

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДАМИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

**Рябчиков А.Н.**

Украинская инженерно-педагогическая академия, г.Харьков, Украина

*При анализе методов прототипирования выявлены преимущества и недостатки основных видов 3d принтеров. Исследованы отклонения размеров деталей изготавливаемых на FDM принтерах. Допуски внешних поверхностей направлены наружу, а внутренних поверхностей внутрь, что необходимо учитывать при работе на 3d принтерах.*

**Ключевые слова:** быстрое прототипирование , допуски деталей для 3d печати, методы быстрого прототипирования

### **Постановка задачи**

Качество изделий – это степень соответствия присущих характеристик требованиям. Свойства продукции могут быть охарактеризованы количественно и качественно.

По характеризующим свойствам применяют целый ряд групп показателей, среди которых можно выделить показатели стандартизации и унификации.

Для машиностроительных деталей основными показателями этой группы являются допускаемые отклонения деталей от номинальных. Исследованию данной группы показателей посвящен ряд работ [1-2]. В основном в данных работах исследуются показатели качества типовых деталей, которые изготавливаются известными методами.

При обмере деталей широко используются шаблоны различной формы и назначения. Небольшие радиусы закруглений (галтелей) замеряются радиусомерами, состоящими из набора пластинок, на которых выбиты величины радиусов в мм. Для обмера деталей в производственных условиях используются и более сложные инструменты и приборы. Обмер элементов деталей можно производить разными приемами

Для обмера криволинейных контуров используются различные приемы. Следует помнить, что криволинейные очертания большинства деталей состоят из участков прямых и дуг окружностей различного диаметра.

Для определения размеров более сложных контуров (сочетание нескольких дуг окружностей, прямых и кривых линий) в каждом отдельном случае необходимо изготавливать специальные шаблоны.

Небольшое количество работ связанное с этой проблемой [3] объясняется, прежде всего тем, что изготовление подобных деталей не слишком технологично. Поэтому их применение не достаточно широко распространено.

Развивающиеся в последнее время технологии быстрого прототипирования на наш взгляд значительно расширят ассортимент деталей сложных контуров. [4].

Поэтому представляется актуальным, как разработка методов измерения подобных деталей, так и оценка работа 3d принтеров вообще.

**Цель работы** – на основе анализа имеющихся 3d принтеров разработать их классификацию и произвести оценку быстрого прототипирования внутренних и наружных поверхностей деталей изготовленных на них.

### Методы прототипирования

Быстрое прототипирование – ряд методов, которые позволяют быстро сформировать и масштабировать физическую модель детали или сборки с использованием данных систем трехмерного моделирования САПР.

Преимущества метода быстрого прототипирования состоят в следующем

- Ускорение разработки технологического процесса в 2-4 раза
- Уменьшение стоимости продукции 2-3 раза
- Увеличение гибкости производства
- Интеграция с системами САПР
- Возможность создания детали любой сложности



Рис 1. Виды быстрого прототипирования

Мы считаем, что в настоящее время можно выделить следующие технологии прототипирования (рис. 1).

Стереолитография технология быстрого прототипирования в которой жидкий полимер послойно полимеризуется при помощи лазера.

Отверждение на твердом основании, схоже с методом стереолитографии, но в отличие от данного метода отверждение происходит не в одной точке а по всей поверхности с использованием специально подготовленной маски. Фотополимер в каждой точке покрывается специальной маской и освещается несколько секунд специальной ультрафиолетовой лампой. Использованный жидкий полимер удаляется и отверстия заполняются воском для поддержания следующего слоя.

Быстрое прототипирование, выполняемое по технологии FDM (Fused Deposition Modeling), происходит за счет послойного наложения на контур создаваемого изделия восковой или поликарбонатной нити.

Проходя через головку экструдера, нить нагревается до полурасплавленного состояния. Благодаря этому слои сплавляются между собой и образуют монолитную поверхность. Технология FDM применяется для изготовления единичных образцов продукции.

### Напыление термопластов

На первом шаге процесса, расплавленный пластик подается в пьезоэлектронное устройство сходное по устройству с обычными струйными принтерами.

На втором шаге многосея печатающая головка «выстреливает» небольшие капли материала в точку, используя механизм нагнетания.

#### Лазерное спекание порошков

В ходе SLS с использованием лазера высокой мощности спекаются частицы пластика, металла, керамики или стеклянного порошка в массу которая соответствует трехмерной модели.

