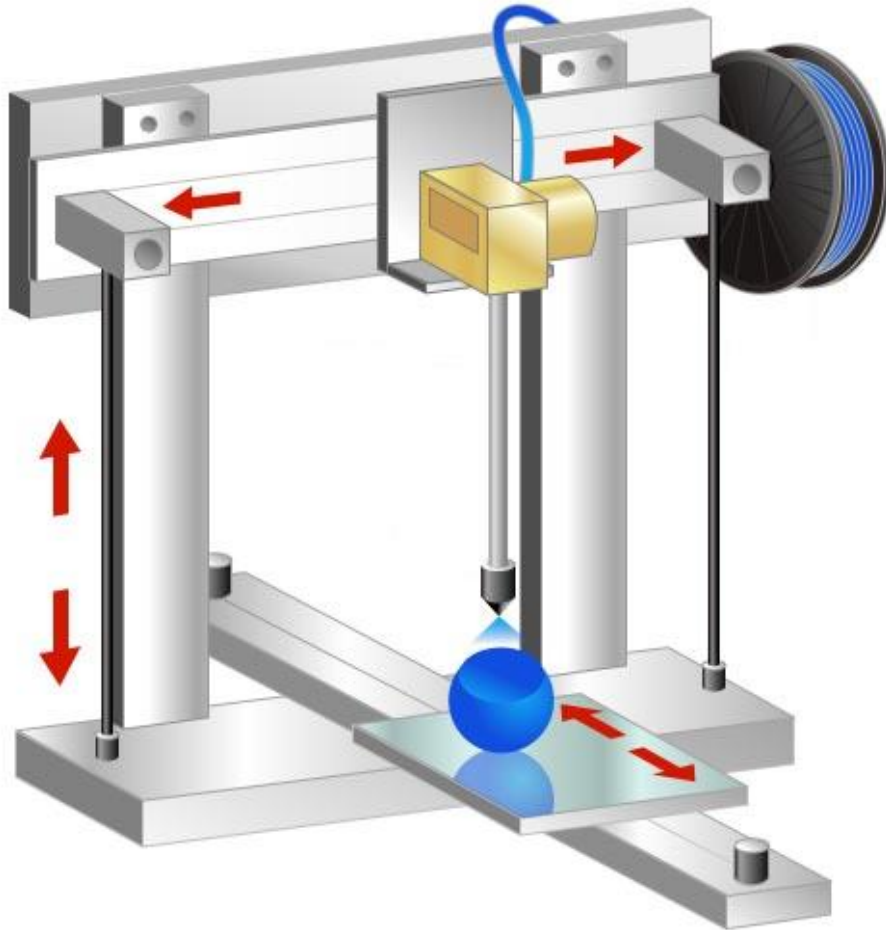


3D-принтеры FFF/FDM (#2)



Как они устроены, и как с ними
работать

О чём сегодня пойдёт речь



Основы

1. Что такое FFF/FDM
2. Из чего состоит 3D-принтер
3. С чего всё начиналось
4. Варианты под разные бюджеты
5. Немного про Picaso 3D Designer

Начинаем печатать

- A. Начало работы (на примере Flashforge Adventurer 5M Pro)
- B. Про пластики
- C. Слайсеры: Cura, Prusa, Orca

Изучаем слайсеры

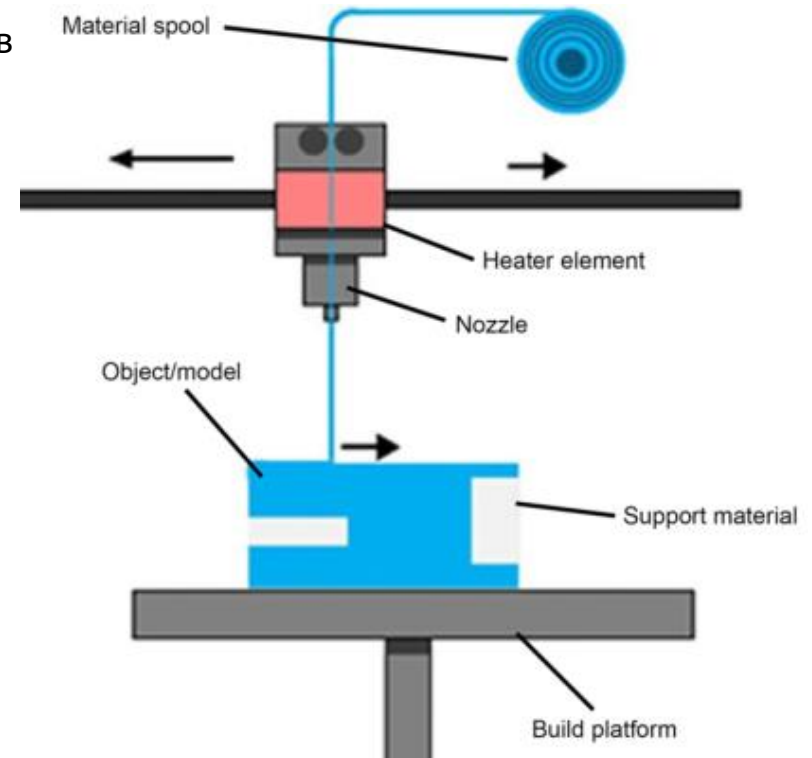
- 1) Разбираемся в структуре модели
- 2) Разбираемся в параметрах
- 3) Вспомогательные структуры

Разбираем проблемы и их решения

- I. Адгезия
- II. Влажность
- III. Образование паутинок
- IV. Неоптимальная экструзия

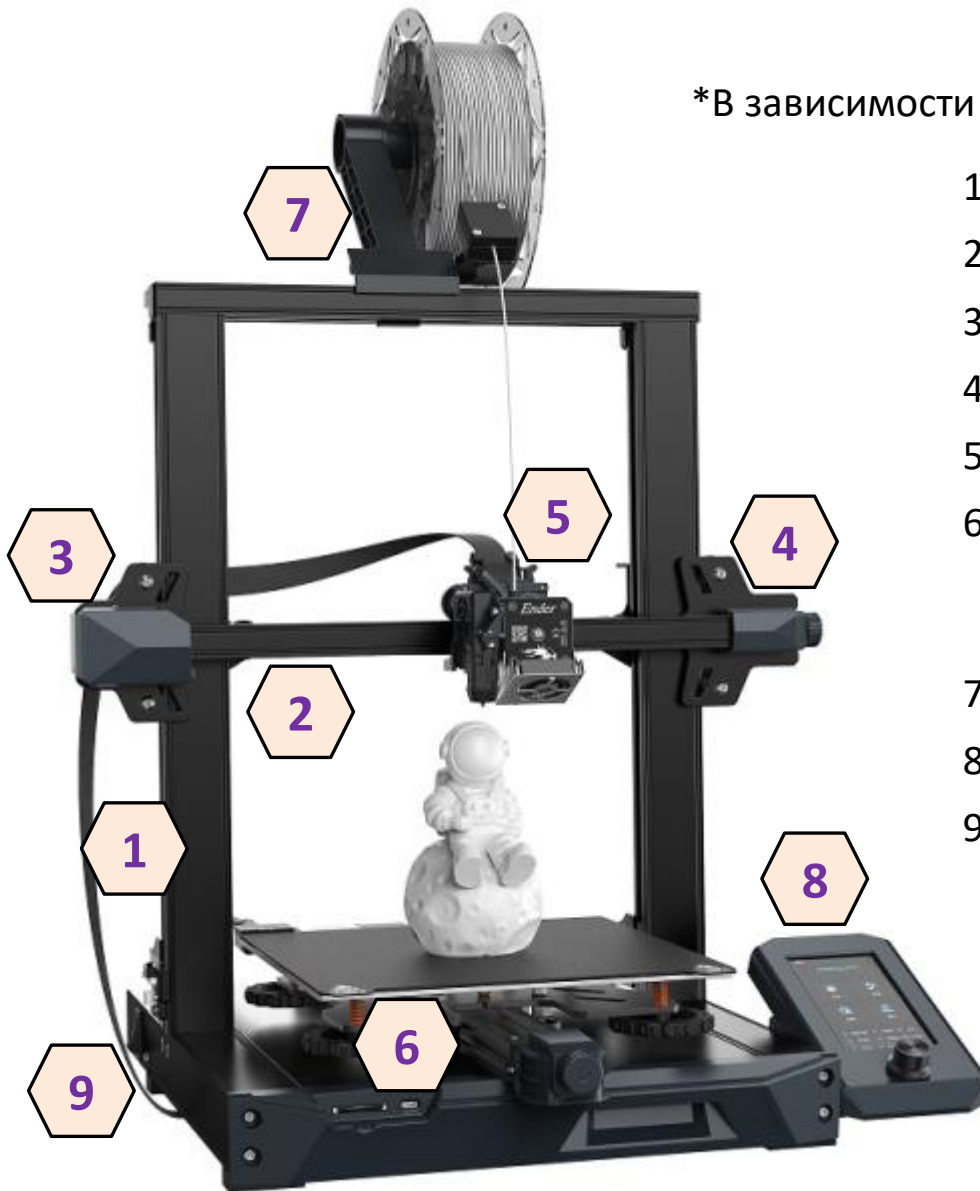
Что такое FDM/FFF?

- ❑ **FDM** (Fused Deposition Modeling) – моделирование методом послойного наплавления (в данном случае – пластика с различными присадками) – это технология компании Stratasys, запатентованная в 1989г.
- ❑ **FFF** (Fused Filament Fabrication) – послойное наплавление филамента – было придумано для обхода патента на FDM сотрудниками проекта RepRap в 2005 году. В 2009 году срок действия патента на FDM истёк, после чего 3D-принтеры резко подешевели и начали широко распространяться на потребительском рынке.
- ❖ Суть обеих технологий проста: материал подаётся в экструдер, где нагревается и расплавляется. Экструдер выдавливает горячий материал на подогретый стол через сопло малого диаметра. Такая печать может выполняться и на открытой среде, но лучше иметь закрытую камеру с системой терморегуляции – это улучшит адгезию, защитит материал от внешней среды и упростит контроль режима работы и свойств изделия.
- ❖ Собственно, наличие закрытой термокамеры – это и есть ключевой параметр, отличающий FDM-принтеры от FFF.
- ❖ Также FFF-принтеры используют “обычные” пластики: PLA, ABS, PETG, тогда как FDM могут работать с более экзотическими: нейлоном, TPU, PVA и др.



