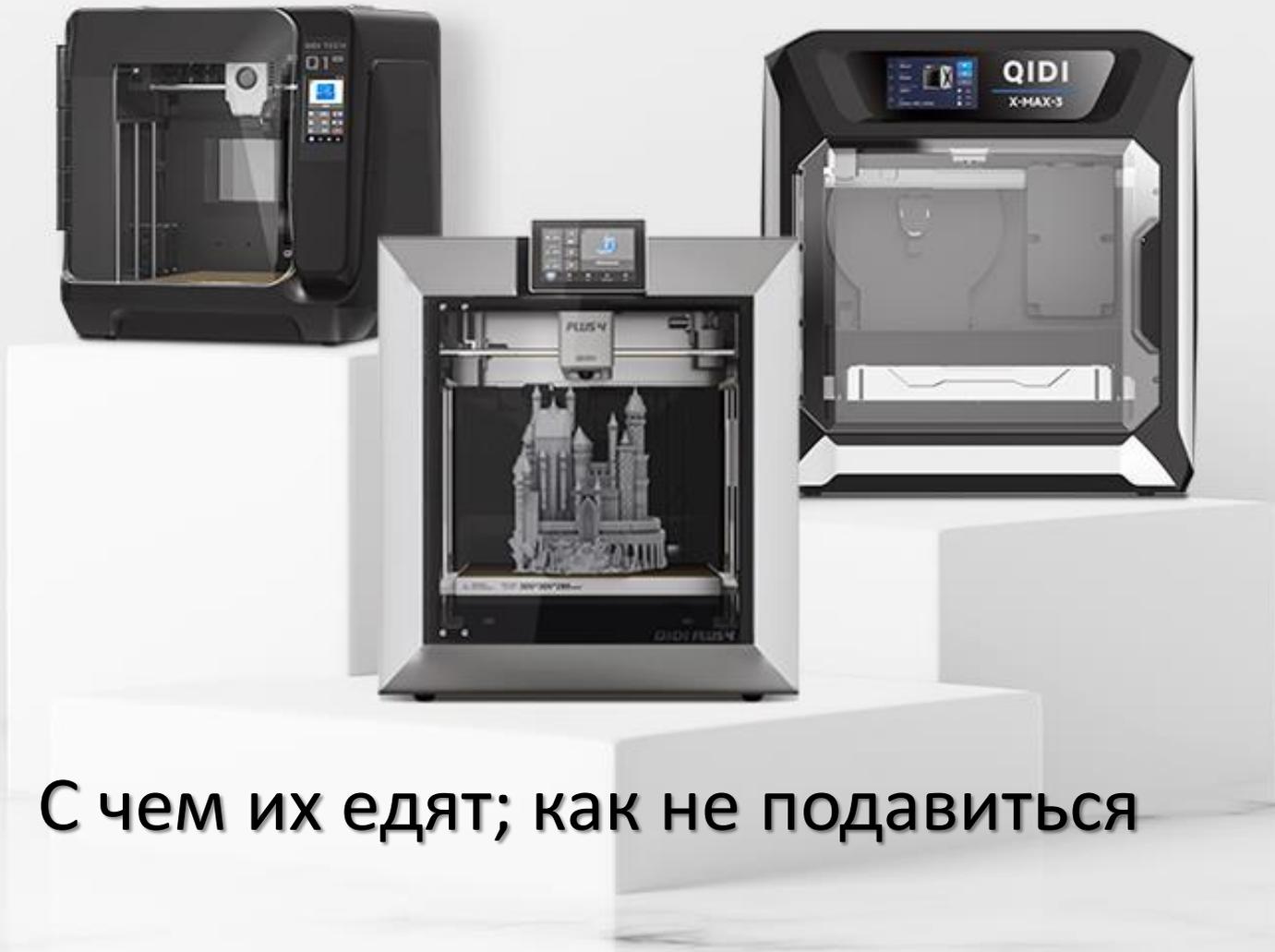
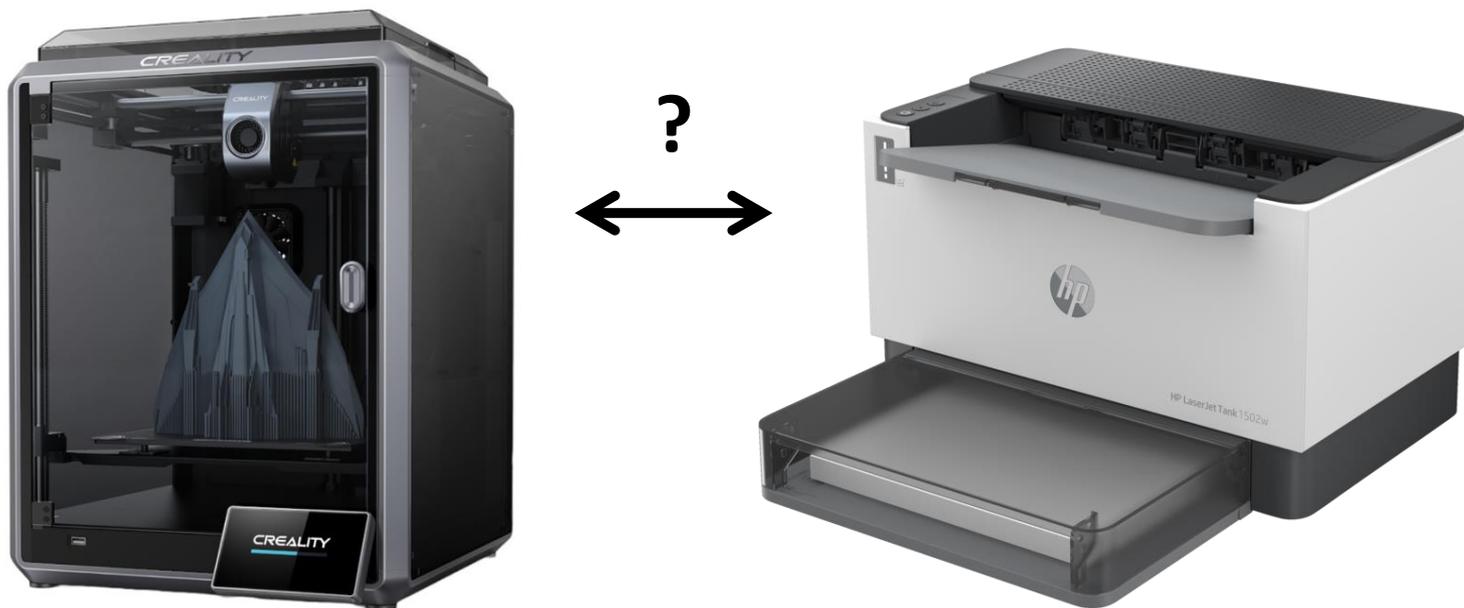


# 3D-принтеры FFF/FDM (#1)



С чем их едят; как не подавиться

# В чём отличие 3D-принтера от 2D-принтера



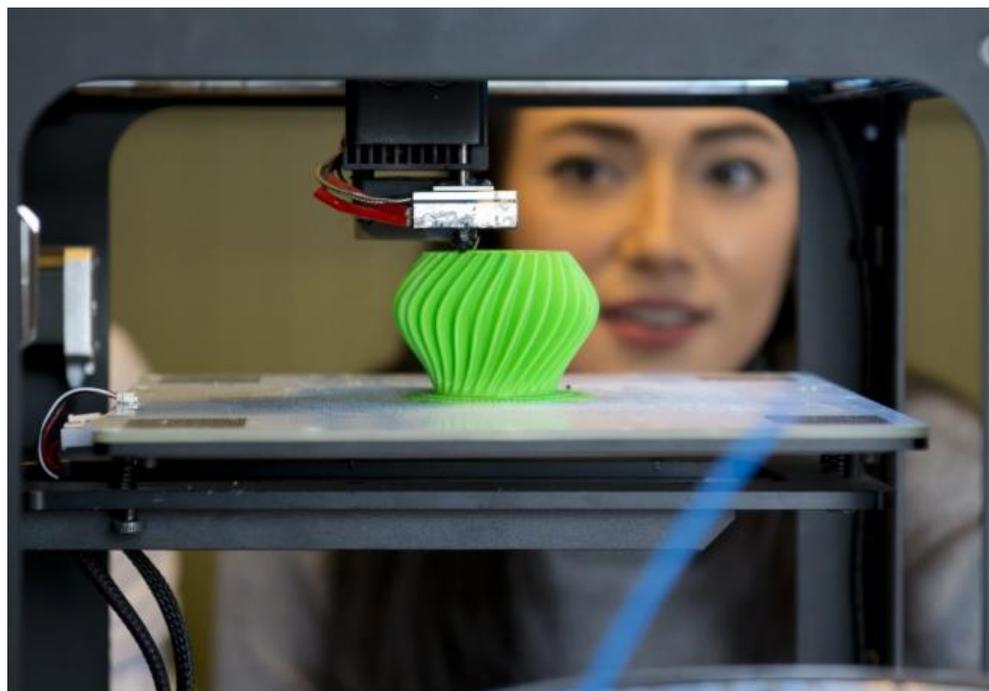
- Третье измерение, конечно?
  - ❖ Да, но это не главное!

