

## Анализ плотности пластика в мм<sup>3</sup>/с в зависимости от термобарьера

Воронкин Р.А Толубаев Р.А

**Постановка задачи:** Анализ выдавливаемого пластика через хотэнды, с использованием разных хотэндов. **Используемые методы:** сравнение на основе исследований и экспериментов. **Ключевые слова:** 3d-принтер, термобарьер, пластик, хотэнд.

### История возникновения

Технология 3D печати существует с 1984 года. Компания CharlesHull разработала технологию трехмерной печати для создания объектов с помощью цифровых данных. В 1986 года данную технику запатентовали и дали название стереолитографии. Эта же компания, CharlesHull разработала первый промышленный 3D принтер. И в 1988 году компания 3DSYSTEM разработала 3D принтер для печати в домашних условиях — SLA-250.

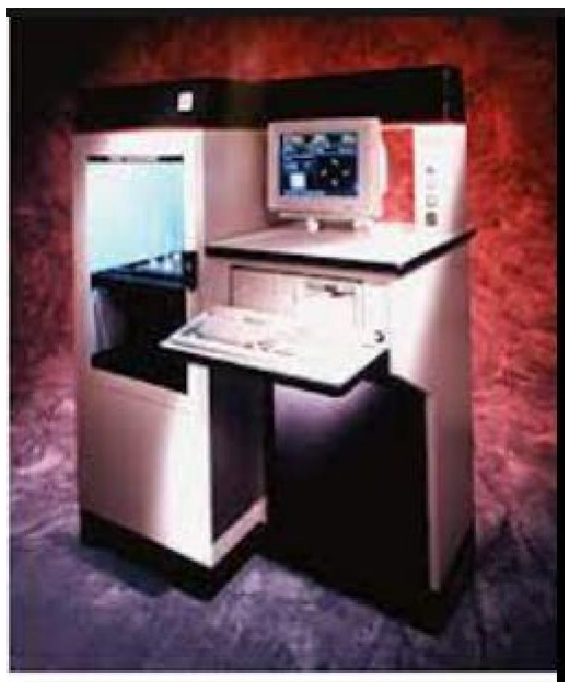


Рисунок 1. Принтер SLA-250.

В 1993 году начинает свою жизнь компания Solidscapе. Она начинает серийное производство 3D принтеров на струйной основе, при небольших затратах. И, наконец, в 2005 году появляется первый цветной 3D принтер — Spectrum Z510. Заслуга данного продвижения в развитии 3D принтеров принадлежит компании ZCorporation (ZCorp).

## **Принцип работы 3D печати**

Принцип формирования фигуры с трехмерной печати называют аддитивным (от слова Add (англ.) — добавлять). Для начала создается компьютерная модель будущего объекта. Это можно сделать либо с помощью трехмерного графического редактора CAD-системы (3D StudioMax, SolidWorks, AutoCAD), либо просканировав полностью объект в 3D. Затем, с помощью специального программного продукта разбивает просканированный объект на слои и происходит генерация набора команд, которая определит последовательность, в которой будут наноситься слои материала при печати. Далее, 3D принтер послойно формирует объект, нанося постепенно порции материала (Рис.1). Располагая печатающую головку в системе двух координат X и Y, принтер наносит материал слой за слоем по смоделированной электронной схеме. При перемещении платформы на шаг вдоль оси Z начинается построение нового уровня объекта.

Для печати в качестве материала в аддитивном производстве могут быть использованы металлические сплавы, пластик, бумага, фотополимеры, минеральные смеси. Некоторые виды 3D принтеров способны работать одновременно с разными материалами, как по свойствам, так и по цвету. Технологий трехмерной печати довольно много. Различаются они по принципу формирования слоев и их соединениям. Рассмотрим основные технологии производства.