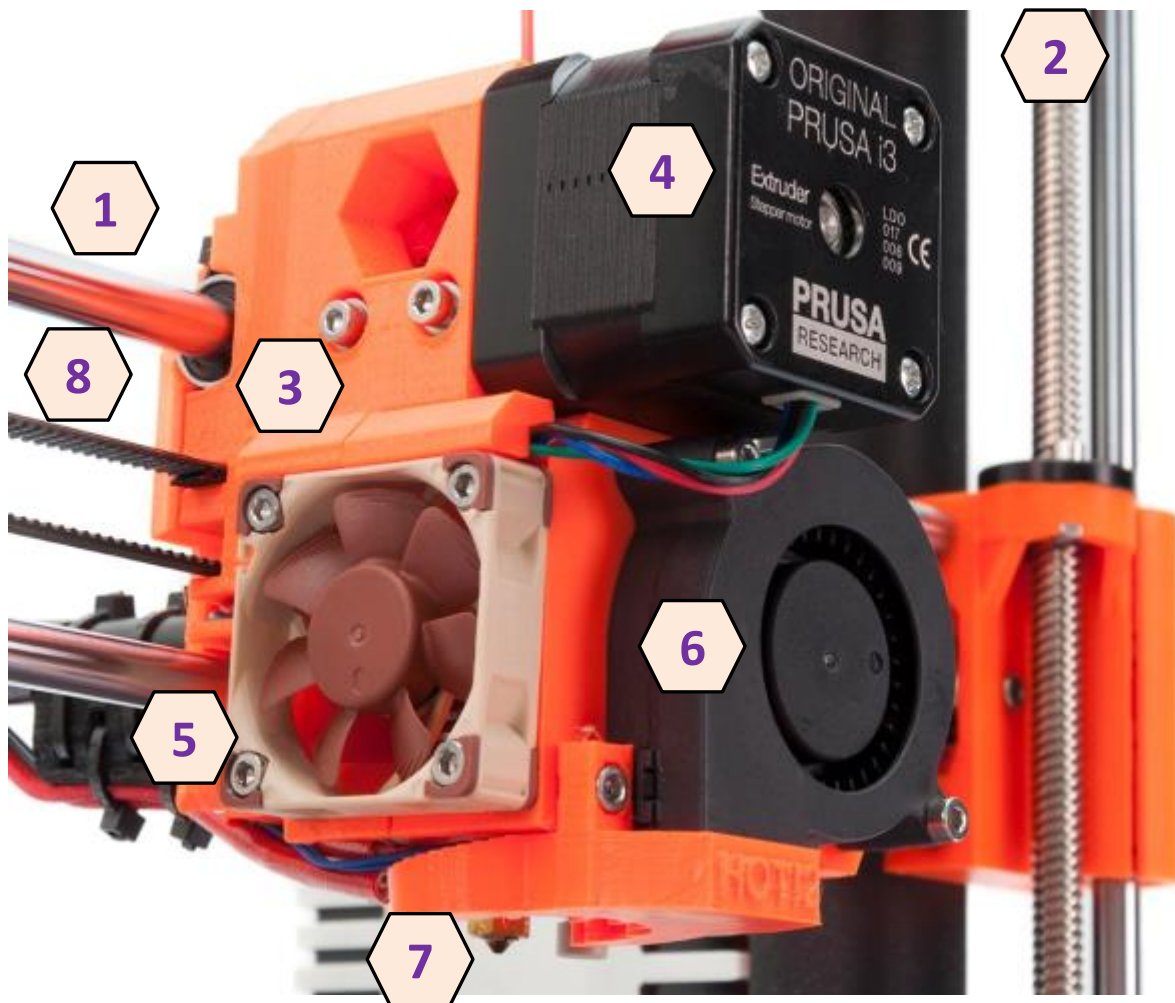
Из чего состоит 3D-принтер

*В зависимости от модели строение может различаться!



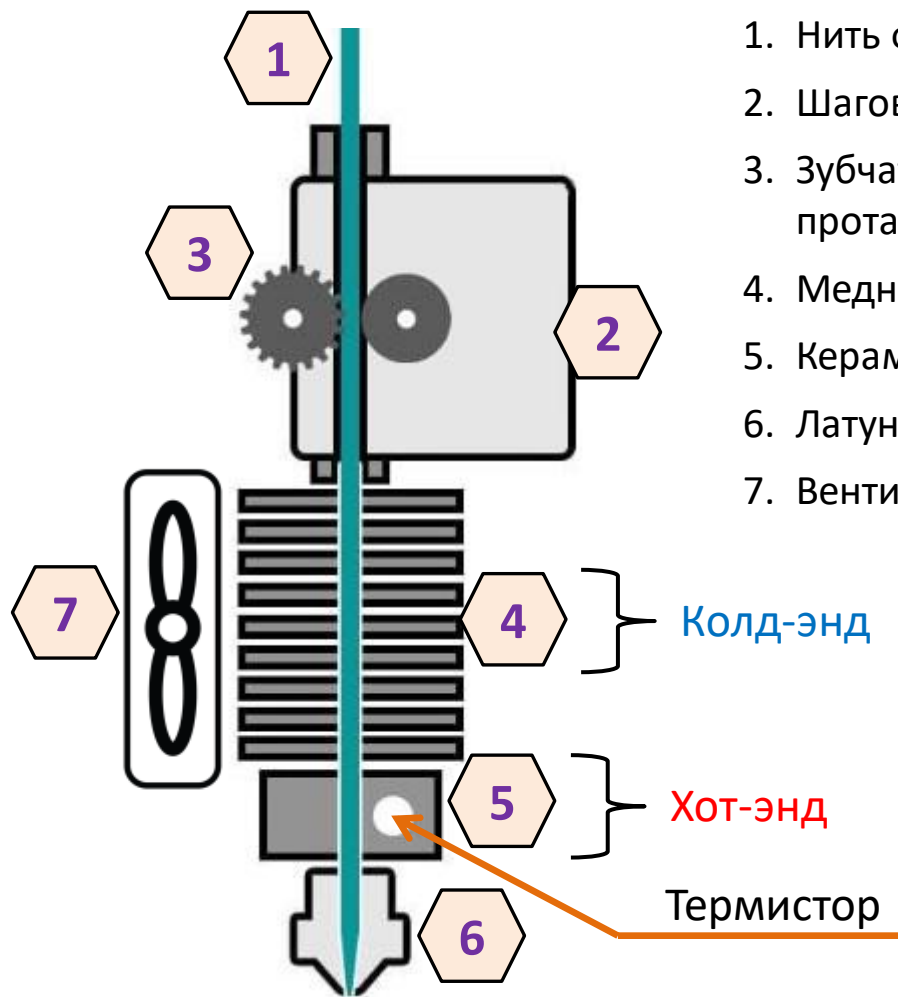
1. Алюминиевый каркас
 2. Направляющие экструдера
 3. Шаговый двигатель по Y
 4. Шаговый двигатель по X
 5. Экструдер
 6. Кровать (снизу нагревательный элемент + сверху поверхность для печати)
 7. Крепление филамента
 8. Сенсорный дисплей
 9. Блок питания
- ❖ У более продвинутых моделей имеется закрытая камера с вентиляцией и терморегуляцией

Из чего состоит экструдер

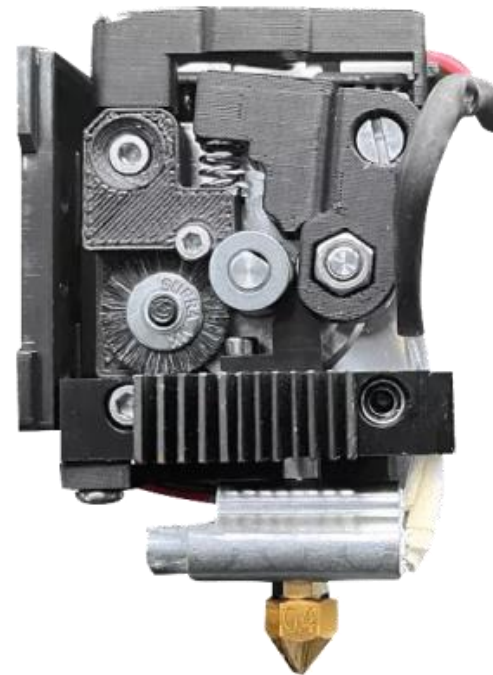


1. Направляющие по X
2. Подъёмный механизм по Y
3. Корпус
4. Шаговый двигатель E
5. Радиатор с вентилятором охлаждения нагревателя
6. Вентилятор охлаждения детали
7. Нагревательный элемент и сопло
8. Приводной ремень

Из чего состоит экструдер

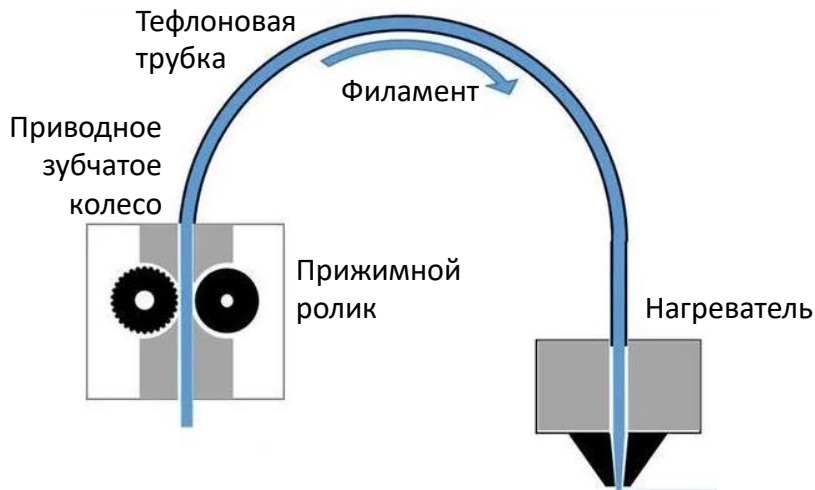


1. Нить филамента
2. Шаговый двигатель экструзии
3. Зубчатое колесо и прижимной ролик для проталкивания нити
4. Медный/алюминиевый радиатор
5. Керамический нагреватель
6. Латунное/стальное сопло
7. Вентилятор



Тип подачи филамента: Боуден или «директ»

Система экструзии Боудена



- Крепится на корпусе принтера;
- Филамент подаётся в экструдер через гибкую тефлоновую трубку.

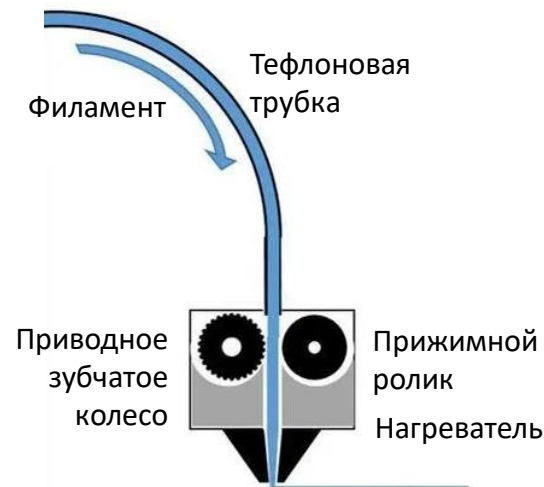
Плюсы:

- Меньше вес печатающей головки;
- Выше скорость;
- Меньше шум и вибрации;
- Проще и дешевле обслуживать.

Минусы:

- Выше инерционность (время отклика);
- Ограниченность по выбору материалов.

Прямая система подачи («директ»)



- Находится непосредственно в экструдере;
- Проталкивает нить в нагреватель.

Плюсы:

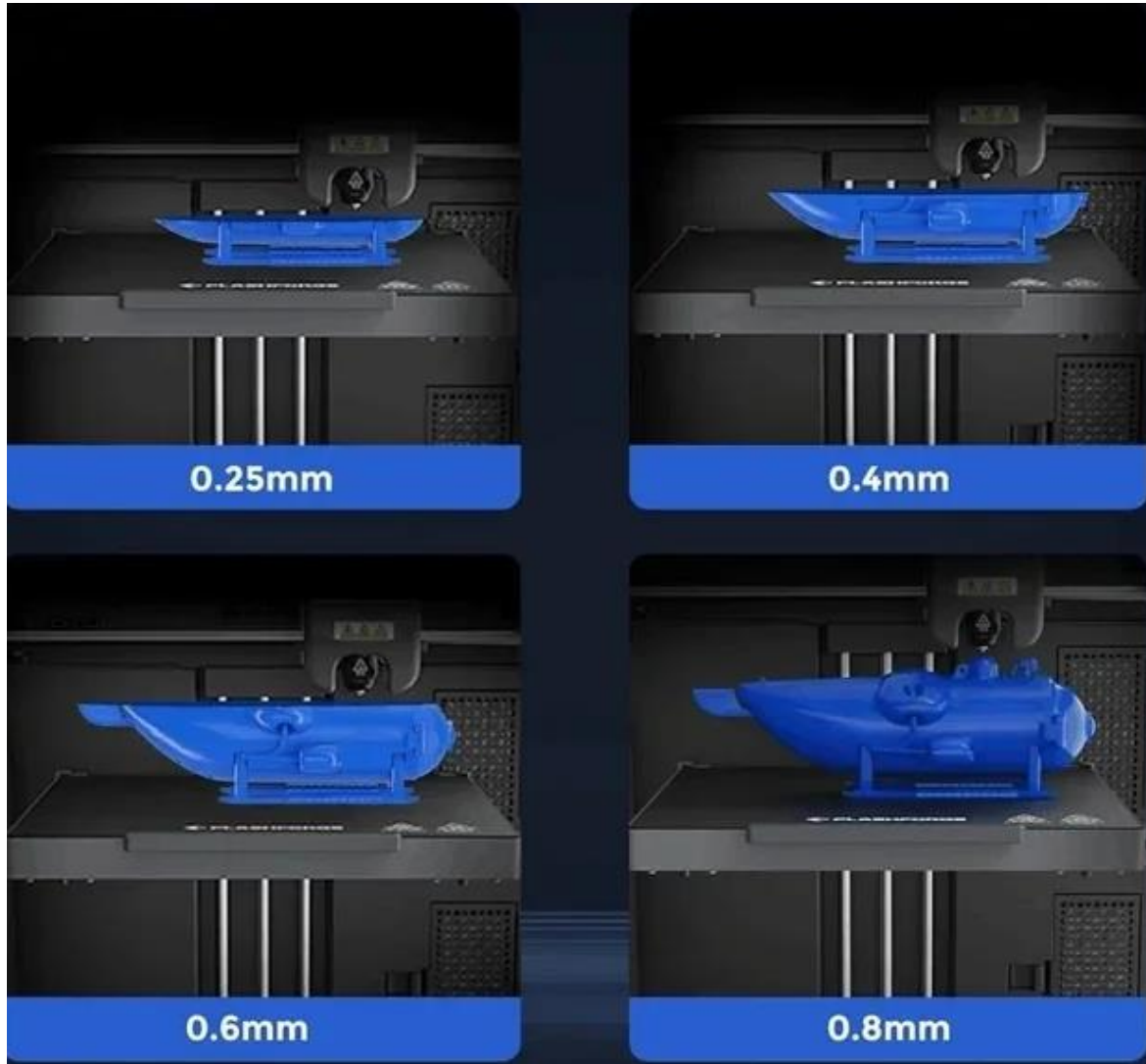
- «Всеядность» по филаментам;
- Более точное управление подачей/втягиванием нити (ретрактом);
- Более качественная экструзия;

Минусы:

- Сильнее влияние вибраций на печать;
- Сложность в обслуживании.

Про сопла

Стандартные диаметры: **0.2 мм**; **0.3 мм**; **0.4 мм**; **0.5 мм**; **0.6 мм**; **0.8 мм**; **1.0 мм**



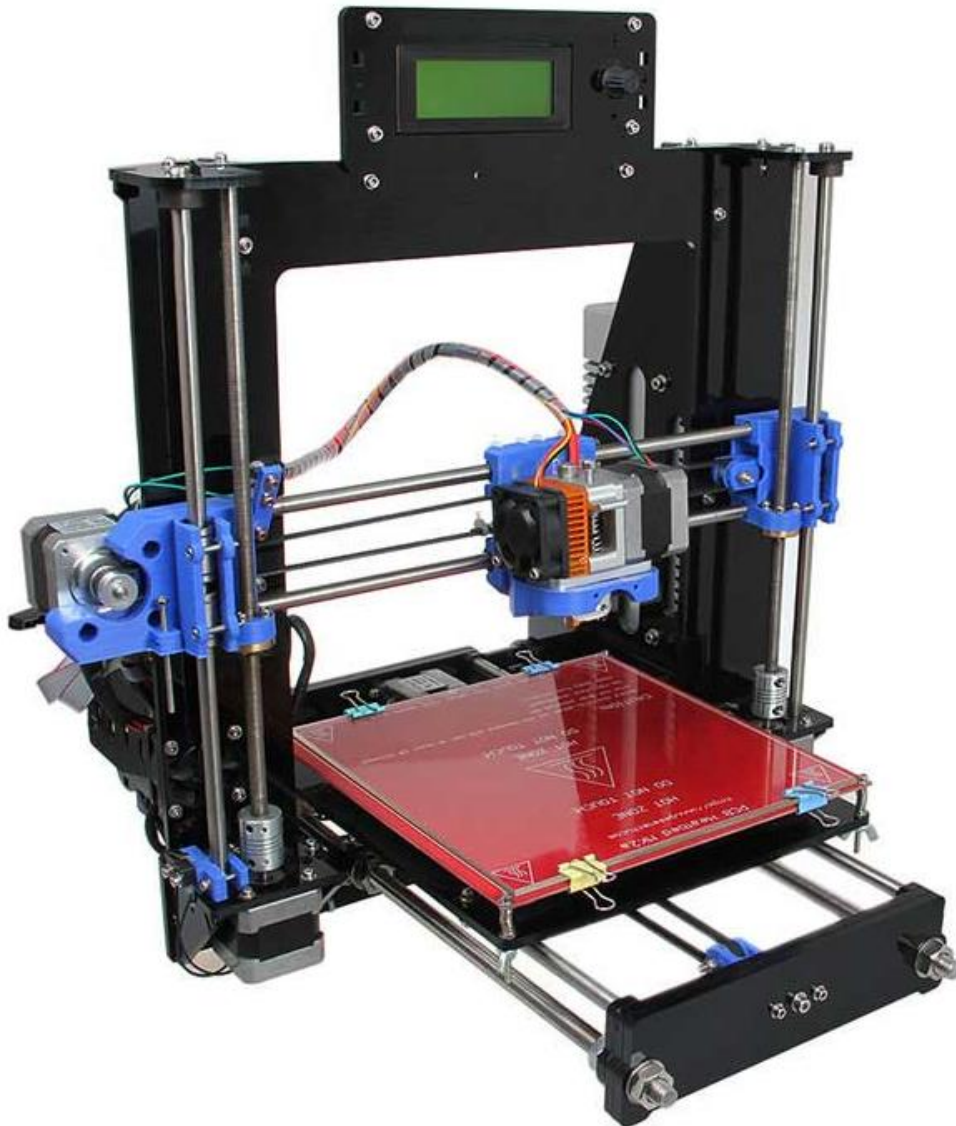
- **Больше диаметр – сильнее экструзия**, соответственно, выше скорость печати.
- Но, выше **скорость печати – сильнее вибрации**, следовательно, ниже качество.
- Сопла с большим диаметром необходимы при печати пластиками с **наполнителями** (например, с древесными опилками (Wood) или углеродными волокнами (Carbon Fiber))

0.2mm 0.3mm 0.4mm 0.5mm 0.6mm 0.8mm 1.0mm



Диаметр обычно выбит на самом сопле

RepRap – с чего всё начиналось



Prusa i3 RepRap – привет из 2012

- ❖ Стоил около 15.000 руб.
- ❖ Поставлялся в полностью разобранном виде
- ❖ Корпус собирается из плоских деталей, вырезанных из оргстекла
- ❖ Держатели шаговых двигателей напечатаны на таком же принтере
- ❖ Печатающая поверхность – обычное стекло. Крепится к нагревателю канцелярскими прищепками
- ❖ Приводной ремень отмеряешь, отрезаешь и натягиваешь сам
- ❖ Прошиваешь через Arduino Studio

Хочу в 3D-печать. Что выбрать из дешёвого?

Creality Ender-3



от 15.000 руб.

- Самый лёгкий вход в сферу 3D-печати
- Боуден экструдер
- Нужно собирать самому

Anycubic Kobra 2



от 20.000 руб.

- Если хочется печатать быстрее
- Директ экструдер
- Тоже нужно собирать самому

Elegoo Neptune 3 Pro



от 17.000 руб.

- Небыстрый, но живучий, ремонтпригодный и улучшаемый
- Директ экструдер
- Минимум самосборки

Насколько сложно собрать?



Creality Ender-3

- Внешний вид и комплект поставки
- Кровать уже собрана с завода
- Есть инструмент

Работы на 40 минут по инструкции



Вот так крепится экструдер

Хочу в 3D-печать. Есть немножко лишних денег

Creality K1C



от 40.000 руб.

- Высокая скорость печати
- Поддержка “сложных” пластиков (Carbon, Wood, абразивы)
- Камера с ИИ для слежения за печатью
- Собственный слайсер

Flying Bear Ghost 6



от 40.000 руб.

- Продуманная система термоконтроля
- Полностью собран
- Надёжный экструдер, подходящий для твёрдых материалов

Flashforge AD5M Pro



от 42.000 руб.

- Быстроръёмный и заменяемый хот-энд
- Высокая скорость печати
- Система фильтрации воздуха
- Наличие камеры и подсветки

Хочу в 3D-печать. Shut up and take my money!

Bambu Lab X1 Carbon Combo



от 200.000 руб.

- Автоматическая система подачи материалов
- Качество из коробки
- Высокая скорость
- Куча датчиков и лидар
- Собственный слайсер

Raise3D E2



от 380.000 руб.

- 2 независимых экструдера
- Большая область печати
- Высокое качество
- Дружелюбность к пользователю
- Своя экосистема

Picaso 3D Designer X PRO S2



от 550.000 руб.

- Поддержки отечественного производителя!
- 2 хотэнда на 430°C с быстрым переключением между материалами
- Внутреннее размещение филамента

Почему в первый раз не стоит покупать б/у



3D принтер flashforge adventurer 5m

32 660 Р

35 500 Р -8%

• Парнас ⚡ 6-10 мин.

Доставка от 1 дня

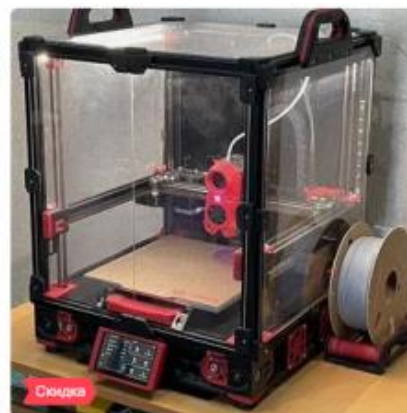


3D принтер Ender 3 V3 KE (новый)

27 000 Р

• Парнас ⚡ 6-10 мин.

Доставка от 1 дня



3D принтер Voron v2.4 r2 250x250

76 500 Р

85 000 Р -10%

• Петроградская ⚡ до 5 мин.



3D принтер Elegoo neptune 4 (klipper)

27 550 Р

29 000 Р -5%

• Парнас ⚡ 6-10 мин.

Доставка от 1 дня



3D принтер FlyingBear reborn2

20 000 Р

• Площадь А. Невского II ⚡ 16-20 мин.



3D принтер

10 000 Р

• Проспект Славы ⚡ 16-20 мин.