# В чём отличие 3D-принтера от 2D

Мы привыкли к простоте работы обычного принтера:  
вставил бумажку, нажал кнопку – готово



Покупая 3D-принтер, вы надеетесь получить  
тот же пользовательский опыт:



Нажал кнопку и наблюдаешь за магией того,  
как материя обретает форму!

# Вот и всё?

❖ Вот купил ты принтер. А собирать кто будет, дядя Ляо?

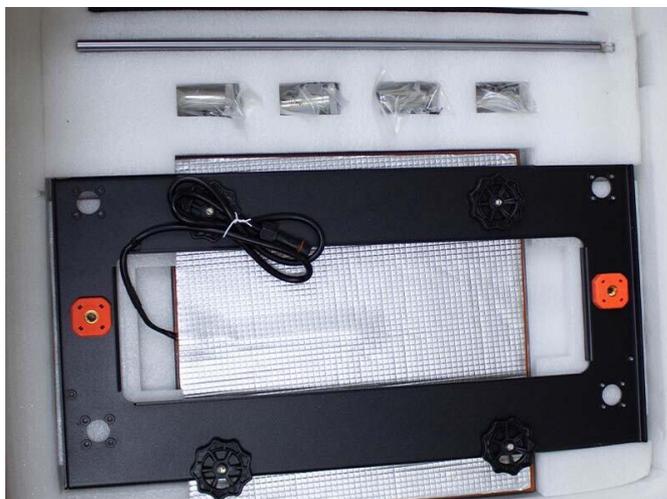
НЕТ



Не так быстро!



- Эээ... собирать...
- Я думал – достал из коробки, поставил на стол, подключил USB, винда сама дрова подтянула. Готов печатать!



❖ Неа! Пыточные инструменты в комплекте!

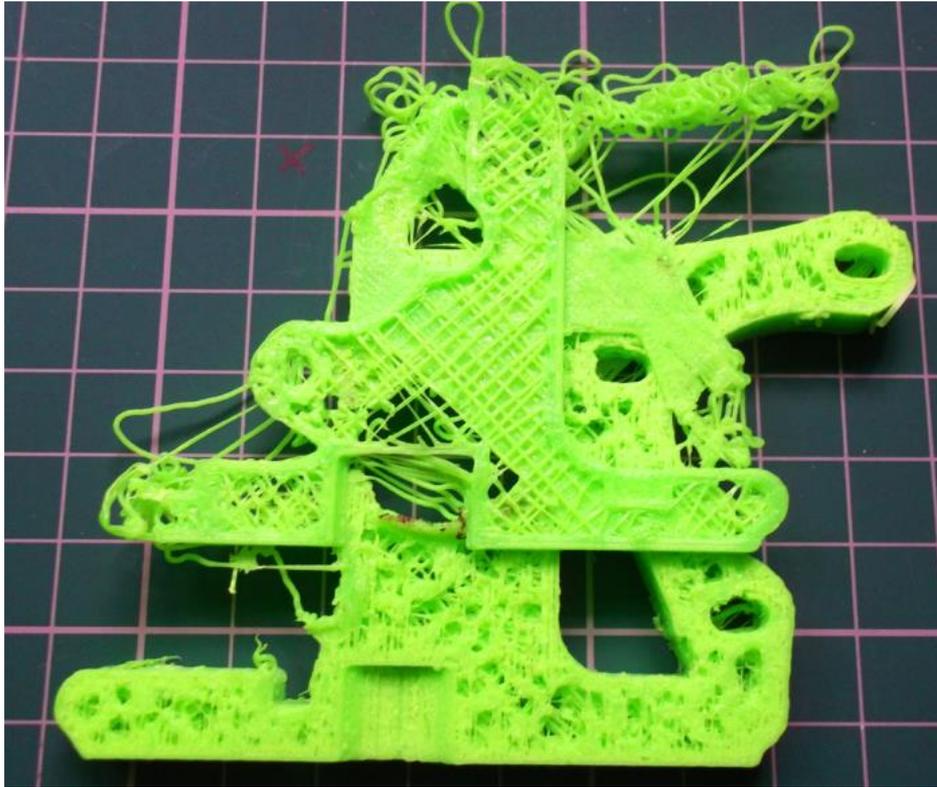
# Собрал? Молодец

Сейчас нажму кнопку и сотворю шедевр!



# Суровая реальность

Мама, я сделалъ



- *Неправильные настройки профиля пластика*
- *Не откалибрована ось Z*

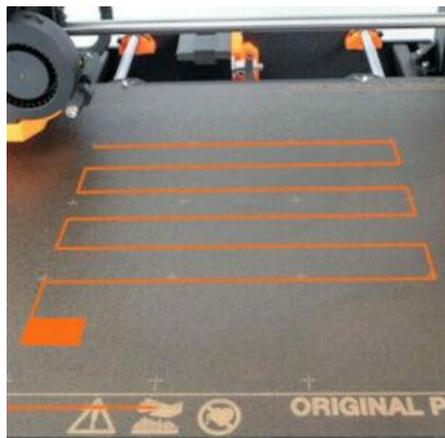
Ну или так



- *Неверно задан центр или размеры кровати*

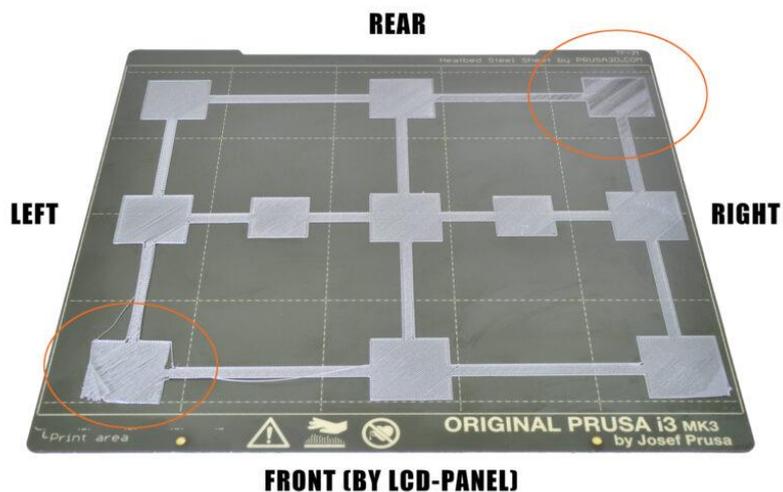
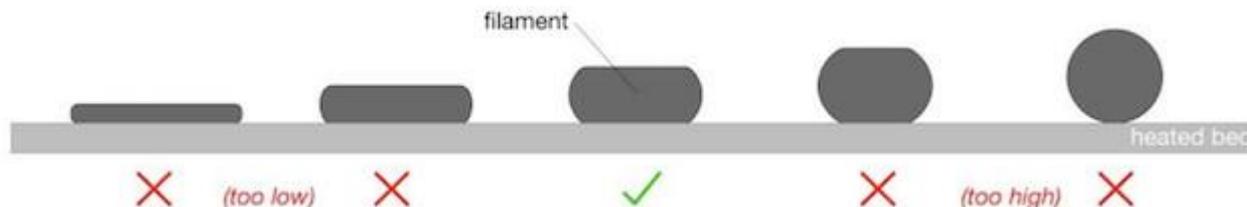
# Что-то пошло не так

А калибровочку ты не забыл?



## Калибровка первого слоя

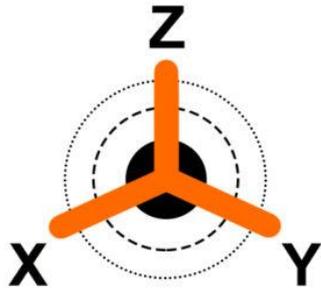
Используется для настройки расстояния между кончиком сопла и поверхностью. Задача - добиться качественного прилипания пластика к кровати.