## **Области применения 3D печати**

Строительство. Есть предположение, что в будущем намного ускорится процесс возведения зданий благодаря 3D печати. Медицина. Благодаря трехмерной печати врачи получили возможность создавать копии человеческого скелета. Большое применение 3D принтеры нашли в стоматологическом протезировании. Архитектура и дизайн. Создание макетов элементов интерьера, зданий и районов позволяют оценить эргономику, функциональность и внешний вид прототипа. Маркетинг и реклама позволяют продемонстрировать преимущества нового товара. Образование. 3D модели являются отличными наглядными материалами для обучения на всех уровнях образования. Автомобилестроение. Такой способ,

как 3D моделирование, позволяет протестировать автомобиль на этапе разработки. Моделирование. Изготовление упаковочных материалов, игрушек и сувенирной продукции. Легкая промышленность. Изготовление самых разных элементов потребительских товаров. Изготовление одежды и обуви. Подобная одежда и обувь используется только на показах. Материалом здесь служит полиуретан, резина и пластик. Ювелирное дело. Технологии 3D моделирования позволяют создать полноценные изделия из металлического порошка. История и антропология. Модели создаются на базе археологических находок и позволяют оценить достоверность догадок ученых. Во всех других областях, не указанных выше, 3D моделирование постепенно находит свое применение. Медленно, но верно оно вытесняет другие способы представления объекта.

### **Из чего состоит 3д-принтер.**

Принципы работы 3D-принтеров схожи с теми, которые ранее использовались картезианскими роботами.

3D-принтер представляет собой устройство, части которого могут двигаться линейно сразу в трех измерениях, используя оси X, Y и Z, называемые картезианскими координатами. Движение обеспечивается шаговыми двигателями небольших размеров, которые отличаются высокой точностью и аккуратностью. Их погрешность составляет не более 1,8 градуса на один шаг.

Как и все прочие станки с числовым программным управлением, 3D-принтеры управляются с помощью встроенного контроллера. Его наличие позволяет обеспечить движение печатающей головки устройства, которая выводит расплавленный пластик, нанесение которого на рабочую поверхность и обеспечивает послойную печать изделия.

Также многие 3D-принтеры оснащены ремнями ГРМ и специальными роликами, расположенными на осях X и Y. Это техническое дополнение позволяет обеспечить высокую скорость перемещения экструдера с сохранением точности его позиционирования.

Основными деталями всех 3D-принтеров являются:

- экструдер (печатающая головка);

- рабочий стол;
- совокупность механизмов перемещения;
- система охлаждения (вентиляторы);
- рама;
- управляющая электроника.

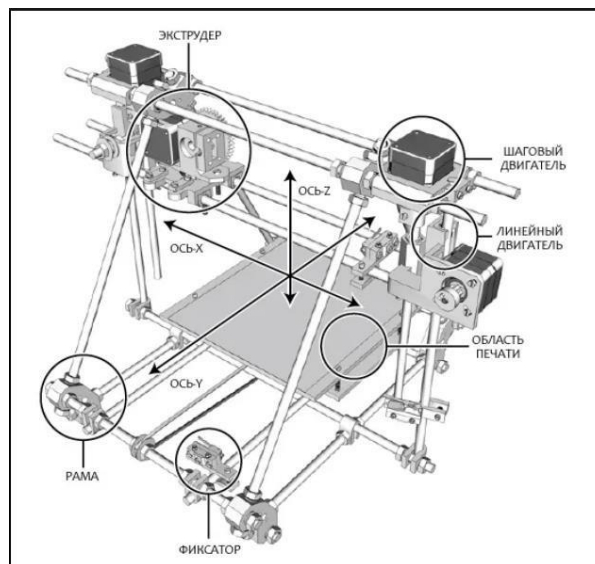


Рисунок 2. Строение 3д-принтера

### **Плотность пластика в $\text{мм}^3/\text{с}$ в зависимости от термобарьера.**

Термобарьер это часть экструдера, представляющая из себя резьбовую шпильку с внутренним каналом для пластиковой нити, на которую крепятся остальные элементы экструдера. Исключительно важно сырье из которого изготовлены комплектующие для 3д принтера. В результате взаимодействия между нитью и внутренней частью сопла она подвергается постепенному разрушению, чтобы в конечном итоге стать компонентом 3D-принтера, который необходимо заменить новым эквивалентом.

**Рассмотрим 4 хотэнда E3D V6, Dragon, Dragonfly BMO, NF-Zone.**

#### **Хотэнд E3D V6**

Последняя версия популярного цельнометаллического экструдера E3D-V6 Bowden отличается от своих предшественников. В новом экструдере по-прежнему узнается старый и надежный E3D, но почти каждая деталь была доработана.

Первое, на что вы обращаете внимание – размер, насколько меньше и легче новая версия в сравнении с предыдущей V5. Так новый V6 использует интегрированный переходник для Bowden, поскольку теперь радиатор стал на 7,5 миллиметров короче, соответственно и область печати вашего 3D принтера стала больше, с этим экструдером экономится пространство, и расстояние от кончика сопла до поверхности стола 3D-принтера становится немного больше.