Доставка от 1 дня

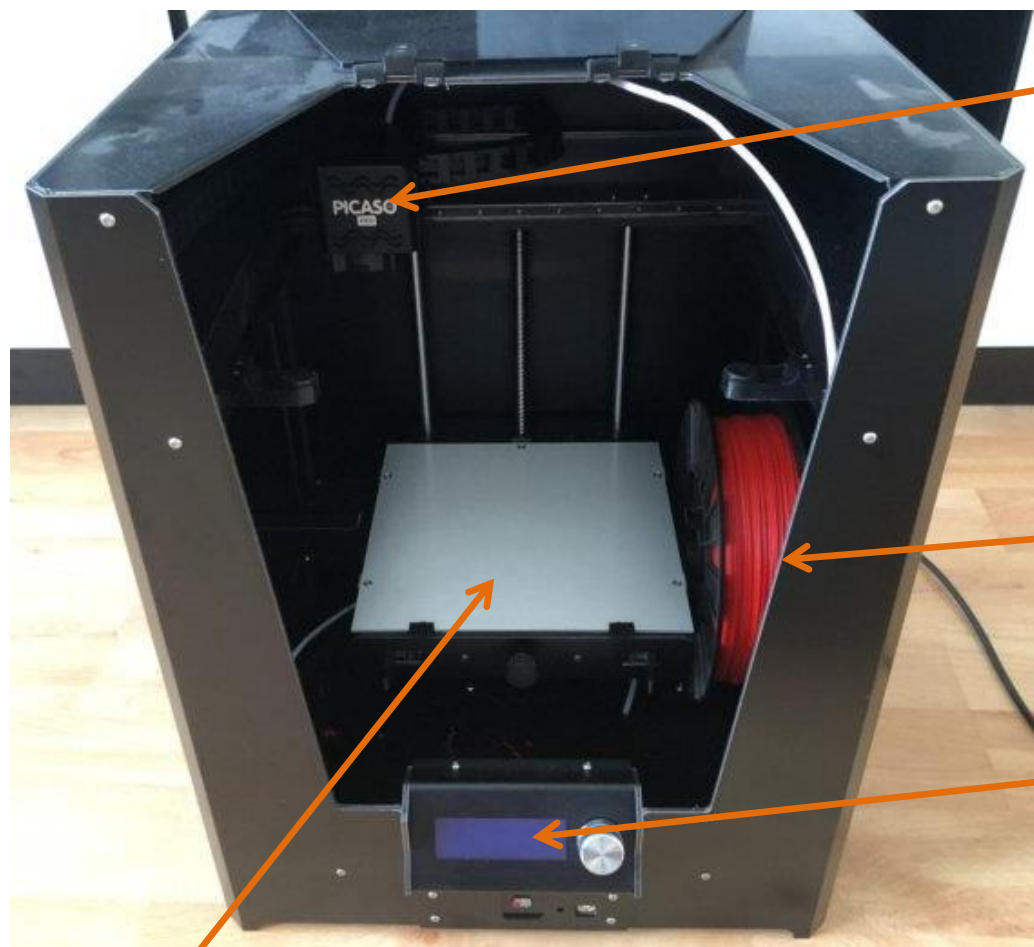
Работающий 3D-принтер и правильно работающий 3D-принтер – две большие разницы!

С чем можно столкнуться

Например:

- Перегрел экструдер, погнул направляющие, полез править прошивку без бэкапа – как результат, качественной печати можно не ждать;
- Механический износ (после 20.000 часов печати);
- Умиравший нагреватель (не греется до нужной температуры или не держит температуру);
- Банальный “развод”.

Немного о Picaso Designer (1 поколения)



Экструдер с двумя хотэндами.
Переключается хорошо.
Но 1 нагреватель оказался полумёртвым. Цена нового – 15.000 руб.

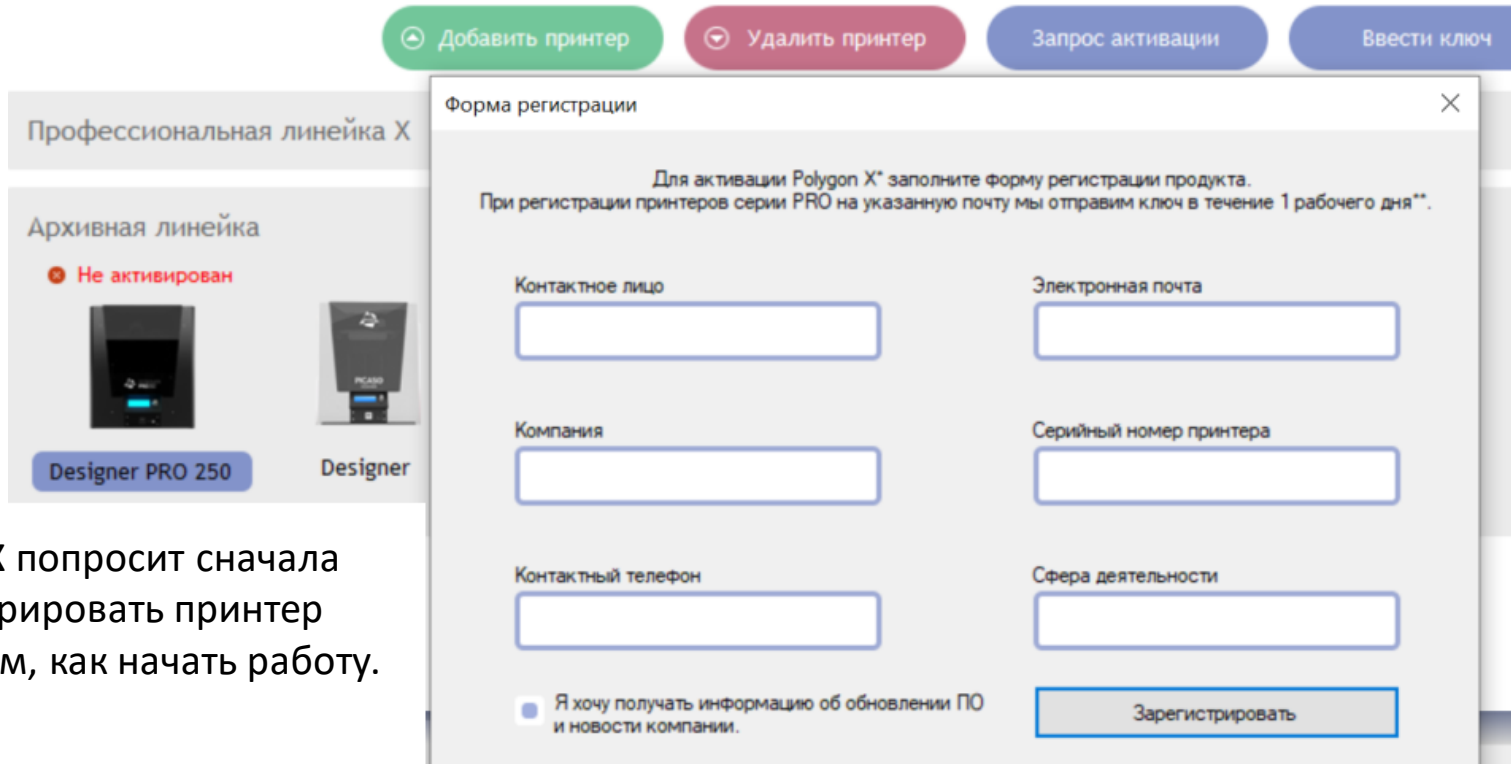
Острые края на корпусе? А ты не хватайся. Зато металлический.

Контроллер может работать, а может зависнуть.
Карты памяти может читать, а может не читать.

- Обычное стекло. Чтобы его снять, в комплекте с принтером идёт столярная стамеска.
- А чтобы детали при печати не срывались, в комплекте идёт баллончик лака для волос.

Немного о Picaso Designer (1 поколения)

Сегодня, пожалуй, все производители принтеров предоставляют “однокнопочные” программы для подготовки задания (слайсинга) и отправки его на принтер. И отечественная компания Picaso 3D не исключение

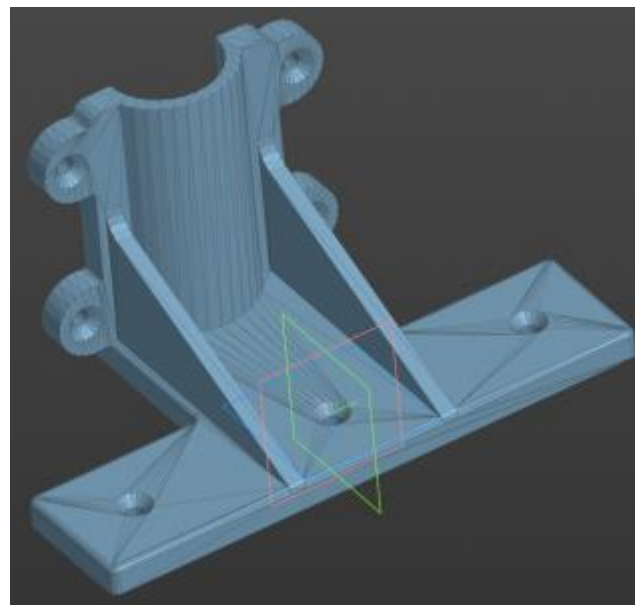
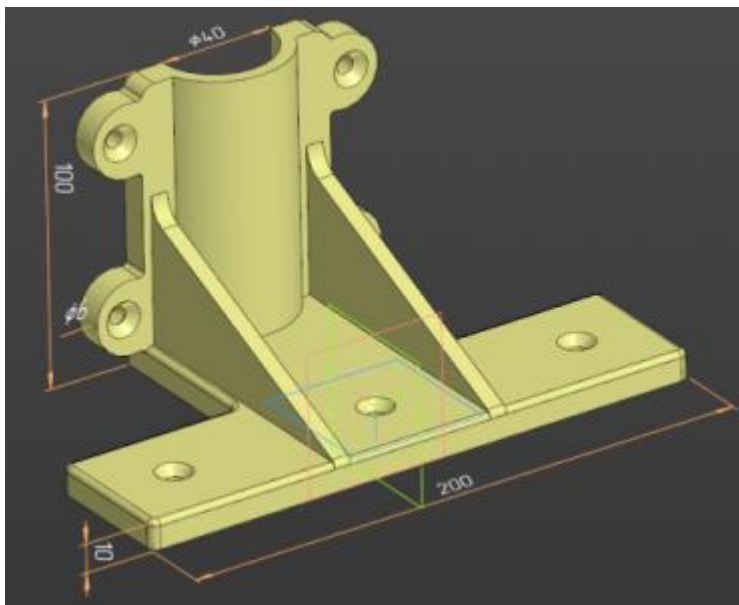


- **PolygonX** попросит сначала зарегистрировать принтер перед тем, как начать работу.

- Чтобы получить ключ активации принтера, надо заполнить форму.
- Программа отправит эту форму на email техподдержки.
- В ответ сотрудник техподдержки пришлёт ключ (“в течение 1 рабочего дня”).
- Но если программу закрыть (или она вылетит), то заявку придётся заполнять заново...

Вспомним, что нужно для печати

- ❑ Подготовить 3D-модель (полигональную или твердотельную CAD – не важно);
- ❑ Сконвертировать модель в полигональный формат STL;



- Загрузить STL-файл в программу слайсер для нарезки на слои;



- Настроить параметры материала, принтера и нарезки;
- Сформировать G-Code и отправить его на принтер (с помощью Wi-Fi, LAN, USB или microSD).

Включаем принтер, запускаем программу

❖ У Flashforge тоже есть своя программа для “однокнопочной” печати – **Flash Print**

Соединить с принтером

IP адрес Автоматическое сканирование

IP Адрес (порт):