## Калибровка кровати

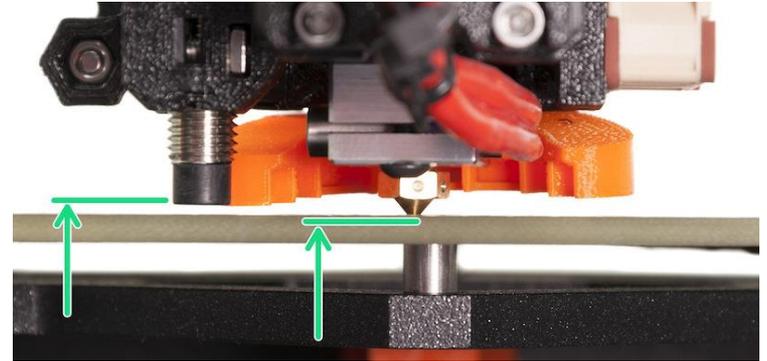
Позволяет компенсировать неровности кровати по углам. Экструдер будет слегка подниматься или опускаться, чтобы компенсировать отклонения по Z.

# Ещё калибровочки



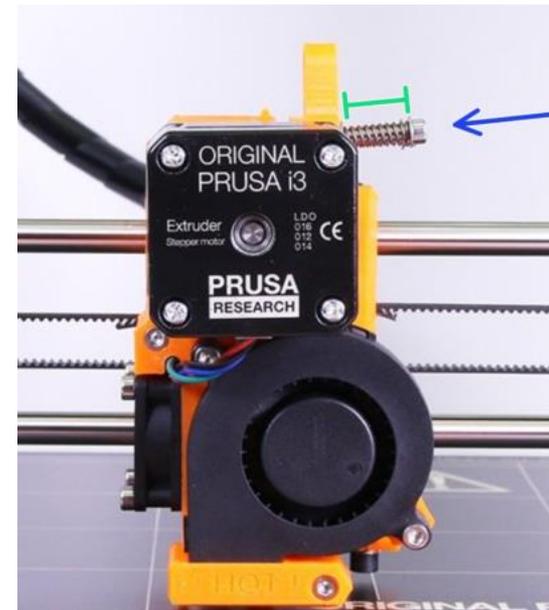
## Калибровка осей XYZ

Проверяет, правильно ли был собран принтер, и перпендикулярны ли оси. Измеряет скос осей X/Y и применяет поправочный коэффициент.



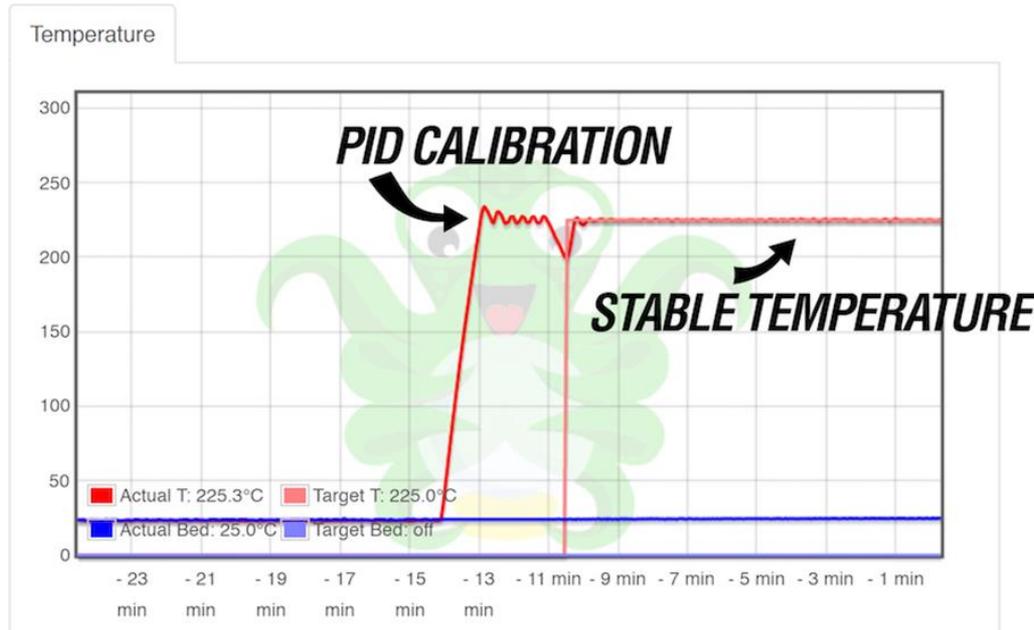
## Регулировка прижимного винта

Винт должен создавать достаточное усилие, чтобы шкив проталкивал пластик в сопло. Иначе шкив будет прокручиваться на месте.



# И ещё калибровочки

## Калибровка ПИД-регулятора



## Г – что?

Г-коды (GCode). Например:

- **M303** - начало калибровки ПИД
- **E0** - целевой нагреватель
- **S210** - выбранная температура (в °C)
- **C8** – число циклов повтора калибровки...

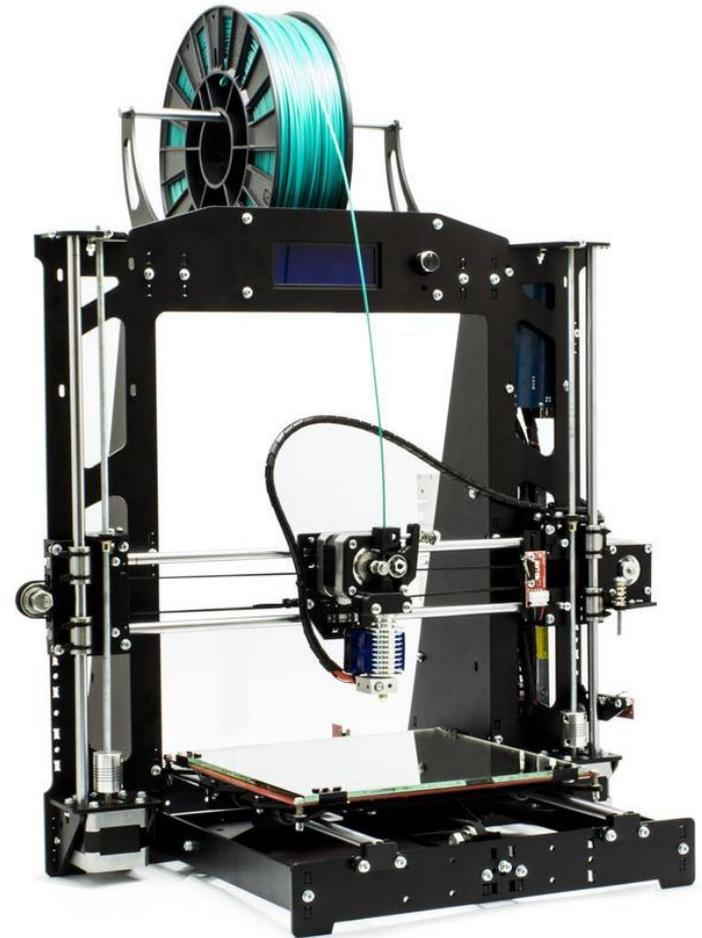
Нужна для поддержания стабильной целевой температуры экструдера и кровати принтера.

- Качаем Repetier Host
- Идём в панель управления
- Подключаемся по COM
- Отправляем **Г-коды**, стараясь не спалить экструдер к едрени фени



# Ну хватит!

- Пойду к Васе печатать. Вася крутой, он на коленке из говна и палок собрал 3D-принтер



- И правда классно. Но есть нюанс...