#### Моделирование при помощи склейки

Профили объекта вырезаются из бумаги или подобных материалов с использованием лазера. Бумага подается из рулона на печатающий валик который расплавляет пластиковую основу бумаги и тем самым соединяет ее с предыдущим слоем. Затем из слоя с помощью лазера вырезается необходимый профиль.

### Многосопельное моделирование

Использует воскоподобные пластиковые материалы. ПО принципу печати сходна с ВРМ, но в отличие от этой технологии использует головку с множеством распылительных сопел.

Регламентируемые уровни точности и применяемые материалы сведены в таблицу.

**Таблица.** Регламентируемые уровни точности и применяемые материалы.

Название метода	Расходные материалы	Разрешение по оси Z
Стереолитография	Любые фотополимеры, ABS, PBT, резины; специально разработанные кермико-механические сплавы	0.025 мм
Отверждение на твердом основвании	Фотополимеры	0.05 мм
Нанесение термопластов	ABS, ABSi, PC, PC-ABS и PC-ISO, PPS	0.13 мм (Range: 0.33мм- 0.13мм)
Распыление термопластов	Основанные на акриле термопластики, Натуральный и искусственные воски, сложные жирные эфиры	0.013 мм
Лазерное спекание порошков	Пластики - Plastics – полистирол, нейлон, стеклонейлон, алюмид (смесь алюминия и нейлона), Металы - алюминий, сталь, titanium, золото (теоретически любой метал)	0.2мм for plastics, 0.02мм for metals

Моделирование при помощи склейки	Обычно любая бумага, но с недавнего времени также пластиковые пленки	0.1 мм (бумага) и 0.15(пластик)
Многосопельное моделирование	VisiJet® EX200, SR200 & HR200 Пластик	0.025-0.05мм

Исходя из приведенного анализа самым совершенным, является способ SLS. Наиболее доступным и распространенным является группа способов FDM, которым мы посвятим дальнейшие исследования.

Как уже отмечалось, регламентируемые уровни точности, не всегда достигаются в реальных установках, кроме того ни в одном источнике не указано расположение поля допуска, что может быть очень важным при проектировании и создании сопрягаемых деталей

Для оценки полей допусков деталей изготовленных на 3d принтере были разработаны и изготовлены детали с внешними и внутренними поверхностями (рис. 2).



Рис 2 Детали, изготовленные на 3d принтере

Были проведены измерения выборки деталей и построены гистограммы отклонения от номинальных размеров, показанные на Рис. 3.

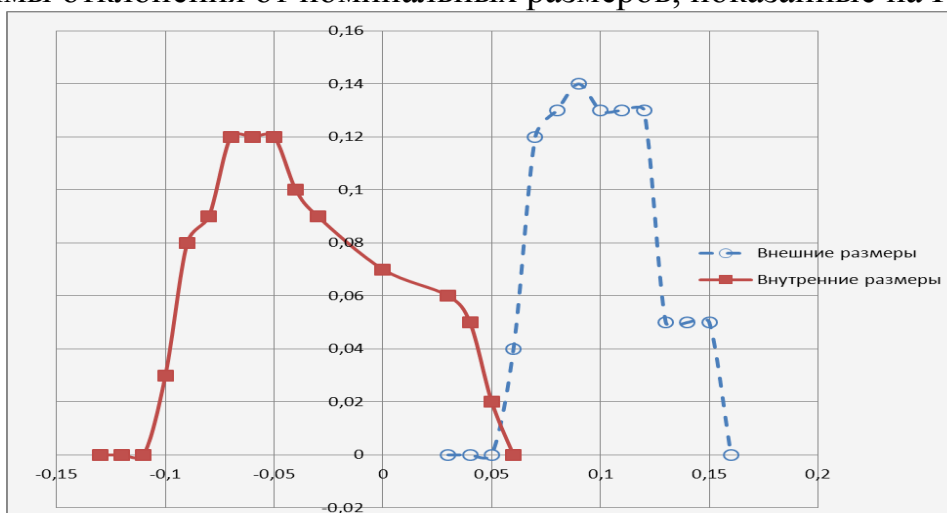


Рис 3. Гистограммы распределений отклонений внутренних и внешних размеров

Проверка данных измерений по критерию Пирсона показал, что закон распределения отклонений близок к нормальному с показателями: для внутренних поверхностей математическое ожидание -  $-0,05$  мм, среднеквадратическое отклонение  $0,03$  мм. Для внешних поверхностей математическое ожидание  $+0,115$ , среднеквадратическое отклонение  $0,025$