192 . 168 . 2 . 114 : 8899

Соединить с принтером

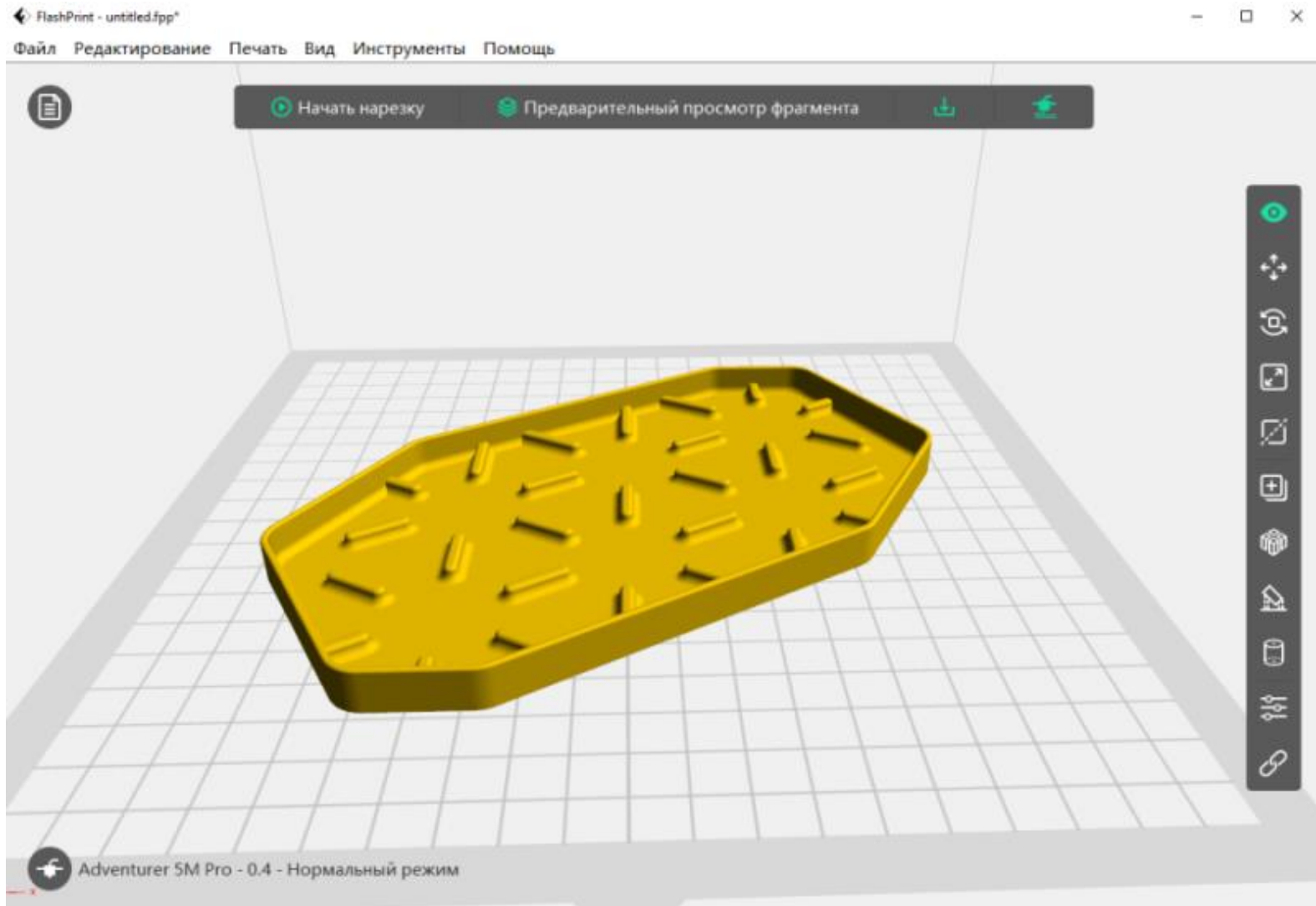
FlashPrint

Тип принтера:	Flashforge Adventurer 5M Pro
Название принтера:	Hrush 5M Pro
Версия прошивки:	v3.1.5
Серийный номер:	SNMOMD9C03032
Размер печати:	X 220MM, Y 220MM, Z 220MM
Количество экструдеров:	1

Подключаемся по локальной сети (LAN или Wi-Fi) и видим информацию о принтере

Включаем принтер, запускаем программу

- ❖ Теперь можно добавить деталь из STL файла.



Размещаем модель, режем на слои

❖ После чего запустить нарезку, указав профиль для вашего пластика (PLA или PETG).



Вид



Двигать



Вращать



Масштабировать



Разрез



Дублирование



Авто расположение



Поддержка



Черновая башня

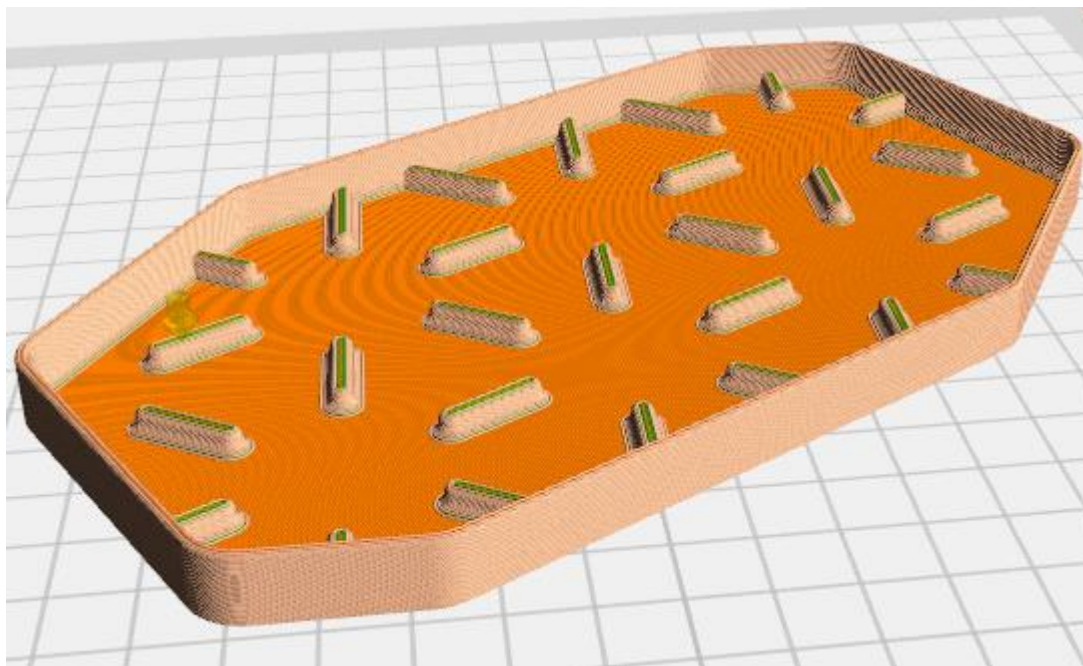


Управление принтерами



Соединиться с принтером

Открываем STL-файл, жмём “Нарезать”,
и она нарезает:



Структура ▾

Только текущий слой

Втягивание

Starter_Plant_Grower_Plane_For_6_Seeds.gx

Слои : 47 / 9.5mm

Шаги : 279

Можно посмотреть модель по слоям

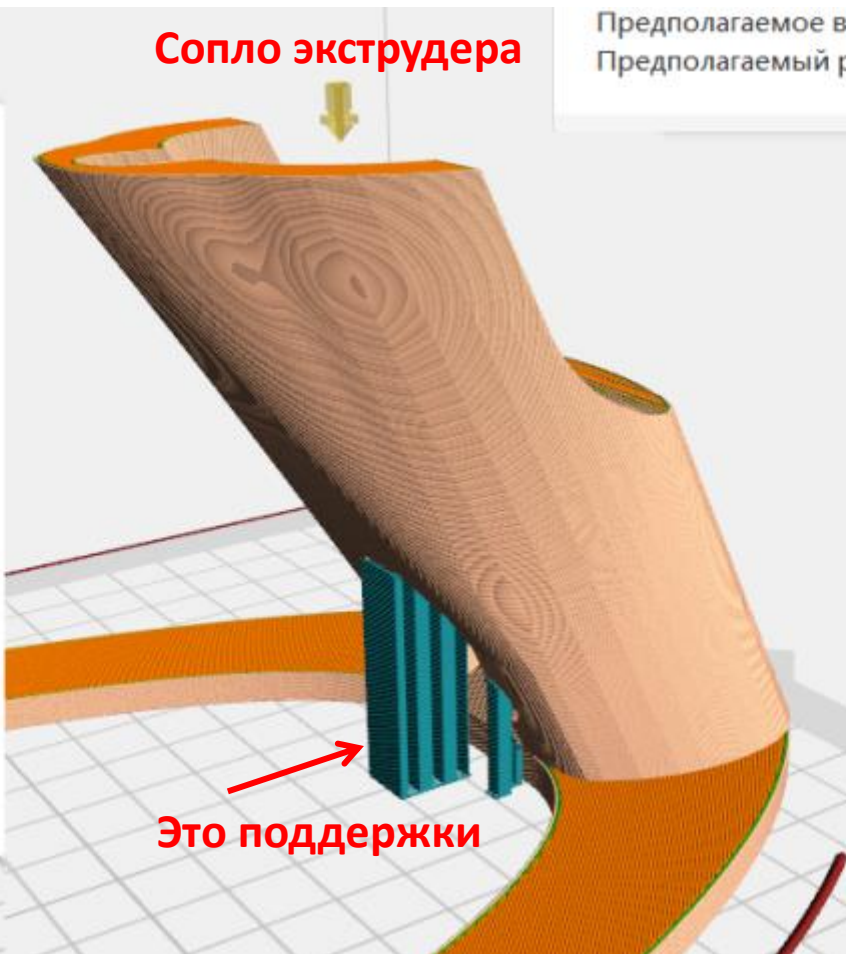
Настройка нарезки

- ❖ На самом деле тут тоже достаточно много параметров, но по умолчанию они все скрыты. Программа использует готовые профили от производителя.

принтер	Высота слоя		Базовый режим >
Общие	Режим высоты слоя	Фиксированная высота слоя	Сохранить конфигурацию
Оболочки	Высота слоя	0,20mm	Значения по умолчанию
Заполнение	Толщина первого слоя	0,30mm	Импорт
Поддержка	Скорость		Экспорт
Подложка	Основная скорость печати	200mm/s	Удалить
Добавления	Скорость перемещения экструдера	400mm/s	Сохранить как новый
Охлаждение	Минимальная скорость	20mm/s	
Дополнительные	Максимальная скорость для первого слоя	40mm/s	
Другие	Максимальная скорость перемещения для первого слоя	100mm/s	
	Замедлите первые несколько слоев	1	
	Максимальная скорость первых нескольких слоев	80mm/s	
	Замедлить для углов свеса		
	Включить "Замедлить для углов свеса"	Да	
	Максимальная скорость при угле свеса >75%	20mm/s	

Структура модели после нарезки

- ❖ Модель состоит из множества слоёв. Справа показан машинный G-код – это команды управления вращением шаговых двигателей.



Предполагаемое время печати: 2 Часы 17 Минуты
Предполагаемый расход материала: 65.96г / 21.59м














Структура

- Заполнение
- Сплошная заливка
- Мост
- Внутренняя оболочка
- Внешняя оболочка
- Поддержка
- Брим
- Подложка
- Черновая башня
- Стена
- Перемещаться
- Втягивание
- Другие

```
269978 M107
269979 M107 P101
269980 G1 E602.2159 F2100
269981 G1 Z88.060 F3000
269982 G1 X-1.30 Y-35.66 F6000
269983 ;end gcode
269984 M104 T0 S0
269985 M140 S0
269986 M101 P102
```

Положение X: -1.3, Y: -35.66, Z: 88.06

Структура модели после нарезки

-  **Заполнение (Sparse Infill)** – несплошное заполнение внутреннего объёма модели.
-  **Сплошная заливка (Solid Fill)** – заливка внутренних полостей детали сплошными линиями.
-  **Мост (Bridge)** – слой пластика, соединяющий два элемента, между которыми пустота.
-  **Внутренняя оболочка (Inner Shell)** – внутренние стенки детали.
-  **Внешняя оболочка (Outer Shell)** – наружные стенки детали.
-  **Поддержка (Support)** – вспомогательные столбики или ветви, помогающие при печати консольно висящих элементов (например, П и Г-образных структур).
-  **Брим (Brim)** – “юбка” вокруг первого слоя детали, увеличивающая площадь контакта со столом.
-  **Подложка (Raft)** – опорная сетчатая структура, типа строительных лесов, на которой сверху будет печататься деталь.
-  **Черновая башня (Wiping Tower)** – специальный цилиндр, который печатается рядом с деталью. Нужен для “вытирания соплей” при замене филамента.
-  **Стена (Wall)** – наружная оболочка, которая печатается вокруг детали. Используется при печати двумя экструдерами. Защищает деталь от “соплей” второго экструдера.
-  **Перемещаться (Travel)** – пути свободного перемещения экструдера
-  **Втягивание (Retraction)** – где экструдер будет втягивать нить, чтобы не оставлять “сопли”.
-  **Другие (Others)** – прочие структуры.

