

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ 3D ПРИНТЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИКАЛЬНОЙ 5 ОСЕВОЙ КИНЕМАТИКОЙ

Пащенко Антон Сергеевич

студент, Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал в г. Шахты) Донского государственного технического университета, РФ, г. Шахты

Наумов Иван Иванович

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал в г. Шахты) Донского государственного технического университета, РФ, г. Шахты

При работе с трехмерной печатью посредством печати на стандартных трехмерных принтерах достаточно много времени и энергии тратится на печать поддерживающих элементов. Уникальная кинематика с применением 5-ти осей перемещения печатной поверхности позволяет избавиться от большей части поддержек путем изменения наклона печатной поверхности.

В ходе исследования энергоэффективности трехмерного принтера с уникальной 5ти осевой кинематикой были проведены замеры потребления электроэнергии при использовании 3д принтера Ender 3

Мы проверили следующие элементы 3D принтера с помощью ватт-метра.

Каждый элемент устройства в разных режимах работы потребляет разное количество энергии, поэтому мы делали замеры стандартных программ управления.

Применяемый пластик: ABS

Температуры экструдера: 200 градусов

Температура стола: 50 градусов

Скорость заполнения: 50мм/с

Скорость печати стенок: 25мм/с

Скорость перемещения: 150мм/с

Таким образом, согласно заданным параметрам мы измерили среднее значение потребления отдельных узлов:

- экструдер — 37 Вт ($37 \text{ Вт} - 40 \% = 22,2 \text{ Вт}$);
- стол с подогревом — 150 Вт ($150 \text{ Вт} - 50 \% = 75 \text{ Вт}$);
- двигатели в режиме работы — 10 Вт;
- двигатели в режиме простоя — 2 Вт;

- Контроллер управления — 5 Вт.

При использовании 5 осей потребление соответственно меняется

- экструдер — 37 Вт (37 Вт - 40 % = 22,2 Вт);

- стол с подогревом — 150 Вт (150 Вт - 50 % = 75 Вт);

- двигатели в режиме работы — 15 Вт;

- двигатели в режиме простоя — 2 Вт;

- Контроллер управления — 5 Вт.

При выполнении замеров принтера в целом, а не его отдельных частей, в расчетах может возникнуть погрешность. Так как экструдер и подогрев стола работают во время печати не постоянно, а около 50-60 % от всего времени печати изделия. Поэтому от полученных показателей потребления электроэнергии столом и экструдером необходимо вычесть 40-50 % величины.

Таким образом среднее потребление электроэнергии данным устройством составляет $22,2 + 75 + 10 + 5 = 112,2 \text{ Вт/ч}$

А при использовании 5 осей $22,2 + 75 + 15 + 2 + 5 = 119,2 \text{ Вт/ч}$

Для измерения целесообразности применения 5 осей в печати по технологии FDM был произведен расчет времени работы и количества пластика для принтера Ender3 в программном обеспечении ultimaker cura.

Расчет был произведен для четырех деталей.