Характеристики:

- Диаметр сопла – 0,4 мм;
- Мощность нагревательного блока – 40 Вт;
- Термистор – 100 кОм;
- Вес – 60 г;
- Материал теплового барьера: цельностальное;
- Рекомендуемый материал печати: PLA;
- Материал радиатора: дюралюминий;
- Диаметр используемого филамента – 1,75 мм.



Рисунок 3. Хотэнд E3D V6

#### **Хотэнд Dragon Hotend V2.0 (Высокотемпературный)**

- Диаметр пластика – 1,75 мм;
- Возможный диаметр сопла – от 0,4 до 1,2 мм;
- Мощность нагревательного элемента – 40Вт;

- Материал теплового барьера – нержавеющая сталь AISI 304;
- Материал блока нагревателя – дюралюминий Д16Т;
- Материал радиатора - дюралюминий Д16Т;
- Сопло – 1,75х1 мм.



Рисунок 3. Хотэнд Dragon

### **Хотэнд Dragonfly**

Prusa I3 MKS3 печатающая головка

Температура сопла 215 °C

Температура окружающей среды 22 °C

Температура зонда глубина 40 +/-0,5 мм от верхней пластины радиатора

Вентилятор охлаждения Noctua NF-A4x10 5V

Прочтите температуру 15 минут после стабильного сопла при 215 °C

Термопаста была применена между тепловым разрывом и радиатором

Модель: shin-etsu 7868 6,2 W/m ° K

Обе установки разделяют один и тот же блок нагревателя термистор сопло и охлаждающий вентилятор

Только heatebreaker и радиатор рассеиваются

Результат: ниже лучше

. V6 стандарт (M7) из нержавеющей стали тепловой обрыв 39,1 °C

. V6 стандарт (M7) титана сплава тепла breaker 34.1 °C

. Стрекоза ВМО(V6 совместимый) 32,2 °C



Рисунок 4. Хотэнд Dragonfly

### **Хотэнд NF-Zone.**

Основное преимущество использования NF Zone вместо другого терморазрыва с биметаллическим терморазрывом заключается в устранении другого интерфейса между ним и радиатором. Нагревательный элемент NF Zone охлаждается непосредственно радиатором, в то время как в случае других нагревательных элементов тепло должно передаваться от нагревательного элемента к медной резьбе, а затем от резьбы к радиатору.

Что мне больше всего нравится по сравнению с другими hotends, так это легкость. NF Zone весит всего около 20 граммов (для алюминиевой версии), что делает его действительно легким, что делает его отличным выбором для быстрого 3D-принтера bowden.