Пластики для начинающих

PLA

1500 руб./кг



- ❖ Самый “простой” и неприхотливый до настроек биопластик
 - ❖ Делается из кукурузы, является биоразлагаемым
 - ❖ Не токсичен
 - ❖ Не даёт усадки при печати
 - Невысокая прочность на излом; хрупкий
 - Напечатанная деталь имеет выраженную слоистую структуру
 - ❑ Температура нагревателя: **195 – 220°C**
 - ❑ Температура стола: **45 – 60°C**
-

PETG

1100 руб./кг



Внешне на катушке нити PLA, ABS, PETG и др. – все выглядят одинаково

- ❖ Самый дешёвый пластик
- ❖ Не токсичен
- ❖ Распечатанные детали имеют более гладкую поверхность
 - Не биоразлагаемый
 - Желательно использовать термокамеру во избежание усадки
 - Очень гигроскопичен, требует просушки
 - Не любит высокие скорости печати
 - Бывает сложно подобрать правильные настройки
- ❑ Температура нагревателя: **235 – 255°C**
- ❑ Температура стола: **60 – 80°C**

Разновидности PLA

HS (High Speed)

1800 руб./кг



- ✓ Содержит добавки для печати на **высокой скорости**
- ✓ Более **высокая температура** сопла
- ✓ Лучшая **механическая стойкость**

LW (Low Weight)

2200 руб./кг



- ✓ Имеет пористую структуру, соответственно, деталь **меньше весит** при том же объеме.

Silk

1600 руб./кг



- ✓ Имеет гладкую **блестящую структуру**
- ✓ **Хорошо гнётся**, не такой ломкий как обычный PLA

Chameleon

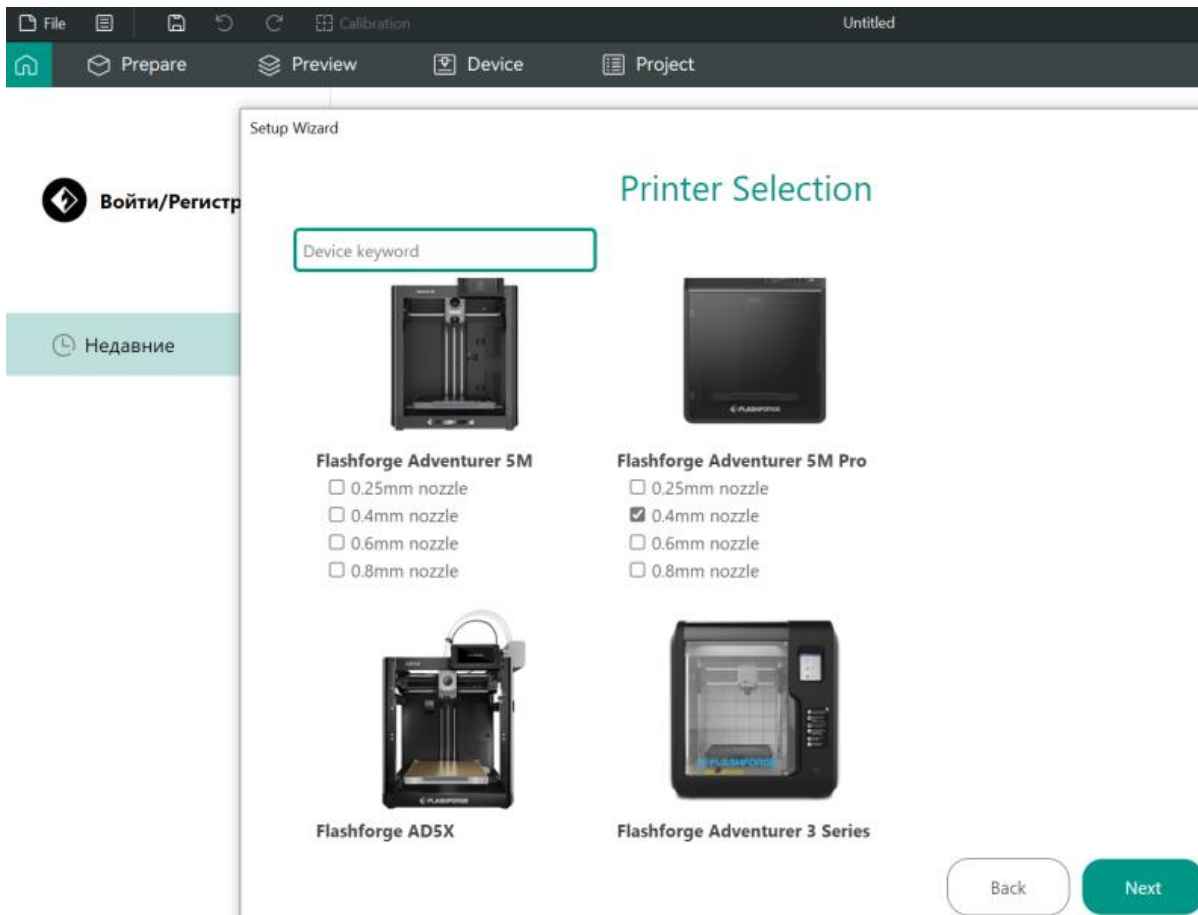
2500 руб./кг



- ✓ **Меняет цвет** при изменении направления взгляда
- ✓ Может содержать **блётки**

Вперёд к серьезным инструментам – Orca Slicer

- ❖ Если вы хотите получить максимальный контроль над принтером – вам нужен полнофункциональный слайсер. В случае с AD5M это **Orca Slicer**.
- ❖ Каждый производитель принтера предоставляет готовые профили для самых ходовых пластиков под какой-нибудь из этих слайсеров.



- Устанавливаем, запускаем
- Создаём аккаунт для поддержки функций отправки заданий и мониторинга через облако.
- Выбираем принтер из списка и указываем диаметр сопла.

Вперёд к серьезным инструментам – Orca Slicer

- Далее выбираем интересующие нас пластики:

Системные прутки

Пользовательские прутки

Тип прутка: Все PLA ABS TPU ASA HIPS PETG PA-CF
 PA6-CF PET-CF PETG-CF SILK PLA-CF PPA-CF PPA-GF
 PPS-CF PVA

Производитель: Все Generic

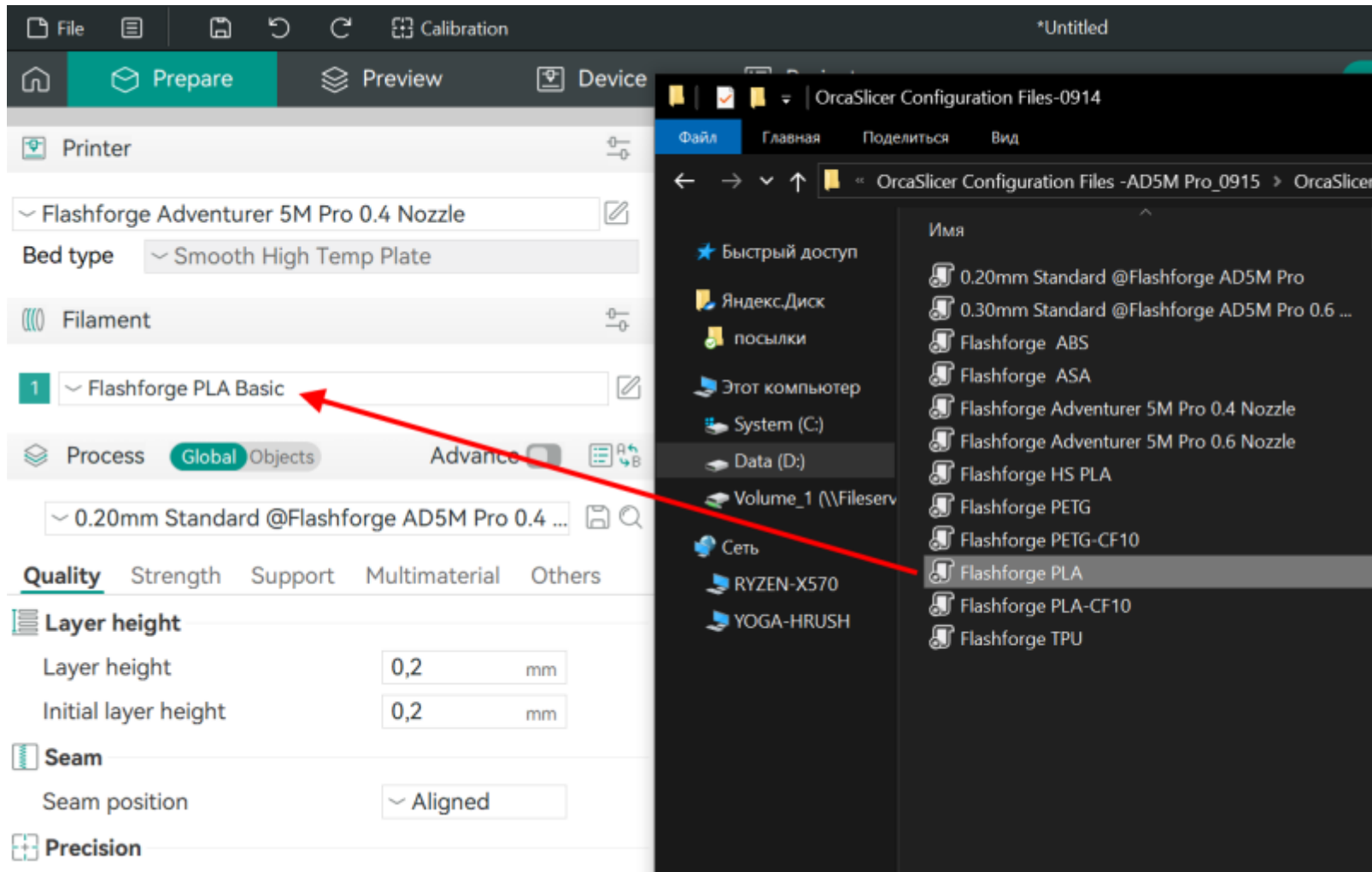
Все

Очистить всё

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Flashforge ABS Basic | <input type="checkbox"/> Flashforge PA6-CF | <input checked="" type="checkbox"/> Flashforge PLA Basic |
| <input type="checkbox"/> Flashforge ASA Basic | <input type="checkbox"/> Flashforge PA66-CF | <input type="checkbox"/> Flashforge PLA Color Chang |
| <input type="checkbox"/> Flashforge ASA-CF | <input type="checkbox"/> Flashforge PET-CF | <input type="checkbox"/> Flashforge PLA Galaxy |
| <input type="checkbox"/> Flashforge HIPS | <input checked="" type="checkbox"/> Flashforge PETG Basic | <input type="checkbox"/> Flashforge PLA Luminous |
| <input type="checkbox"/> Flashforge HS PETG | <input type="checkbox"/> Flashforge PETG Pro | <input type="checkbox"/> Flashforge PLA Matte |
| <input checked="" type="checkbox"/> Flashforge HS PLA | <input type="checkbox"/> Flashforge PETG Transparent | <input type="checkbox"/> Flashforge PLA Metal |
| <input type="checkbox"/> Flashforge PA12-CF | <input type="checkbox"/> Flashforge PETG-CF | <input type="checkbox"/> Flashforge PLA Pro |