Первую деталь можно увидеть на рисунке 1

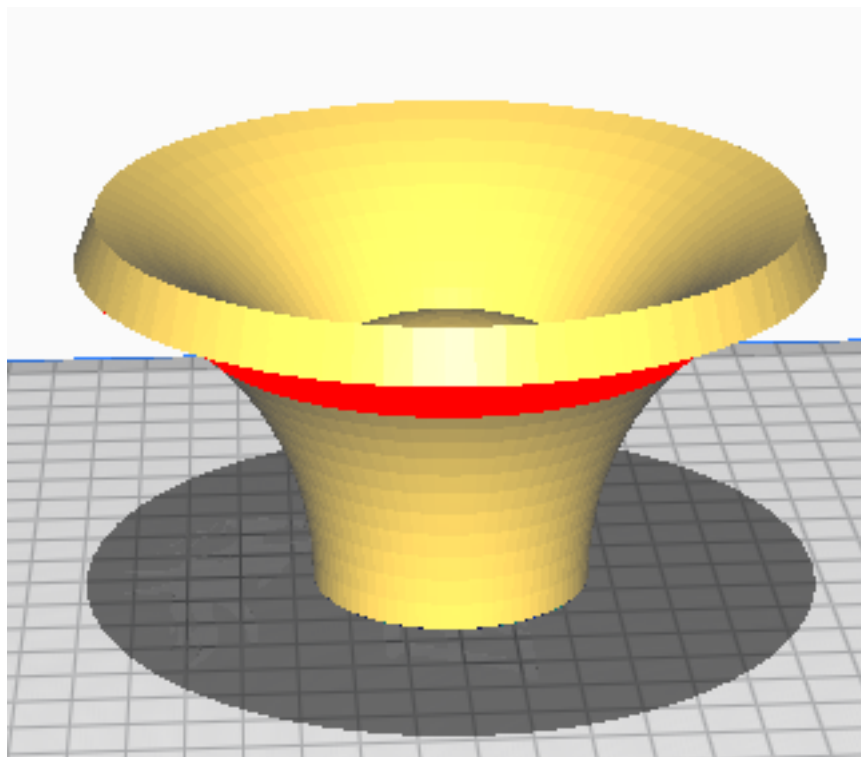


Рисунок 1. Деталь 1

Время печати данной детали с 20% заполнением стенок на принтере Ender3 составляет 33 часа 10 минут.

Из этого времени 56% времени, а именно 18:25 минут уходит на печать поддержек. На изображении отмечены красным места где необходимы поддержки, в случае их отсутствия при последовательном наплавлении слоев стенка будет стекать вниз под действием силы тяжести.

Для печати данной модели должно быть использовано 87,5м нити PLA пластика, полезными из которых являются лишь 33м, остальная часть отводится на печать поддержек.

Из этого мы можем сделать расчет потребления электроэнергии при печати данной модели $33 \cdot 112,2 = 3702 \text{Вт}$ или 3,7кВт

При использовании предлагаемой мной конструкции, которая позволяет избавиться от поддержек значительно сокращается время печати, что приводит к значительному сокращению потреблению энергии и материала.

Время печати данной детали без использования поддержек составит 15 часов 30 минут, из этого мы можем посчитать примерное количество энергии для печати: $15,5 \cdot 119,2 = 1847 \text{Вт/с}$ или 1,8кВт.

Вторую деталь можно увидеть на рисунке 2

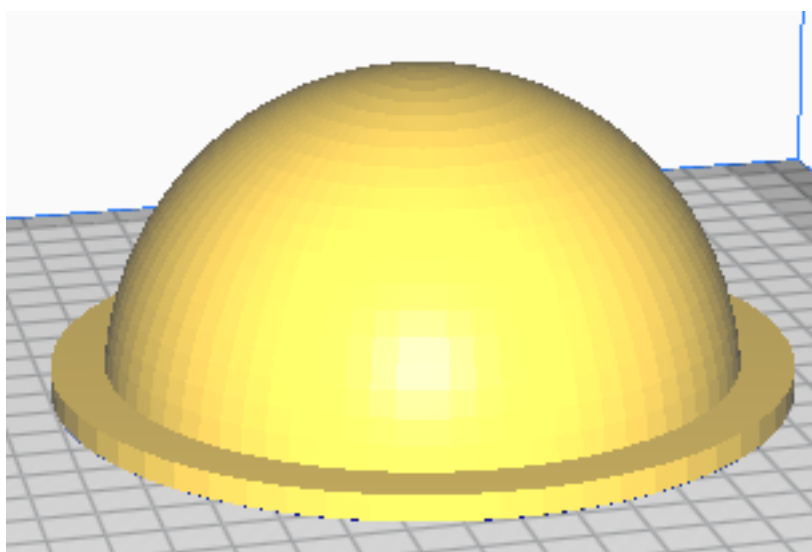


Рисунок 2. Деталь 2

Время печати данной детали с 20% заполнением стенок на принтере Ender3 составляет 17 часов.

Из этого времени 32% времени, а именно 5 часов 30 минут уходит на печать поддержек. Большая часть детали, это полусфера, при печати которой внутри образует полая область, которая в свою очередь требует огромного количества поддержек.

