

Стандартным значением является 80 мм/с, влияет только на прочность модели.

* Скорость печати дна/крышки.

Обычно выставляется от 20 до 40 мм/с, от неё зависит качество верхнего слоя модели: чем ниже значение - тем ровнее крышка.

Следующие цифры на слайде – это ограничение максимальной скорости перемещения по осям. На X и Y их обычно ставят 200 мм.

# слайд № 20

Ускорение.

Данный параметр отвечает за скорость изменения скорости. То есть насколько быстро принтер будет изменять свою скорость. Это влияет на характер перемещения хотенда относительно стола. Если ускорение слишком маленькое, то принтер будет медленно печатать, если же оно слишком большое, то внешняя поверхность модели будет обладать визуальными дефектами: около каждого из углов будут видны угасающие волны как на картинке на слайде.

При больших ускорениях перемещениях экструдера и стола возможны пропуски шагов, поэтому рекомендуется выставить параметры ускорений, как показано на слайде.

# слайд № 21

Основные материалы для профессиональной и промышленной 3D-печати – это пластики в виде нитей/гранул или порошка, фотополимерные смолы, металлические порошки, воск и гипс. Обладая исключительно высокими качественными характеристиками, они с успехом используются в различных отраслях для прототипирования и изготовления функциональных деталей, и с развитием аддитивного производства их становится все больше.

# слайд № 22

Пластик – один их самых востребованных расходных материалов для аддитивного производства. Ассортимент термопластиков и композитов, предназначенных для FDM-печати, исключительно разнообразен и позволяет выбрать, исходя из поставленных задач, наиболее подходящие по физико-механическим свойствам материалы.

В этом разделе мы рассматриваем расходные материалы FDM-принтеров. Это так называемые филаменты – пластики в виде нитей, намотанных на катушки. Иногда они выпускаются в виде гранул.

FDM-технология лежит в основе не только домашних, но и профессиональных и промышленных 3D-принтеров, поэтому пластики активно используются на производстве, для изготовления прототипов и функциональных изделий в таких отраслях, как автомобилестроение, авиационная промышленность, бытовые товары, электроника, архитектура, медицина, наука и образование.

## Основные виды пластиков

### ABS-пластик

Отличается практически полным отсутствием запаха и не выделяет токсичных химических веществ. Обладает множеством положительных характеристик, включая повышенную ударопрочность при высокой эластичности и мягкости материала, а также простую механическую обработку. Высокая растворимость в ацетоне позволяет легко склеивать детали и сглаживать внешние поверхности изделий. Обычно ABS-пластик непрозрачен, но при необходимости легко окрашивается в любые цвета. Конечные изделия без окрашивания чувствительны к воздействию ультрафиолета и наделены невысокими электроизоляционными свойствами.

### PLA-пластик

Ключевые составляющие PLA-пластика – это сахарный тростник и кукуруза, а в основе материала лежит молочная кислота. Регулируя ее уровень при производстве, можно получить различные свойства полимера, тем самым расширяя области его использования. Изделия из PLA-пластика обладают ровной и скользящей поверхностью, что идеально подходит для распечатывания подшипников скольжения. Материал нетоксичен, благодаря чему широко применяется для производства различных игрушек и сувениров. Имеет лишь один недостаток – недолговечность эксплуатации. Готовое изделие из пластика может прослужить до нескольких лет при минимальном использовании и температуре до +50 градусов.

### PETG / PET / PETT-пластик

PET, или полиэтилентерефталат, – наиболее распространенный вид пластика. Для 3D-печати «чистый» PET используют редко, применяя в основном его разновидность – PETG. PETG более долговечен и обладает гораздо меньшей температурой переработки. Еще одной версией PET является PETT – более жесткий и достаточно популярный материал благодаря своей прозрачности.

### PC-пластик (поликарбонат)

Обладает высокой прочностью и износостойкостью, а также повышенным сопротивлением физическим воздействиям и термостойкостью. Выдерживает температуру до 110°C. Материал прозрачный, гибкий, легко гнется и не деформируется. Отлично подходит для использования в автомобилестроении, медицине и приборостроении.

# слайд № 23

Компания Bestfilament создана в 2013 году - одна из первых на рынке России. Занимаются производством расходных материалов для 3D-принтеров. Головной офис расположен в Томске.

Цех по производству пластика для 3D-печати находится в Томске. В помещении более 1000 квадратных метров находятся 5 производственных линий, работающих 24/7. Материалы, производимые компанией, имеют все необходимые сертификаты качества продукции, ценятся покупателями не только в России, но и в Германии, Испании, Польше, Голландии, США.

# слайд № 24

Полиамид и полистирол.

Полиамид – порошковый материал, спекаемый лазером. Список полиамидов обширен и включает в себя как самые простые пластики, так и специальные материалы, среди которых в 3D-печати используются:

* стеклонаполненные полиамиды, улучшающие физические свойства напечатанной модели;
* угленаполненные полиамиды, которые позволяют уменьшить вес конструкции, сохраняя при этом физико-механические свойства изделия;
* металлонаполненные полиамиды, необходимые в качестве барьерных материалов, например, при экранировании радиации.

Этот вид материалов для трехмерной печати задействован в таких областях, как машиностроение, аэрокосмическая отрасль, производство потребительских товаров и дизайн.

Полиамиды используются для изготовления конечных изделий, функционального тестирования и мелкосерийного производства, обеспечивая стабильную производительность и повторяемость изделий. Они дают возможность создавать конечные изделия с уникальными свойствами за один производственный цикл без последующей логистики и сборки компонентов.