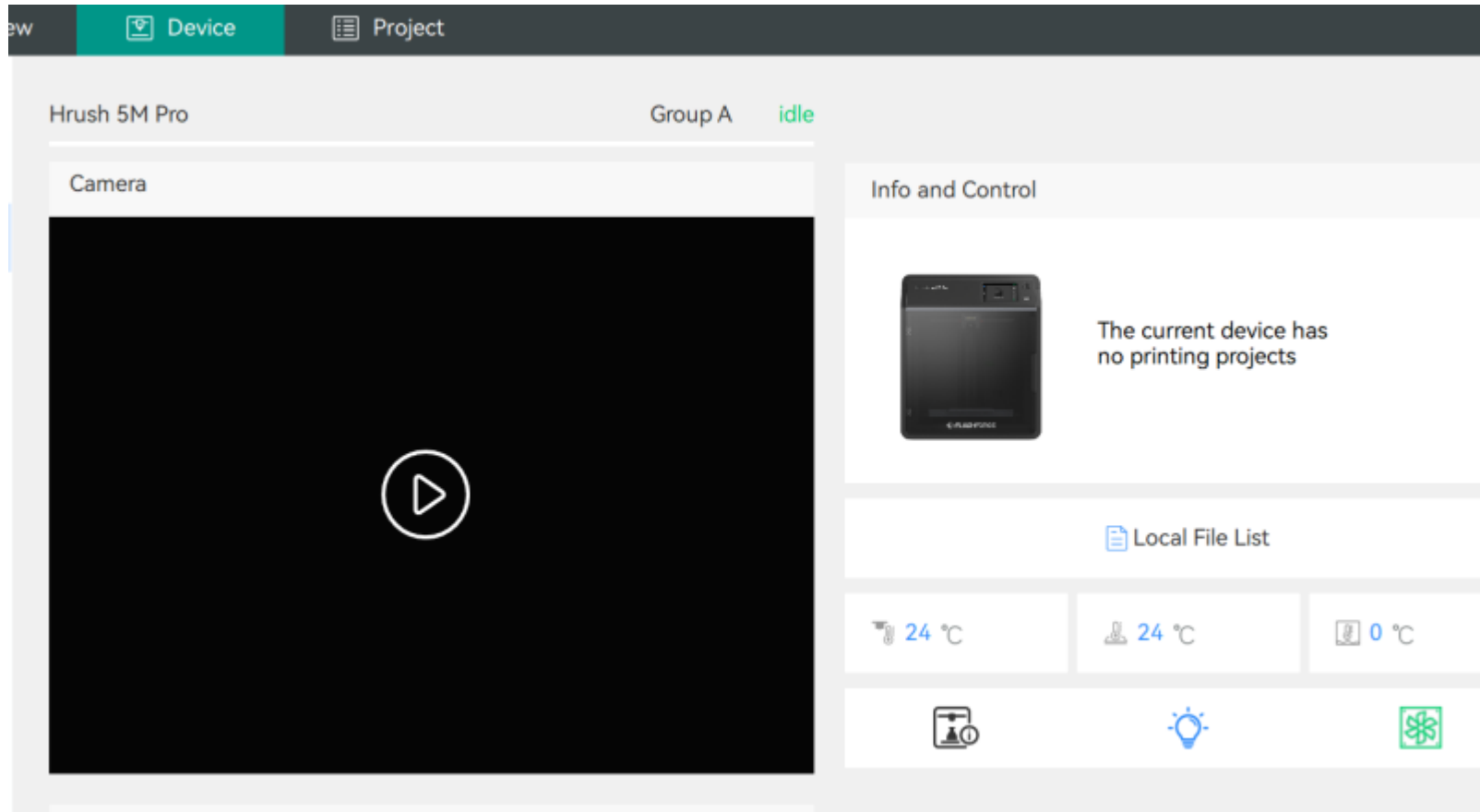
Вперёд к серьезным инструментам – Orca Slicer

- ❖ Загружаем профиль для выбранного пластика (берутся с сайта производителя)



Вперёд к серьезным инструментам – Orca Slicer

- ❖ Orca умеет отправлять задания и мониторить процесс не только в локальной сети, но и через облако.
- ❖ Есть мобильное приложение.



Камера внутри принтера покажет, как идёт печать

Пора разбираться в настройках Orca Slicer

❖ Стоит ли однозначно доверять профилям от производителя – не всегда!

Flashforge PETG Basic

Advanced

Filament **Cooling** Setting Overrides Advanced Multimaterial Notes

Cooling for specific layer

No cooling for the first layers

Full fan speed at layer layer

Part cooling fan

Min fan speed threshold	Fan speed	<input type="text" value="80"/> %	Layer time	<input type="text" value="30"/> s
Max fan speed threshold	Fan speed	<input type="text" value="100"/> %	Layer time	<input type="text" value="8"/> s

Keep fan always on

Slow printing down for better layer cooling

Don't slow down outer walls

Min print speed mm/s

Force cooling for overhangs and bridges

Cooling overhang threshold %

Fan speed for overhangs %

Support interface fan speed %


Профили для одного и того же принтера, для одного и того же пластика в **Orca** и **Flash Print** отличаются!

Например, тут стоит очень высокий обдув для PETG.

Пора разбираться в настройках Orca Slicer

❖ Стоит ли однозначно доверять профилям от производителя – не всегда!

Filament Cooling **Setting Overrides** Adva

 **Retraction**

<input type="checkbox"/> Length	0.8	mm
<input type="checkbox"/> Z hop when retracting	0.4	mm
<input type="checkbox"/> Z hop type	∨ Auto	
<input type="checkbox"/> Only lift Z above	0	mm
<input type="checkbox"/> Only lift Z below	0	mm
<input type="checkbox"/> On surfaces	∨ All Surfaces	
<input type="checkbox"/> Retraction speed	35	mm/s
<input type="checkbox"/> Deretraction speed	35	mm/s
<input type="checkbox"/> Extra length on restart	0	mm
<input type="checkbox"/> Travel distance threshold	1	mm
<input type="checkbox"/> Retract on layer change	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Wipe while retracting	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Wipe distance	2	mm
<input type="checkbox"/> Retract amount before wipe	100	%

← А тут слишком слабый ретракт (втягивание пластика при перемещении экструдера)

Вернёмся к настройкам - Качество

❖ Сопло 0.4 мм имеет три пресета качества печати:

Грубый (высота слоя 0.24 мм)

Нормальный (высота слоя 0.2 мм)

Точный (высота слоя 0.12 мм)

Quality Strength Speed Support Multimat

Layer height

Layer height 0.2 mm

First layer height 0.3 mm

Line width

Default 0.42 mm or %

First layer 0.5 mm or %

Outer wall 0.42 mm or %

Inner wall 0.45 mm or %

Top surface 0.42 mm or %

Sparse infill 0.45 mm or %

Internal solid infill 0.42 mm or %

Support 0.42 mm or %

При этом толщины линий настраиваются отдельно для разных участков модели.

Эти параметры берутся из пресета, и их можно не трогать.

По умолчанию

Первый слой

Внешняя стенка

Внутренняя стенка

Верхняя поверхность

Внутреннее разреженное заполнение

Внутреннее сплошное заполнение

Поддержки

Вернёмся к настройкам - Прочность

❖ Прочность зависит от процента и паттерна заполнения детали пластиком

Quality **Strength** Speed Support Multimate

Walls — *Сколько будет слоёв у стенки*

Wall loops: 2

Alternate extra wall:

Detect thin walls:

Top/bottom shells

Top surface pattern: Monotonic ...

Top shell layers: 5 layers

Top shell thickness: 1 mm

Bottom surface pattern: Monotonic

Bottom shell layers: 3 layers

Bottom shell thickness: 0 mm

Top/Bottom solid infill/wall overlap: 25 %

Infill

Sparse infill density: 25 %

Sparse infill pattern: Rectilinear

Sparse infill anchor length: 4mm or %

Maximum length of the infill anchor: 20 mm or %

Internal solid infill pattern: Monotonic

Apply gap fill: Nowhere

Filter out tiny gaps: 0.5 mm

Infill/wall overlap: 50 %

Как заполнять верхнюю и нижнюю поверхности

Как заполнять деталь внутри

❑ Самый важный параметр тут – **Sparse Infill density** – плотность разреженного заполнения. По умолчанию обычно это 15-25%

Вернёмся к настройкам - Скорость

❖ Всегда хочется печатать побыстрее

Quality Strength **Speed** Support M...

🕒 First layer speed

First layer	30	mm/s
First layer infill	40	mm/s
Initial layer travel speed	100	mm/s or %
Number of slow layers	1	layers

Первый слой медленно – чтобы пластик хорошо прилип к столу

🕒 Other layers speed

Outer wall	90	mm/s	Скорость печати внутренних стенок
Inner wall	80	mm/s	Скорость печати наружных стенок
Small perimeters	50%	mm/s or %	Скорость печати мелких замкнутых контуров
Small perimeters threshold	0	mm	
Sparse infill	120	mm/s	Скорость печати при неравномерном заполнении
Internal solid infill	110	mm/s	Скорость печати при равномерном заполнении
Top surface	80	mm/s	Скорость печати верхней грани
Gap infill	110	mm/s	Скорость заполнения пустот

Вернёмся к настройкам - Поддержки

❖ Настройки печати поддержек и других суперструктур

Quality Strength Speed **Support** Multimaterial

Support *По умолчанию*

Enable support *поддержки выключены*

Type

Style

Threshold angle °

First layer density %

First layer expansion mm

On build plate only *Создавать поддержки только от стола*

Remove small overhangs

Raft

Raft layers layers *Создать под моделью “леса” для большей структурной прочности и адгезии*

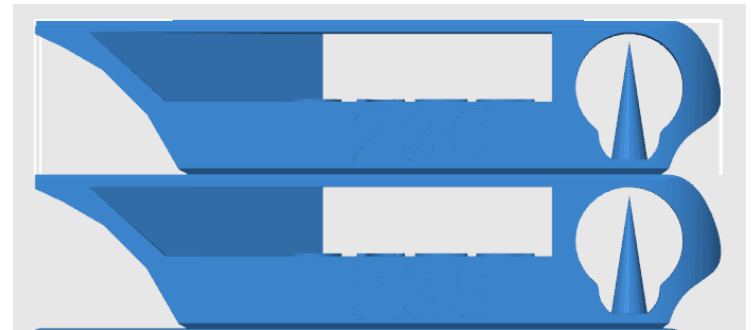
Filament for Supports

Support/raft base

Support/raft interface

А так ли нужны поддержки?

Например, такая модель печатается вообще без поддержек – исключительно за счёт “мостов”

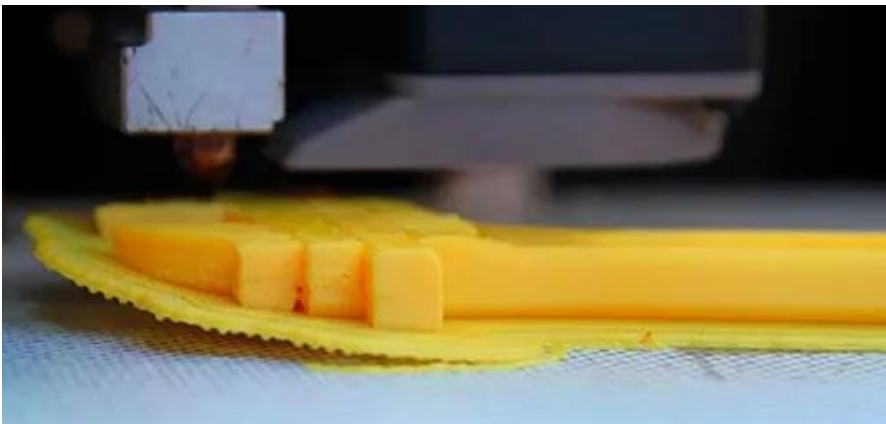


Основные проблемы при печати

1. Плохая адгезия

- ❑ **Адгезия** – это слипание слоёв пластика. В контексте 3D-печати она бывает двух видов:

Адгезия первого слоя с кроватью

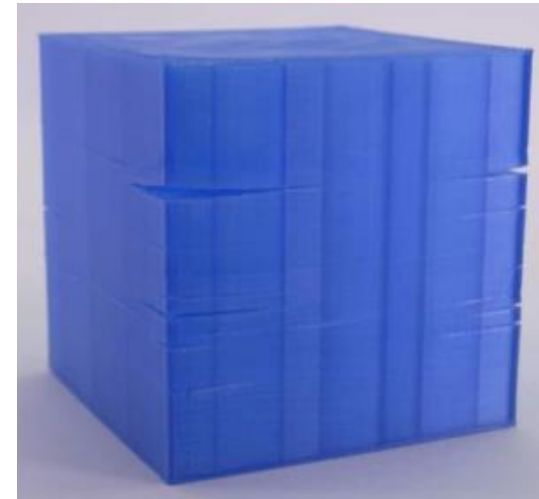


Проблема – пластик отслаивается при печати.