Рисунок 5. Хотэнд Dragonfly NF-Zone

### Проведём тесты хотэндов

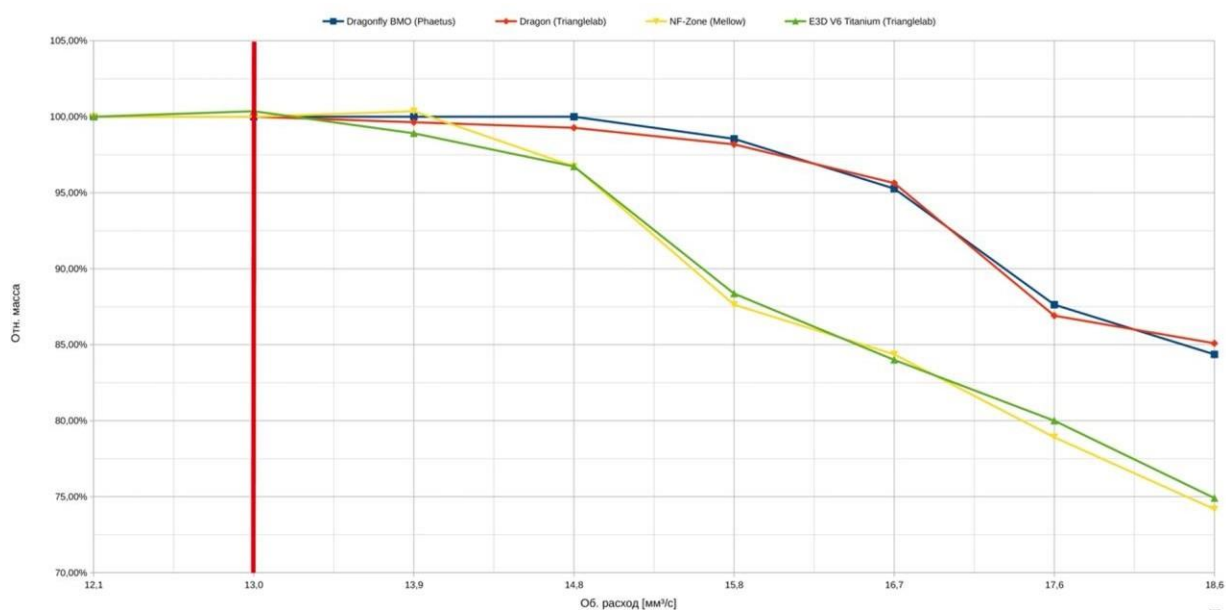


Рисунок 6. Тест объёмного расхода

По горизонтали отложены объёмные расходы в кубических мм в секунды, по вертикали отложены сколько выдавилось пластика по отношению тому, сколько должно было выдавиться.

Мы видим, что при 13.0 кубических мм в секунды, все хотэнды работают нормально. Но при больших объёмах, хотэнды постепенно выдают экструзию, то есть, выдавливают меньше пластика.



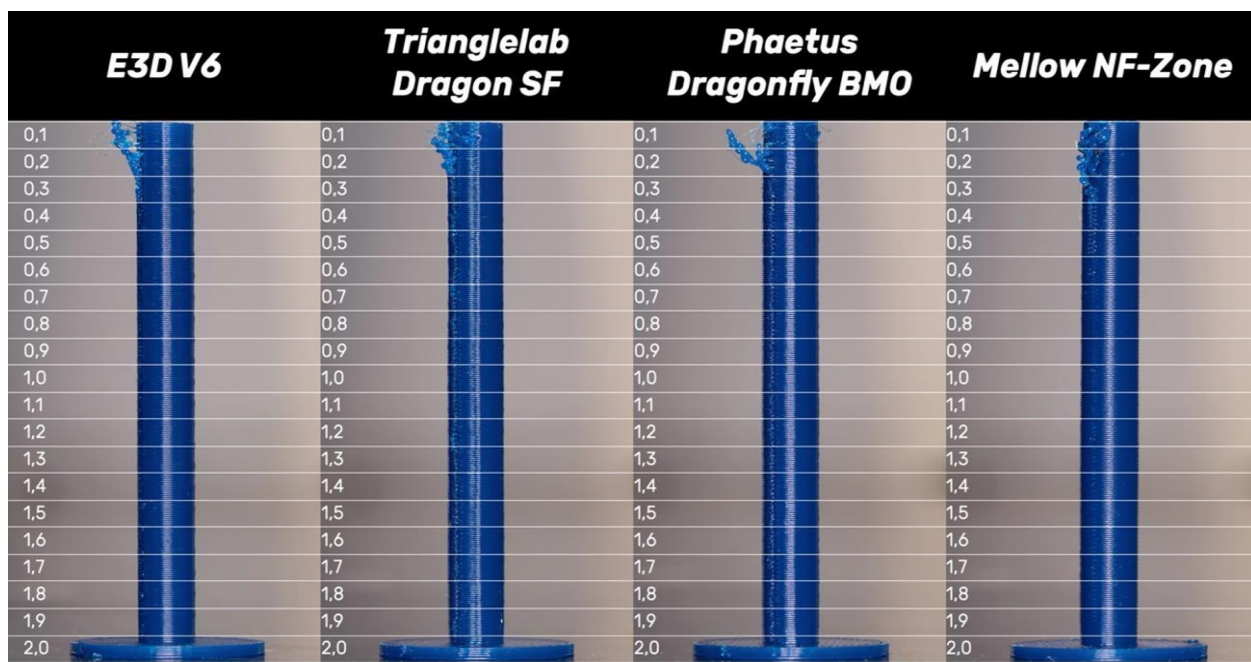


Рисунок 7. Тест откатов

Здесь же можно сказать, что с откатом все хотэнды работают на 5 с плюсом.