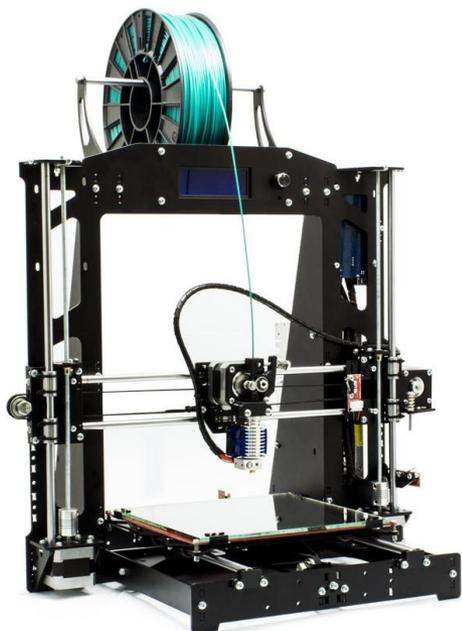
# Эконом-вариант – китайский DIY

С чем тебе предстоит столкнуться:

1. Доработать напильником детали

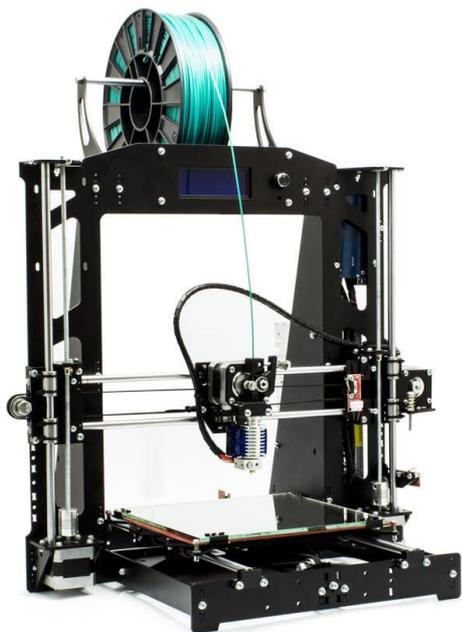


Нет. Даже так:



Да-да, они  
напечатаны на этом  
же самом принтере.  
Корпусные детали  
вырезаны из акрила

# Эконом-вариант – китайский DIY



## 6. И приводной ремень

- Порвёшь



## 2. Штатные подшипники живые 50/50.

- Половину сразу в мусор – они заклинившие.
- Иди на Али и заказывай новые. 50% из заказанных окажутся ОК



Смажь  
меня!

## 3. Заодно закажи сразу сопла 0.4мм

- Забьешь пластиком или спалишь – 99%



## 4. Не забудь новый нагреватель

- Или штатный будетдохлый, или спалишь при калибровке



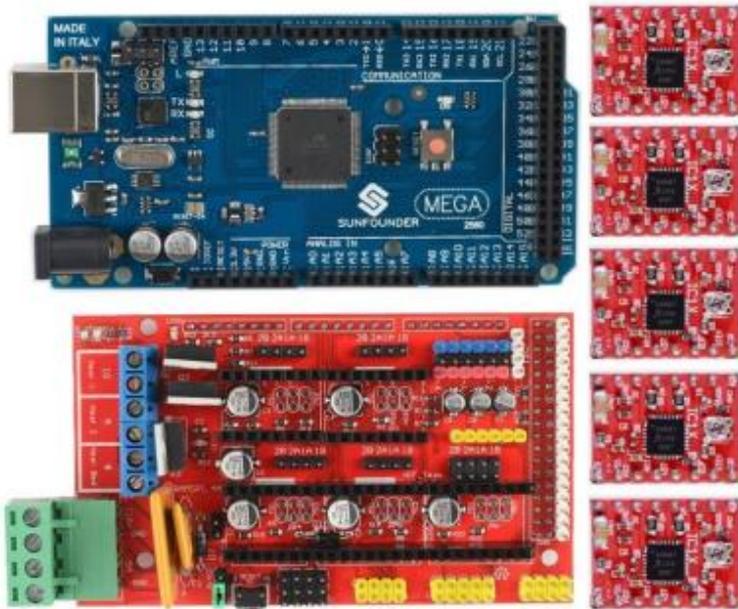
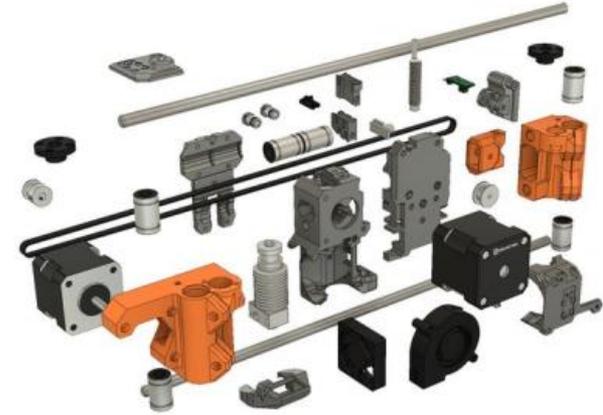
## 5. Конечно, радиаторы для драйверов шаговых двигателей

- Иначе спалишь



# Китайский DIY – это просто!

- ❖ Экструдер разбери, намажь термопасту. Сопла тоже смажь.
- ❖ Ремень натяни хорошо.
- ❖ Не забудь посчитать число зубцов на ремне и внести поправки в прошивку драйверов на Arduino.
- ❖ Если пластик подаётся через шкив – то ещё в прошивке инвертируй экструдер.



```
Marlin | Arduino
File Edit Sketch Tools Help
Marlin BlinkM.cpp BlinkM.h Configuration.h$ ConfigurationStore.cpp ConfigurationStore.h Configuration
// (but gives greater accuracy and more stable PID)
// 51 is 100k thermistor - EPCOS (1k pullup)
// 52 is 200k thermistor - ATC Semitec 204GT-2 (1k pullup)
// 55 is 100k thermistor - ATC Semitec 104GT-2 (Used in ParCan & J-Head) (1k pullup)

#define TEMP_SENSOR_0 5
#define TEMP_SENSOR_1 0
#define TEMP_SENSOR_2 0
#define TEMP_SENSOR_BED 1

// This makes temp sensor 1 a redundant sensor for sensor 0. If the temperatures difference between t
//#define TEMP_SENSOR_1_AS_REDUNDANT
#define MAX_REDUNDANT_TEMP_SENSOR_DIFF 10

// Actual temperature must be close to target for this long before M109 returns success
#define TEMP_RESIDENCY_TIME 10 // (seconds)
#define TEMP_HYSTERESIS 3 // (degC) range of +/- temperatures considered "close" to the target
#define TEMP_WINDOW 1 // (degC) Window around target to start the residency timer x degC ea

// The minimal temperature defines the temperature below which the heater will not be enabled It is u
// to check that the wiring to the thermistor is not broken.
// Otherwise this would lead to the heater being powered on all the time.
#define HEATER_0_MINTEMP 5
#define HEATER_1_MINTEMP 5
#define HEATER_2_MINTEMP 5
#define BED_MINTEMP 5

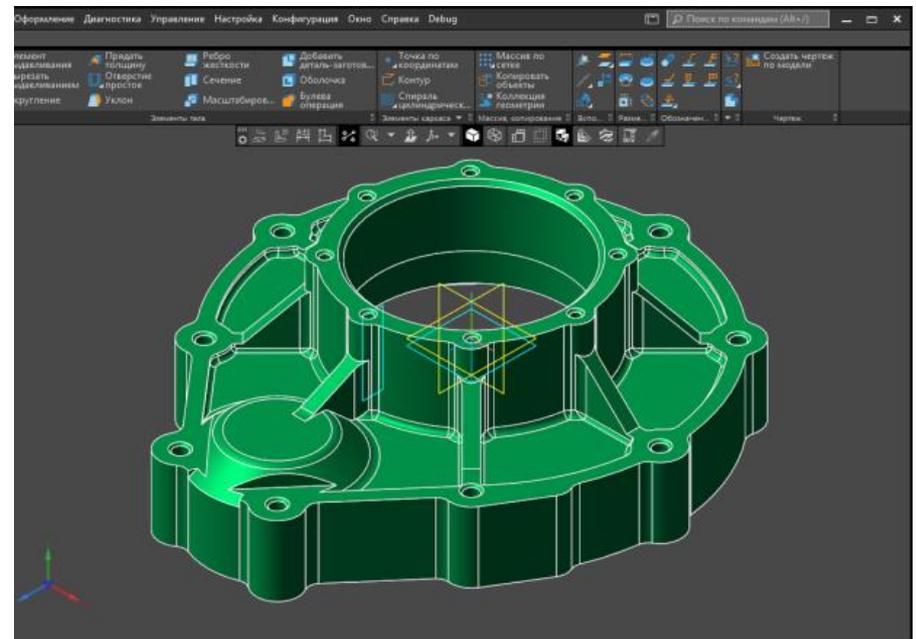
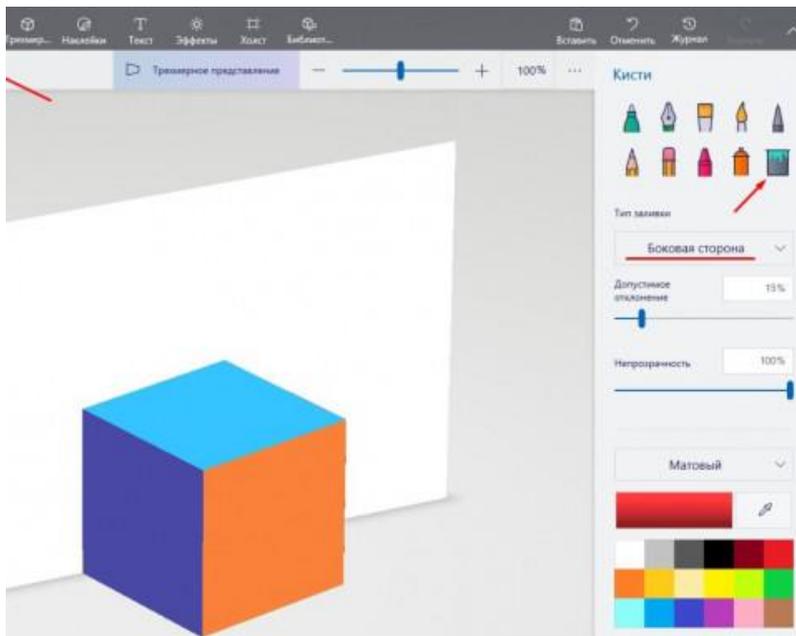
// When temperature exceeds max temp, your heater will be switched off.
<
```