Причины:

- Низкая температура стола (кроватьи);
- Слишком высокая скорость печати 1 слоя;
- Неверная настройка высоты сопла над кроватью;
- Гладкая поверхность кровати;
- Сквозняк; перепад температур.

Адгезия слоёв друг с другом



Проблема – слои не слипаются.

Причины:

- Слишком высокая температура печати;
- Недостаток обдува (пластик не успевает застыть);
- Сквозняк; перепад температур;
- Слишком большая высота слоя.

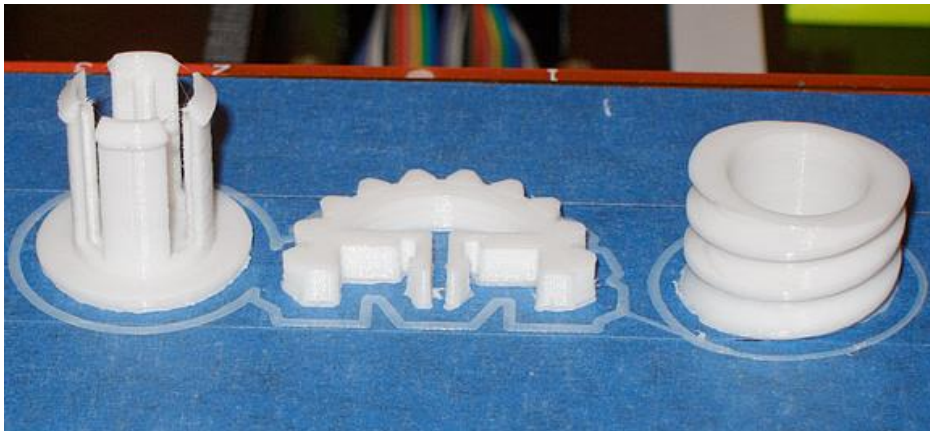
Основные проблемы при печати

1. Плохая адгезия – что же делать?

Для хорошего прилипания к столу:

I. Поверхность стола должна быть шершавой и, опционально, липкой

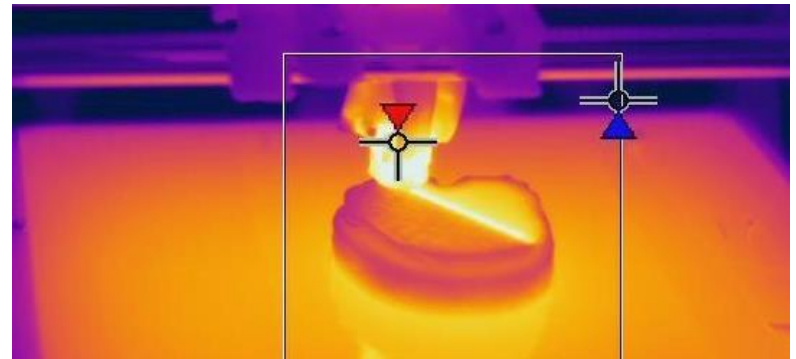
- Если стол гладкий, можно использовать специальный синий скотч, клей или даже лак для волос.
- Использовать “юбку” (Brim) – это увеличит площадь контакта со столом.



Для хорошего слипания слоёв:

- Использовать принтер с закрытой камерой;
- Не перегревать пластик;
- Не допускать сквозняков;
- Снизить скорость, увеличить обдув;

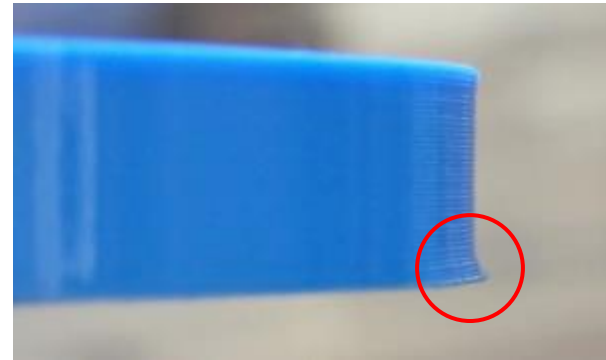
II. Подогрев стола должен быть равномерный



Основные проблемы при печати

2. “Слоновья нога”

❑ Слоновья нога – это когда нижние слои детали расплющиваются под весом верхних:



Проблема – пластик снизу расплющивается

Причины:

- Перегрев пластика на нижних слоях;
- Давление верхних слоёв;
- Плохая калибровка по оси Z.

Как устранить:

- Снизить температуру стола;
- Снизить температуру первого слоя;
- Снизить скорость печати первого слоя;
- Откалибровать стол и дистанцию до сопла (Z-offset);
- Использовать “леса” (Raft);
- Сузить основание детали, добавив фаску (срез по ребру) под 45°.

Основные проблемы при печати

3. Влажный пластик (особенно актуально для PETG)

- ❑ Если влажность пластика **больше 50%**, то при нагреве в хот-энде внутри нити начинает резко испаряться вода. Это приводит к разрывам нити. Как следствие, появляются “сопли”, “прыщи” и “каверны”.
- ❑ Если пластик очень влажный, то “взрывы” воды и шипение даже можно услышать. Они способны повредить сопло.

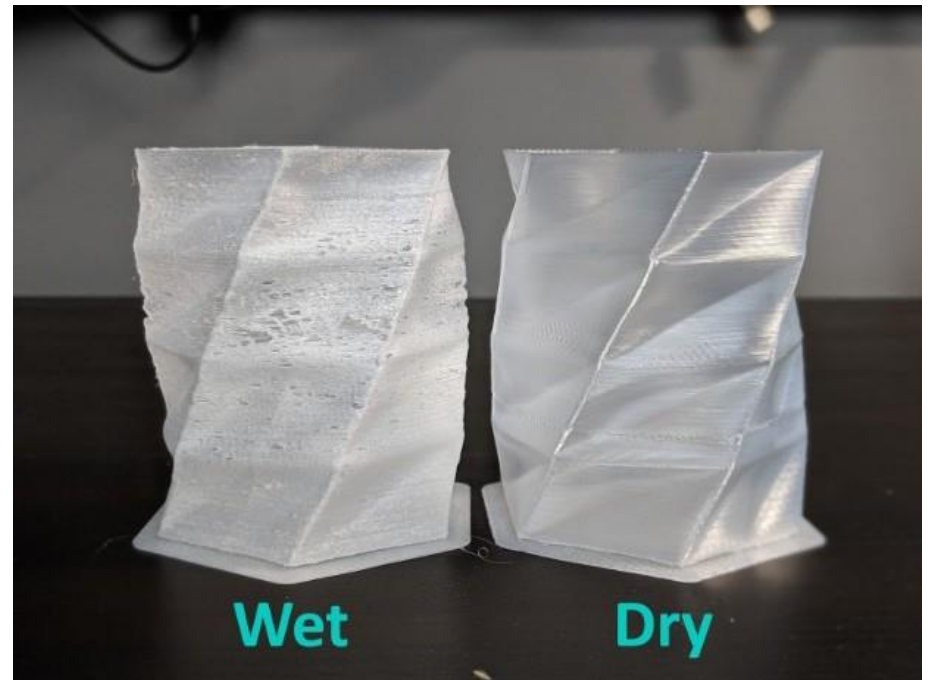
Проблема – слои неровные, в модели дыры, “прыщи” или “ниточки”

Причины:

- Вода испаряется и оставляет в филаменте пустоты;
- Из-за давления воды кусочки филамента “выплёвываются” из сопла.

Как устранить:

- Просушить филамент 2 часа при 50-60°C;
- Храните пластик в закрытом пакете, кладите силикатный гель.



Основные проблемы при печати

3. Появление “паутинок”

- ❑ Из внешней стенки модели (чаще всего с одной стороны) торчат тоненькие ниточки пластика.



Как устранить:

- Просто срезать или прижечь ниточки;
- Увеличить дистанцию ретракта (в мм);
- Увеличить скорость ретракта и подачи;
- Просушить пластик;
- Снизить температуру сопла.

Причины:

- 1) Недостаточный **ретракт** (вытягивание пластика из экструдера при холостом перемещении от слоя к слою или между элементами детали);
- 2) Повышенная влажность пластика;
- 3) Слишком высокая температура.



Основные проблемы при печати

4. Избыточная или недостаточная экструзия

- ❑ “Перелив” (чрезмерная подача филамента) проявляется в наплывах, искажении геометрии детали и ребристых горизонтальных поверхностях.
- ❑ Нити образуются, когда избыточное количество пластика находит выход при холостом перемещении.



Мало – образуются щели



Нормально



Много – появляются “прыщи”

Причины:

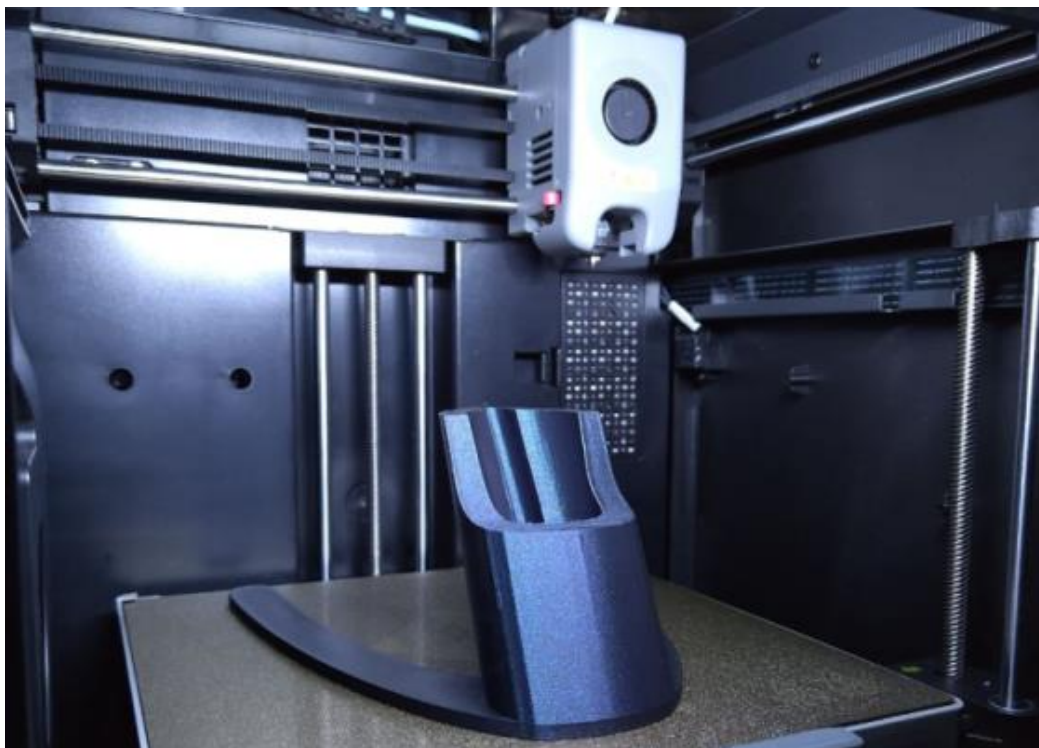
- 1) В сопло подаётся слишком много или слишком мало филамента;
- 2) Сопло может быть забито;
- 3) Неправильно настроена подача.

Как устранить:

- Прочистить/заменить сопло;
- Настроить **К-фактор** – компенсации задержки экструзии при начале движения печатающей головки;
- Снизить «Maximum Flow Rate» – максимальную скорость потока.

Как сделать качественно

- ❑ В 3D-печати нет универсального рецепта получения качественной модели. Слишком много нюансов, зависящих от принтера, пластика, температуры, влажности, версии слайсера и т.д.
- ❑ Общий совет – начинать от стандартного профиля, печатать тестовые модели, вносить изменения, снова печатать тестовые модели – сравнивать.
- ❑ Конечно – пользоваться качественными расходниками. Дешёвый “ноунейм” пластик может испортить не только деталь, но и сопло экструдера.



Экспериментируйте!

**Удачных вам
принтов!**