Для печати данной модели должно быть использовано 49м нити PLA пластика, полезными из которых являются лишь 31м, остальная часть отводится на печать поддержек.

Из этого мы можем сделать расчет потребления электроэнергии при печати данной модели $17,5 \cdot 112,2 = 1963 \text{Вт}$ или 1,9кВт

При использовании предлагаемой мной конструкции, которая позволяет избавиться от поддержек значительно сокращается время печати, что приводит к значительному сокращению потреблению энергии и материала.

Время печати данной детали без использования поддержек составит 12 часов, из этого мы можем посчитать примерное количество энергии для печати: $12 \cdot 119,2 = 1430 \text{Вт/с}$ или 1,4кВт.

Третью деталь можно увидеть на рисунке 3

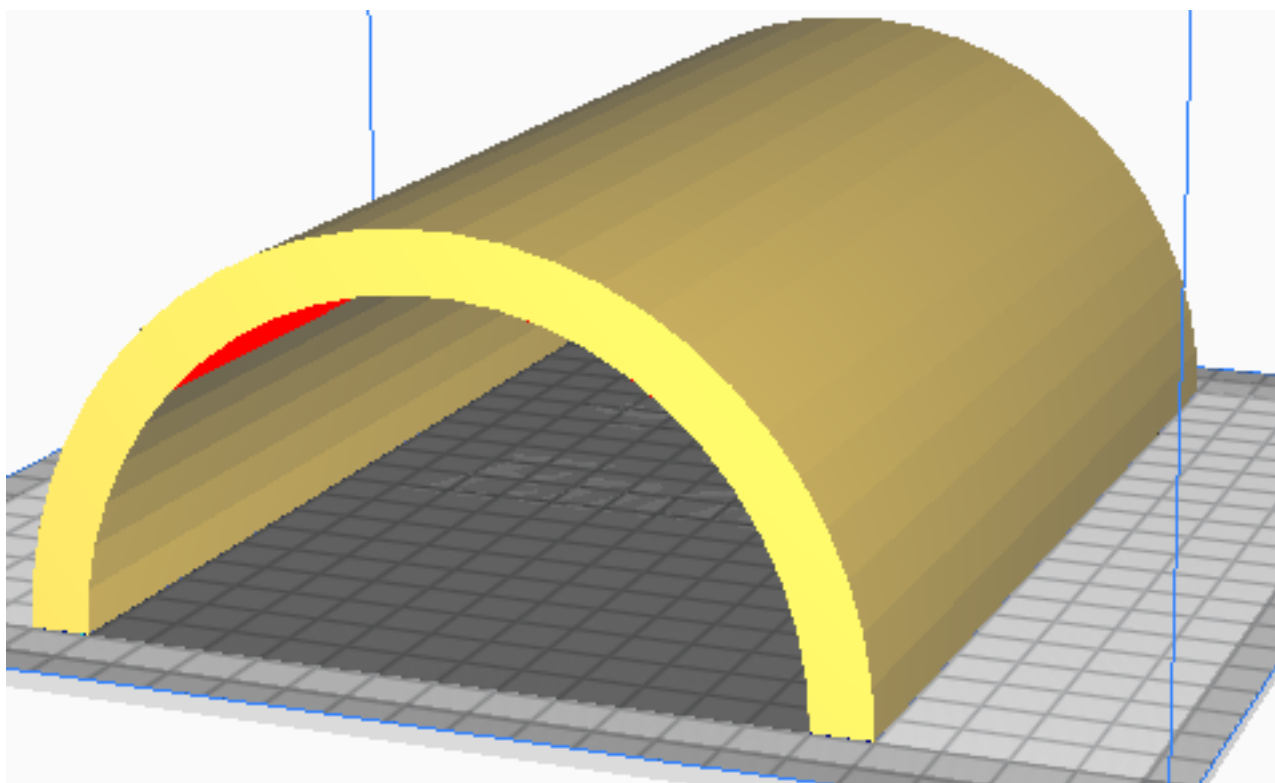


Рисунок 3. Деталь 3

Время печати данной детали с 20% заполнением стенок на принтере Ender3 составляет 53 часа.