# А что по софту?

- Ты свой «шедевр», конечно же, скачал с интернета?
  - ❖ Ага, а как ещё
- Ну, освоиться с 3D-моделингом

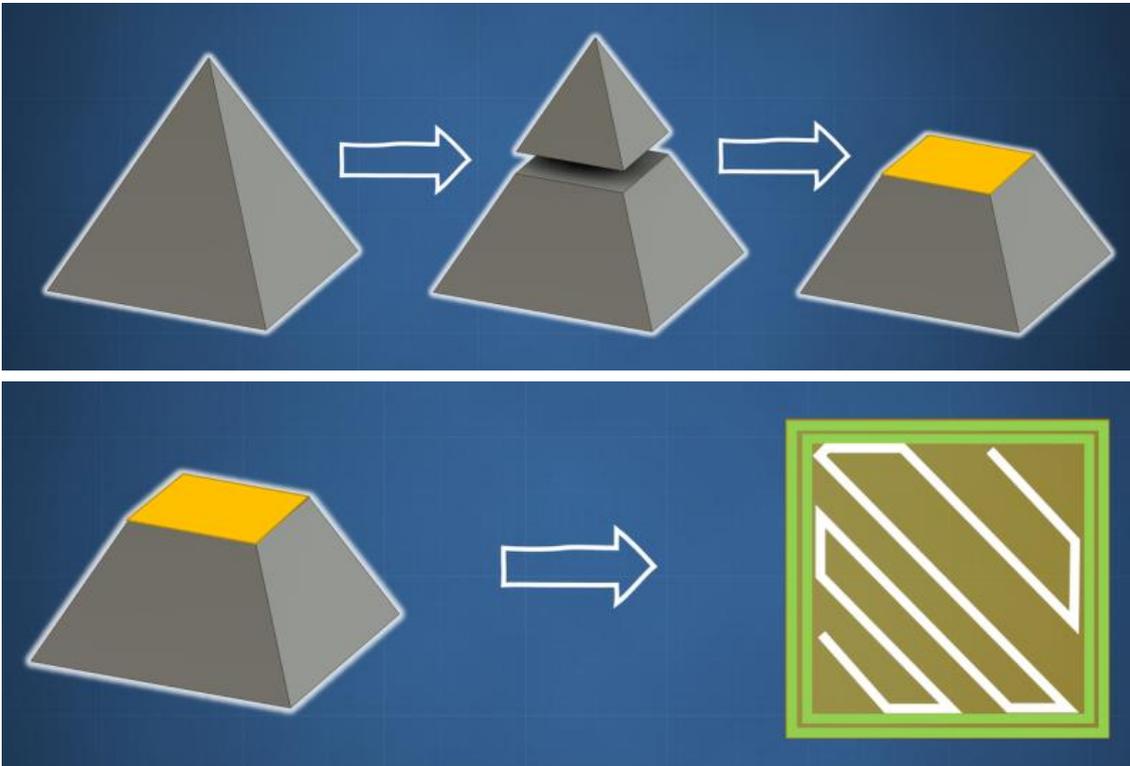
- В идеале – инженерная графика и CAD

- Хотя для начала пойдёт и так:



# Я уже скачал, давай печатать!

- Ладно. 3D-модель нужно «порезать» на слои и задать путь экструдера – как он будет двигаться в процессе печати модели, слой за слоем.
- Это называется Слайсинг (**Slicing**)

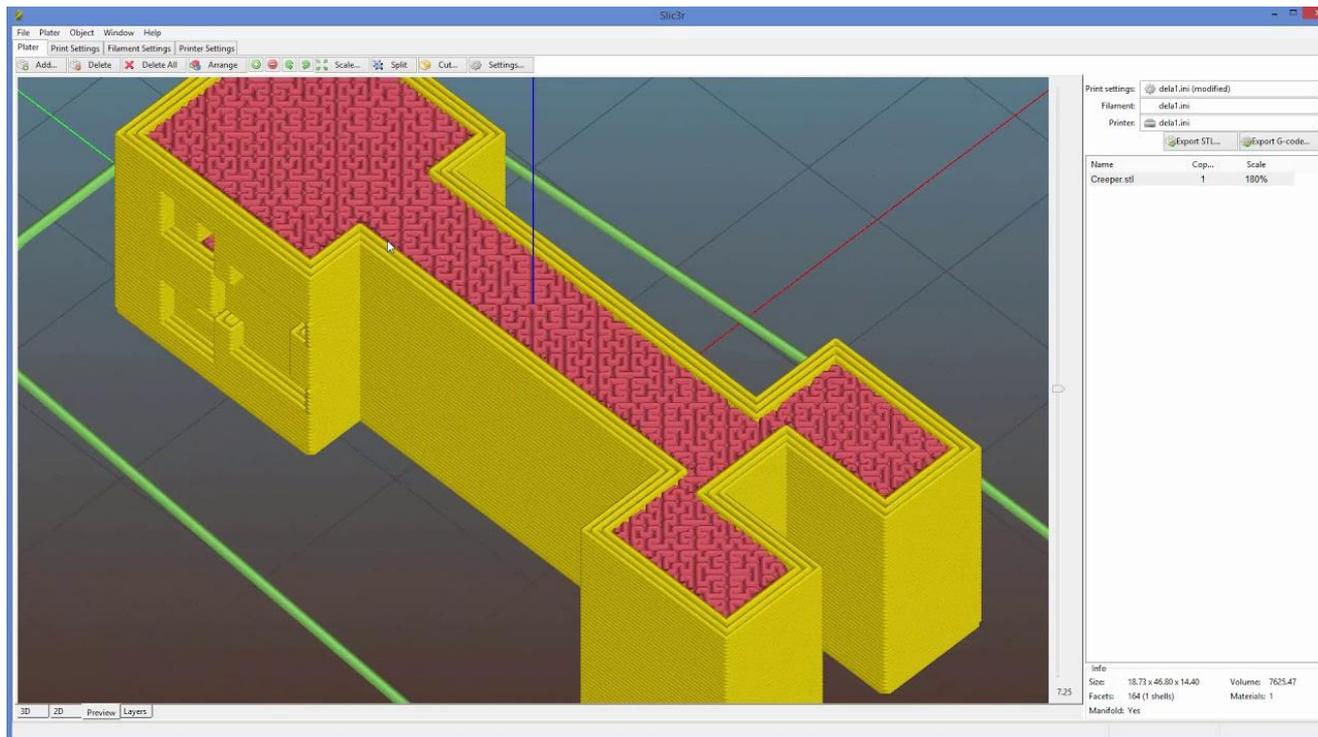


- ❑ FDM-печать выполняется по слоям, снизу вверх.
- ❑ 3D-модель, будь она твердотельная или полигональная – не важно, сначала конвертируется в формат **STL**.
- ❑ STL-файл загружается в специальную программу – слайсер.
- ❑ Слайсер формирует **G-коды** на основе заданных параметров принтера, задания и пластика.