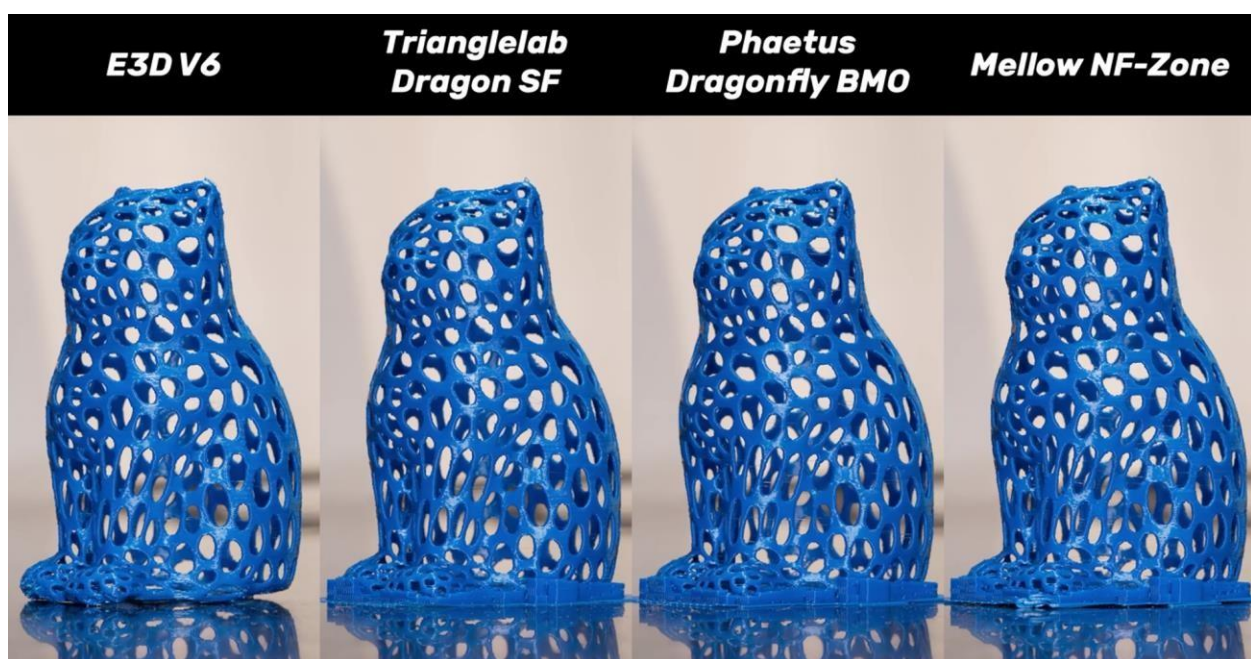


Рисунок 8. Тест на пробки

Тут тоже самое, хотэнды работают отлично и даже намёков нету на пробки.

### Выводы и сравнение





			
<b>E3D V6</b>	<b>Dragon ST</b>	<b>Dragonfly BMO</b>	<b>NF-Zone</b>
<b>масса</b>			
<b>31.5г</b>	<b>49.2г</b>	<b>46.3г</b>	<b>25.9г</b>
<b>откат</b>			
<b>0.4мм</b>	<b>0.3мм</b>	<b>0.3мм</b>	<b>0.4мм</b>
<b>LA</b>			
<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
<b>макс. об. расход</b>			
<b>13.9-15.8мм³/с</b>	<b>&lt;15.8мм³/с</b>	<b>&lt;15.8мм³/с</b>	<b>13.9мм³/с</b>
<b>цена</b>			
<b>~13-17\$</b>	<b>73.5\$</b>	<b>57,5\$</b>	<b>34\$</b>

Рисунок 9. Сравнение хотэндов

Хотэнд E3D V6 обсуждать смысла нет, это базовый вариант от которого мы будем отталкиваться.

Хотэнд Dragon ST по печати значимого отличия от E3D V6 нету. Но переплачивать за него, я считаю нецелесообразно от того же E3D V6.

Хотэнд Dragonfly BMO по характеристики очень похож на E3D V6, но он намного удобнее чем другие

Хотэнд NF-Zone чуть уступает по характеристикам E3D V6, но он может работать в пассивном режиме.

### Список литературы:

Фотореализм. Профессиональные приемы работы. Авторы: Билл Флеминг.  
Издательство: ДМК, 2000 г.

Текстурирование трехмерных объектов. Авторы: Билл Флеминг.  
Издательство: ДМК, 2004 г.

3D-моделирование и анимация лица. Авторы: Джейсон Осипа. Издательство: Sybex, 2008 г.

3ds Max. Профессиональная анимация Авторы: Крис Ньюхан, Джош Бук. Издательство: Триумф, 2006 г.