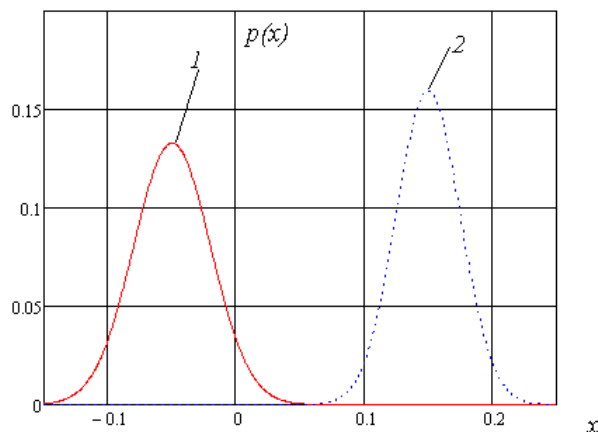


Рис 4. Нормальное распределение отклонения размеров.

1 – внутренних, 2 – внешних

Как видим допуски внешних поверхностей деталей изготовленных на 3d принтере направлены наружу, а внутренних поверхностей внутрь, что необходимо учитывать при конструировании деталей изготавливаемых методами быстрого прототипирования .

### Выводы

При анализе методов прототипирования выявлены преимущества и недостатки основных видов 3d принтеров. Исследования отклонения размеров изготавливаемых на FDM принтерах реальные размеры получают в виде: для внутренних размеров  $x = x_{nom}^{+0,04}_{-0,16}$ , для внешних  $x = x_{nom}^{+0,19}_{+0,04}$ .

### Литература:

1. Трищ Р. М.. Оценка точности по малому количеству испытаний [Текст] / Р. М. Трищ // Науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, науковців, аспірантів та співробітників академії (38-ма; 24-25 січня 2005; Харків). Ч.1 : збірник тез доповідей / Укр. інж. - пед. академія. - Х. : Б.в., 2005. - С. 71-72.
2. Трищ Р.М. Развитие научных основ управления качеством в машиностроении в условиях ограниченного количества информации [Текст] : диссертация на соискание уч. степени д.т.н. Спец. 05.01.02- стандартизация и сертификация. Научный консультант Б.М. Арпентьев, д.т.н., проф. / Р. М. Трищ ; КНУТД. - Х. : Украинская инженерно-педагогическая академия, 2007. - 323 л.
3. Калинин Н.С., Лоншаков Н.П. Способ автоматического измерения криволинейных профилей деталей SU538218 МПК G01/28 Заявка: 2086477, 18.12.1974 Опубликовано: 05.12.1976
4. Kenneth G. Kooper Rapid Prototyping Technology: Selection and Application New York: Basel .- 2005 . - 205 p

Рябчиков О.М.

**ОЦІНКА ЯКОСТІ ВИРОБІВ, ОДЕРЖУВАНИХ МЕТОДАМИ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ**

*При аналізі методів швидкого прототипування виявлені переваги і недоліки основних видів 3d принтерів. Дослідженні відхилення розмірів деталей, що виготовляються на FDM принтерах. Допуски зовнішніх поверхонь направлені назовні, а внутрішніх поверхонь всередину, що необхідно урахувати при роботі на 3d принтерах.*

**Ключові слова:** швидке прототипування, допуски деталей для 3d-друку, методи швидкого прототипування

Ryabchikov A. N.

### **EVALUATION OF QUALITY PRODUCTS RECEIVED RAPID PROTOTYPING**

*During rapid prototyping techniques analysis revealed the advantages and disadvantages of main types of 3d printers. Deviations size of details produced on FDM printers were investigated. Tolerances of external surfaces facing outward and inner surfaces inside that must be considered during work on 3d printers.*

**Keywords:** rapid prototyping, component tolerances for 3d-printing, rapid prototyping methods

Рябчиков Александр Николаевич, аспирант кафедры Охраны труда,  
стандартизации и сертификации Украинской инженерно педагогической  
академии,  
61003, Харьков, пр.Курчатова, 17, кв.30  
(057)335-39-31, 050 733 63 71