# Выбор слайсера – Slic3r (привет из прошлого)



- Open Source проект
- Последняя версия – **1.3.0** (2018-05-10)
- Вася со своим DIY пользовался таким ещё 10 лет назад

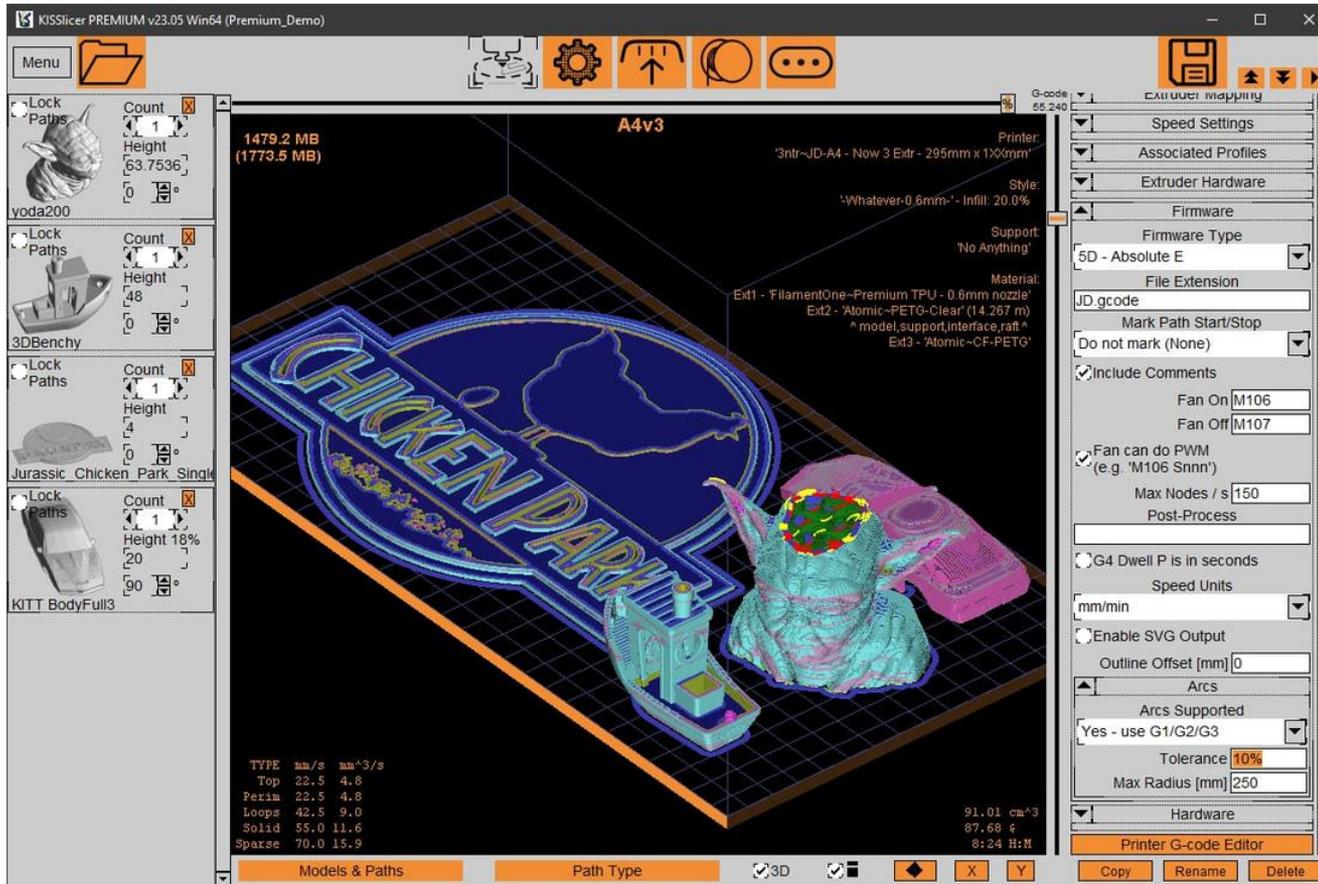


- Был любим всеми китайскими (и российскими) ноунеймами, потому что опенсорс
- Качество слайсинга – «на троечку», для сложных моделей не годится.
- Глючит, вылетает

# Выбор слайсера – KISSlicer

**KISSlicer**  
Keep It Simple

- Open Source проект
- Последняя версия – **v23.05** (2023-05-05)

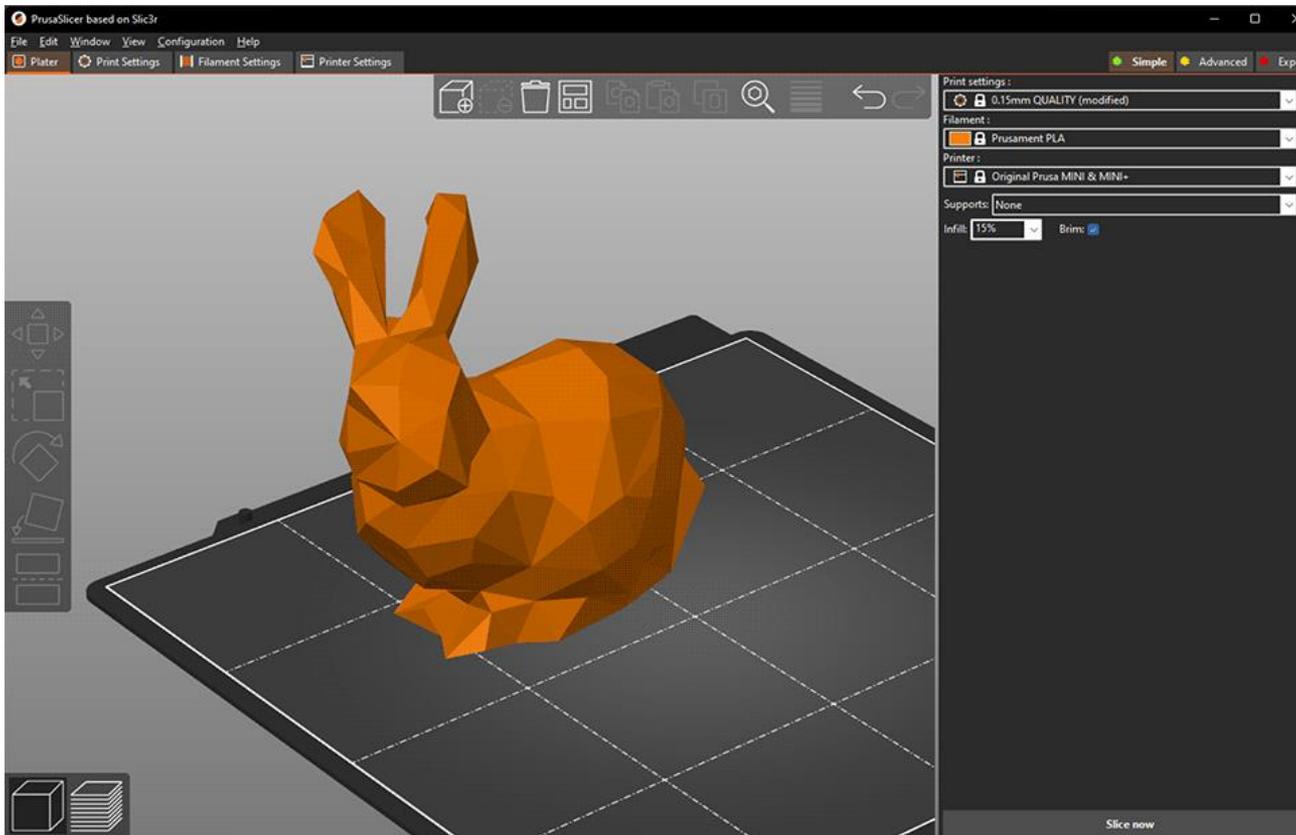


- Платный
- Пример того, что бывает, когда программист пытается сделать GUI (раньше было ещё хуже)
- Слайсинг по структуре путей лучше чем в Slic3r
- Много дополнительных настроек
- Вариант для энтузиастов, любящих поковыряться в настройках

# Выбор слайсера – PrusaSlicer



- Наследник Slic3r
- Изначально предназначен для принтеров Prusa
- Последняя версия – **2.8.11** (09.09.2024)