Из этого времени 56%, а именно 30 часов уходит на печать поддержек. На изображении отмечены красным места где необходимы поддержки, в случае их отсутствия при последовательном наплавлении слоев стенка будет стекать вниз под действием силы тяжести.

Для печати данной модели должно быть использовано 150м нити PLA пластика, полезными из которых являются лишь 59м, остальная часть отводится на печать поддержек.

Из этого мы можем сделать расчет потребления электроэнергии при печати данной модели $53 \cdot 112,2 = 5946 \text{Вт}$ или 5,9кВт

При использовании предлагаемой мной конструкции, которая позволяет избавиться от поддержек значительно сокращается время печати, что приводит к значительному

сокращению потреблению энергии и материала.

Время печати данной детали без использования поддержек составит 23 часа, из этого мы можем посчитать примерное количество энергии для печати: $23 \cdot 119,2 = 2741 \text{ Вт/с}$ или 2,7 кВт.

Вторую деталь можно увидеть на рисунке 4



Рисунок 4. Деталь 4

Время печати данной детали с 20% заполнением стенок на принтере Ender3 составляет 20 часов.

Из этого времени 46% времени, а именно 9 часов 30 минут уходит на печать поддержек. Большая часть детали является нависающей над основанием.

Для печати данной модели должно быть использовано 40м нити PLA пластика, полезными из которых являются лишь 28м, остальная часть отводится на печать поддержек.

Из этого мы можем сделать расчет потребления электроэнергии при печати данной модели $20 \cdot 112,2 = 2244 \text{ Вт}$ или 2,2 кВт

При использовании предлагаемой мной конструкции, которая позволяет избавиться от поддержек значительно сокращается время печати, что приводит к значительному сокращению потреблению энергии и материала.

Время печати данной детали без использования поддержек составит 9 часов 30 минут, из этого мы можем посчитать примерное количество энергии для печати: $9,5 \cdot 119,2 = 1132 \text{ Вт}$ или 1,1 кВт.

Ниже приведена таблица 1 описывающая время печати в зависимости от заполнения стенок и наличия поддержек.

Таблица 1

Сводная таблица времени печати

деталь	Заполнение	время общее	время на печать поддержек	Процент времени на печать поддержек	общий вес детали	длина нити	длина нити без поддержек
деталь1	20%	33:10	18:26	56%	261г	87,53м	33м
деталь1	40%	36:36	18:25	50%	306г	102,5м	48м
деталь1	90%	44:55	18:25	41%	417г	140м	85,3м
деталь2	20%	17:31	5:38	32%	146г	48,94м	31,28м
деталь2	40%	20:49	5:34	27%	189г	63,52м	45,86м
деталь2	90%	28:48	5:34	19%	298г	100м	82,27м
деталь3	20%	52:56	30:01	56%	447г	150м	59,33м
деталь3	40%	59:17	29:55	50%	532г	178,5м	87,7м
деталь3	90%	75:06	30:04	40%	744г	249м	158м
деталь4	20%	20:23	9:24	46%	202г	68м	40м
деталь4	40%	25:54	9:25	36%	287г	97м	69м
деталь4	90%	30:29	9:24	24%	500г	170м	140м

Данные расчёты позволяют нам понять, что большую часть энергии, затрачиваемой на печать тратится на нагрев экструдера и нагрев рабочего стола, уменьшая общее время работы принтера мы можем добиться наибольшей энергоэффективности устройства. Соответственно уникальная 5-ти осевая кинематика позволяет значительно сократить общее время работы устройства и сэкономить значительную часть энергии.

Список литературы:

1. Наумов И.И. Разработка переносного комплекса с поворотной платформой для контурной обработки стационарных поверхностей: кандидат технических наук, ЮРГУЭС, Шахты, 2011 (дата обращения: 20.04.2019).
2. Механика самодельного станка ЧПУ // RCdesign URL: http://www.rcdesign.ru/articles/tools/cnc_mechanics (дата обращения: 26.05.2019).
3. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления. Москва: Логос, 2005.