Технология печати, в которой применяются полиамиды, – Selective Laser Sintering (SLS).

Еще один порошковый материал, используемый в 3D-печати по технологии SLS, – полистирол. Он представляет собой узкоспециализированное решение для промышленного литья и служит для создания форм и моделей с максимально качественной поверхностью. Этот материал дает возможность печатать изделия с разной геометрией на единой платформе, а выращенная из полистирола модель выжигается с минимальной зольностью.

# слайд № 25

Фотополимеры.

Фотополимерная смола – один из самых перспективных и активно использующихся в аддитивном производстве материалов. Ее главное преимущество – универсальность. Под воздействием ультрафиолетового света или лазера фотополимеры, изначально находящиеся в жидком состоянии, затвердевают и могут приобретать совершенно разные механические свойства и характеристики.

Жесткие, эластичные, ударопрочные термопластики, прозрачные, полупрозрачные или разноцветные материалы – благодаря такому разнообразию сферы применения изделий из фотополимеров практически безграничны.

Преимущества фотополимера:

• Качество. Изделия из фотополимерной смолы получаются гладкие и детализированные.

• Точность. Напечатанные на фотополимерном 3D-принтере объекты сложной геометрии могут иметь очень тонкие части – до 0,025 мм на 25,4 мм детали.

• Стабильность. Готовые модели и прототипы отличаются превосходными физическими и механическими свойствами.

• Легкая обработка. Фотополимерные модели легко склеиваются, шлифуются, красятся и т.д. – с ними можно делать буквально всё что угодно.

Благодаря всем этим качествам предприятия авиационной, автомобильной, ювелирной промышленности, оборонного комплекса, машиностроения и других отраслей по достоинству оценили 3D-печать с использованием фотополимеров. Прототипы деталей самолетов, новых разработок двигателей – всё это изготавливается быстро и просто, в зависимости от поставленных задач, по технологии стереолитографии или многоструйной печати.

# слайд № 26

Металлические сплавы.

Металл для аддитивных установок выпускается в виде мелкодисперсных сферических гранул с величиной зерна от 4 до 80 микрон. Применяемая технология заключается в сплавлении металлических порошков при помощи иттербиевого лазера и носит название селективного лазерного плавления (SLM).

Сегодня доступно около 20 материалов из металла, и их число будет расти. Это не только стандартные сплавы, но и уникальные высокотехнологичные материалы, которые предприятие может заказать для решения конкретных задач.

Из металлических порошков изготавливаются функциональные детали и технические прототипы, штампы, прессовые вставки, элементы пресс-форм для литья и другие изделия. Напечатанная на металлических 3D-принтерах продукция находит применение в аэрокосмической, нефтегазовой, автомобильной, пищевой промышленности, машиностроении, электронике, медицине.

Виды сплавов, используемых в 3D-печати:

• нержавеющие (17-4PH, AISI 410, AISI 304L, AISI 316L, AISI 904L);

• инструментальные (1.2343, 1.2367, 1.2709);

• никелевые (Inconel 625, Inconel 718);

• цветных металлов (CuSn6);

• кобальт-хром (CoCr);

• алюминиевые (AlSi12);

• титановые (Ti6Al4V, Ti6Al4V).

Главное преимущество селективного лазерного плавления – это возможность создавать изделия исключительно высокой плотности и точности. Плотность напечатанных деталей в 1,5 раза выше, чем при литье. Кроме того, из металлических порошков можно вырастить мельчайшие детали сложных форм и фактур. 3D-печать металлами позволяет сократить цикл изготовления и уменьшить производственные расходы.

# слайд № 27

Воск.

Это незаменимый материал для создания высокоточных выплавляемых моделей. Основные отрасли применения 3D-печати воском – ювелирное дело и литейное производство.

Раньше создание восковок и мастер-моделей было трудоемкой задачей, решение которой включало несколько этапов. С появлением восковых 3D-принтеров эта технология постепенно уходит в прошлое.

Воск идеально подходит для печати в ювелирной отрасли благодаря своим свойствам – хорошей выплавляемости (при t от 60°С) и легкости в постобработке. Еще один плюс восковой 3D-печати заключается в том, что стандартными методами производства вы при всем желании не сможете изготовить два совершенно идентичных образца. А 3D-принтеру такая возможность доступна.

Пожалуй, единственный недостаток воска – его хрупкость. При создании мастер-моделей сложных форм с тонкими стенками постобработку следует выполнять аккуратно.

Восковые мастер-модели отличаются точностью и высоким качеством поверхности.

# слайд № 28

Гипс.

Гипс – материал в виде порошка, который используется в аддитивном производстве для создания:

• сувенирной продукции;

• моделей для презентаций;

• архитектурных и конструкторских макетов;

• дизайнерских арт-объектов;

• прототипов деталей.

Преимущества гипса – в простоте, эффективности и универсальности его использования в 3D-печати для изготовления различных изделий. Материал распределяется по поверхности рабочего стола, сверху наносится клеящее средство, после чего снова наносится тонкий слой гипсового порошка. Напечатанные на 3D-принтере гипсовые изделия могут иметь любые цвета: белый, синий, красный, фиолетовый и т.д. Цветовой спектр в отдельных принтерах достигает 6 миллионов оттенков.

# слайд № 29

В заключении, предлагаю вам посмотреть видеоролик посвященный будущему аддитивных технологий в России.