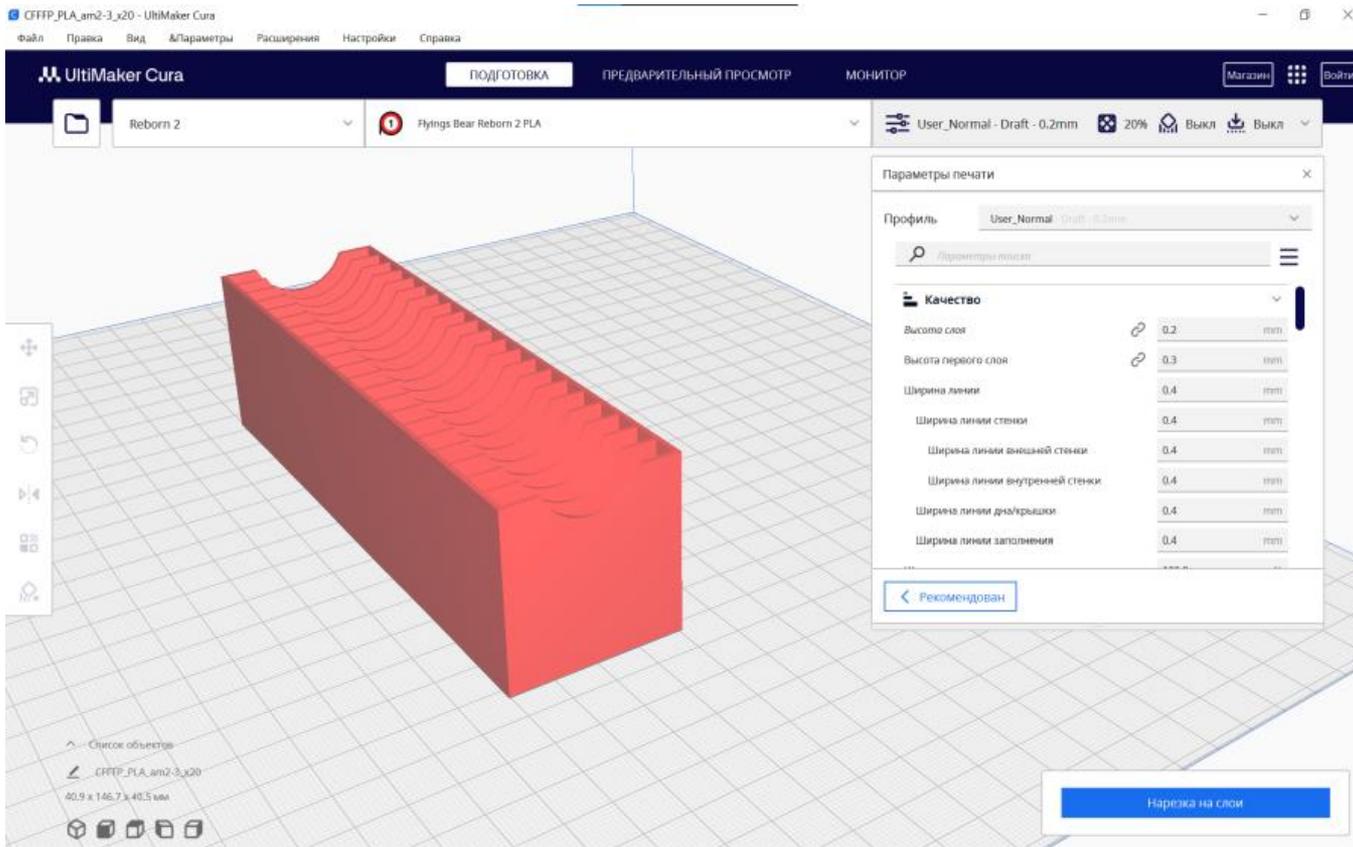


- Бесплатный
- Включает профили печати для разных принтеров, не только Prusa
- Адекватный интерфейс
- Имеет функционал для SLA 3D-печати
- Три режима:
  - Простой
  - Расширенный
  - Продвинутый
- Поддерживает русский язык

# Выбор слайсера – Cura



- Изначально предназначен для принтеров Ultimaker
- Последняя версия – **v23.05** (2023-05-05)

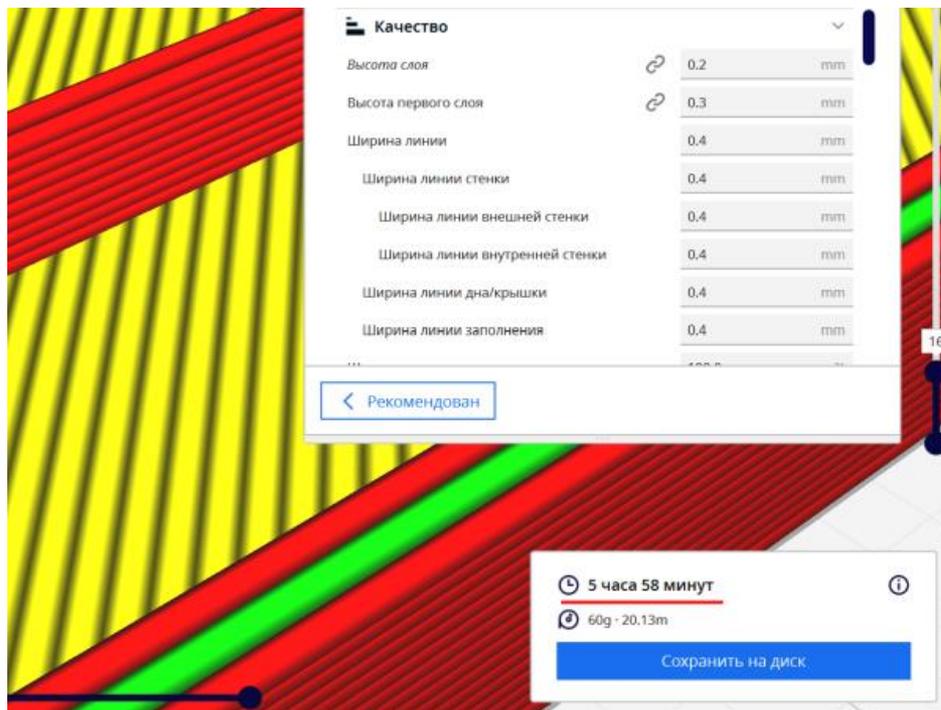


- Бесплатный
- Включает профили печати для разных принтеров и пластиков. Хотя любит «сбрасывать» профили
- Адекватный интерфейс: есть базовый и продвинутый режимы с разными уровнями настроек
- Поддерживает русский язык, хотя сайт не доступен без VPN

# Давай уже быстренько что-нибудь сделаем

➤ Качество пониже, всё остальное – по умолчанию

❖ Как скажешь, запускаю «нарезку»



➤ Сколько времени, 6 часов ?!

❖ 3D-печать – это для терпеливых

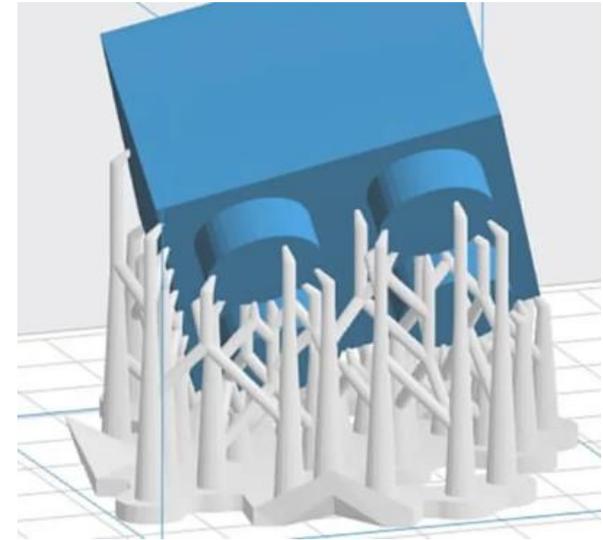
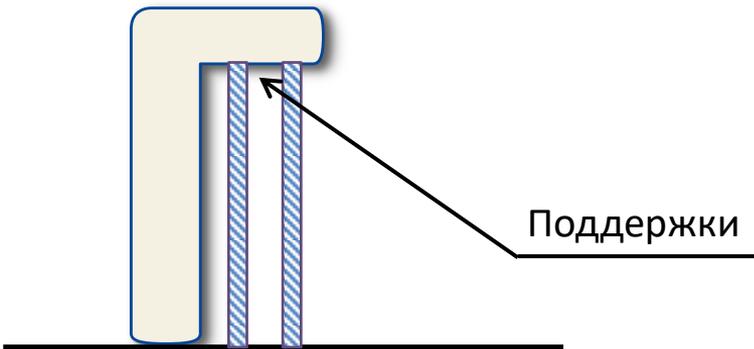
# Нужно больше параметров!

Толщина слоя заполнения	0.2	mm
Изменение шага заполнения	0	
<b>Материал</b>		
Температура сопла	$f_x$ 200.0	°C
Температура печати первого слоя	200.0	°C
Начальная температура печати	190.0	°C
Конечная температура печати	$f_x$ 190.0	°C
Температура стола	60	°C
Температура стола для первого слоя	60	°C
<b>Скорость</b>		
<b>Перемещение</b>		
Разрешить откат	<input checked="" type="checkbox"/>	
Откат при смене слоя	<input type="checkbox"/>	
Величина отката	6.5	mm
Скорость отката	25.0	mm/s
Режим комбинга	В области заплне...	
Избегать напечатанных частей при перемещении	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Охлаждение</b>		
Включить вентиляторы	<input checked="" type="checkbox"/>	
Скорость вентилятора	$f_x$ 100.0	%
Обычная скорость вентилятора	100.0	%
Максимальная скорость вентилятора	100.0	%
Порог переключения на повышенную скорость	10.0	s
Начальная скорость вентилятора	0.0	%
Обычная скорость вентилятора на высоте	0.3	mm
Обычная скорость вентилятора на слое	2	
Минимальное время слоя	5.0	s
Минимальная скорость	10.0	mm/s
Подъём головы	<input type="checkbox"/>	
<b>Поддержки</b>		
<b>Тип прилипания к столу</b>		
Тип прилипания к столу	Нет	
<b>Два экструдера</b>		
<b>Специальные режимы</b>		

...

# Не забывай, печать – послойная

- ❑ Это значит, что любые горизонтальные ответвления потребуют генерации «поддержек»
- ❑ Поддержки – это вспомогательные элементы, которые создают опору для наплавления верхних слоёв. Потом они удаляются (механическим или химическим путём)



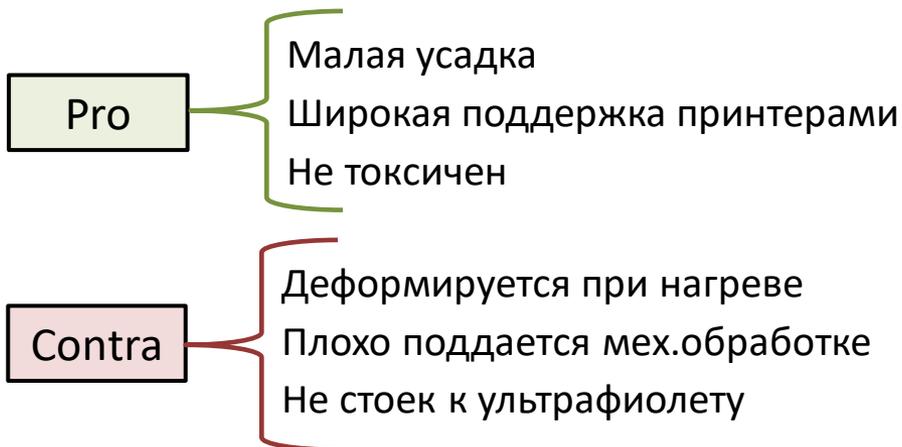
Может быть так



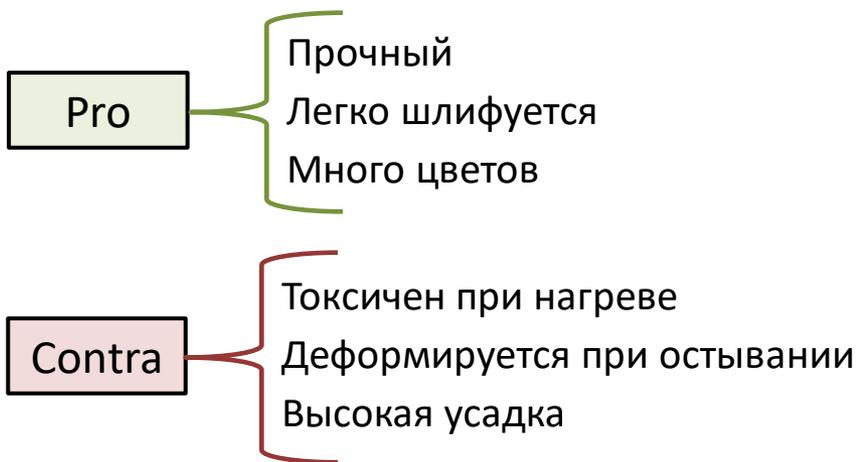
А может и так

# А чем печатать будем?

**PLA**  
2000 руб / кг



**ABS**  
1600 руб / кг



# А чем печатать будем?

**HIPS**  
1500 руб / кг



Pro

- Растворяется в лимонеле
- Легко обрабатывать
- Не токсичен

Contra

- Мало цветов
- Низкая прочность
- Легко отклеивается от стола

**PVA**  
6500 руб / кг



Pro

- Растворяется в воде
- Не требует подогрева стола
- Не токсичен

Contra

- Не переносит высокие температуры
- Дорогой
- Подходит только для поддержек

# А чем печатать будем?

**PETG**  
1600 руб / кг



Pro

Прочный  
Не токсичен  
Хорошо спекаются слои

Contra

Не переносит высокую скорость печати  
Тягучий, образует «паутинки»  
Плохая адгезия со столом

**Нейлон**  
4000 руб / кг



Pro

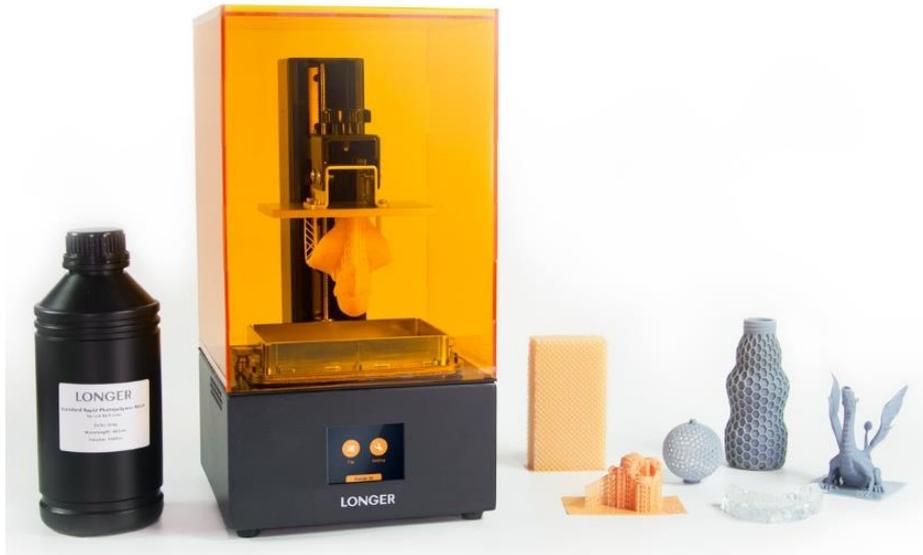
Прочный и износостойкий  
Скользкий  
Стойкий к температуре и растворителям

Contra

Высокая усадка  
Дорогой  
Плохая адгезия со столом

# Другие варианты

## Фотополимерная печать (SLA)



Работает по принципу «засветки по пикселям», то есть один слой материала засвечивается точно путем фокусировки лазерного или светового луча.



Чего такой токсичный?

Pro

Высокая прочность деталей  
Наилучшее качество печати

Contra

Дорогая и крайне токсичная смола  
Ещё более низкая скорость, чем у FDM

# Другие варианты

## Металлическая печать (SLM)



Работает по принципу спекания или выборочного плавления частиц металлического порошка лазером, связывая их вместе и создавая слои изделия, один за другим.



Pro

Настоящий МИТОЛЛ!

Contra

Потребуется арендовать цех и продать квартиру

# Вот так

➤ Ладно, я всё понял



🔍 Все категории

3D принтер

Главная > 3D принтер

## Объявления по запросу «3D принтер» в Санкт-Петербурге

Электроника ^

- Оргтехника и расходники
- Товары для компьютера
- Аудио и видео
- Фототехника
- Игры, приставки и программы
- Планшеты и электронные книги
- Телефоны
- Настольные компьютеры
- Ноутбуки

Хобби и отдых v

Личные вещи o



↑↓ Сортировка v

Сначала из Санкт-Петербурга



### 3D принтер flying bear reborn 2

24 000 ₽

Продается принтер. Состояние хорошее. Flyingbear R  
Большая область печати – 325\*325\*350 мм.

Оргтехника и расходники

К сожалению, этим нередко заканчивается знакомство с 3D-печатью