А. В. Ваганов, А. М. Макаров, А. В. Малолетов, Е. А. Дьяченко
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ 3D ПЕЧАТИ
Волгоградский государственный технический университет
E-mail: usersnowman@mail.ru

Проводится исследование удельного времени 3D печати по технологии FFF одного грамма материала. Описывается методика проведения исследования, используемое программное обеспечение и его настройки при проведении исследования, проводится анализ полученных данных и итоговых результатов.
Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D печать, 3D принтер, производительность.

A. V. Vaganov, A. M. Makarov, A. V. Maloletov, E. A. Dyachenko
RESEARCH SPECIFIC TIME OF 3D PRINTING
Volgograd State Technical University

A study of the specific time of 3D printing using the FFF technology of one gram of material is being carried out. It describes the methodology of the study, using software, and configure it in a study, an analysis of the data and the final results.
Keywords: additive technologies, 3D printing, 3D printer, productivity.

Введение

На сегодняшний день аддитивные технологии (3D печать) пользуются большой популярностью в науке и промышленности. Наибольшее распространение получили устройства, работающие по технологии FFF (FusedFilament-Fabrication) – производство методом наплавления нитей. Актуальность FFF технологии обусловлена возможностью создавать изделия сложной формы, доступностью устройств печати и материалов, при этом производство может быть штучным. Данная технология имеет и ряд существенных недостатков, одним из которых является низкая производительность (печать одной детали может занимать несколько дней) [1–6].

Целью данного исследования является определение удельного времени 3D печати – времени, за которое 3D принтер способен напечатать один грамм материала.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования используется программное обеспечение UltimakerCura версии

3.6.0, которое при подготовке 3D модели к печати позволяет в автоматическом режиме рассчитывать время печати и массу конкретной 3D модели. Настройки программного обеспечения, используемые в ходе исследования и способные влиять на результат, приведены в табл. 1.

Таблица 1
**Настройки программного обеспечения
UltimakerCura**

Диаметр сопла	0,4 мм
Толщина слоя	0,2 мм
Заполнение модели	100 %
Скорость печати	60 мм/с
Заполнение поддержек	15 %

Сущность исследования заключается в следующем: в программное обеспечение Ultimaker-Cura загружается 3D модель, программа рассчитывает время печати и массу детали, полученные данные записываются в таблицу, фрагмент которой представлен в табл. 2. С помощью

полученных данных рассчитывается удельное время печати одного грамма материала для данной 3D модели по формуле (1):

$$t_{y\partial} = \frac{t}{m}, \quad (1)$$

где $t_{y\partial}$ – удельное время печати (мин/г); t – вре-

мя печати модели (мин); m – масса модели (г).

При этом используемые единицы измерения не приводятся к системе СИ, так как использование единиц измерения СИ не рационально в данном исследовании.

Таблица 2

Экспериментальные данные десяти моделей

№	Название модели	Масса m , г	Время печати t , мин	Удельное время печати $t_{y\partial}$, мин/г
1	Статуэтка 8 марта	86	479	5,57
2	Обдув экструдера	4	24	6
3	Винт актуатора	415	2314	5,58
4	Зубчатое колесо актуатора	418	2290	5,49
5	Брелок 3Д	2	12	6
6	Бутылка Grass	802	4512	5,63
7	Бюст Маяковского	27	155	5,74
8	Втулка пневмоцилиндра	35	199	5,69
9	Конус	85	490	5,77
10	Кабина трактора	1800	9328	5,18

Результаты и их обсуждение

В ходе работы были исследованы пятьдесят

3D моделей, имеющих различную геометрию, примеры моделей представлены на рисунке.

Примеры исследуемых 3D моделей

По полученным данным рассчитывается среднее значение удельного времени печати по формуле (2):

$$t_{y\partial.cp} = \frac{\sum t_{y\partial}}{50} = 5,62 \text{ мин/г}, \quad (2)$$

где $t_{y\partial.cp}$ – среднее значение удельного времени печати.

При этом максимальное и минимальное удельное время печати составило соответственно 6,29 мин/г и 4,92 мин/г, таким образом

отклонение максимального удельного времени печати 8,4 % и минимального 12,5 %.

В ходе исследования было получено экспериментальное значение удельного времени печати, равное 5,62 мин/г. Полученный результат подтверждает существование проблемы низкой производительности 3Dпринтеров, работающих по FFF технологии, в сравнении с классическим литьем пластиковых изделий и может быть полезен для расчетов, связанных с 3D печатью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Торубаров, И. С.* Анализ подходов к повышению производительности 3D-печати / И. С. Торубаров [и др.] // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 9 (232) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 69–72.

2. *Лисин, Р. А.* Внедрение 3D принтеров и 3D печати в образовательный процесс / Р. А. Лисин // I Всероссийский культурологический форум «Молодежь и культура: образование, техника, инновации» : матер. VI Всерос. студ. науч.-практ. конф. / Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ. – Казань, 2015. – С. 97–99.

3. *Тимуришин, Ю. Ф.* Технологии быстрого прототипирования 3D-печати / Ю. Ф. Тимуришин // Наука сегодня :

задачи и пути их решения : матер. междунар. науч.-практ. конф. – Вологда, 2016. – С. 38–40.

4. *Кокцинская, Е. М.* Технология 3D-печати: обзор последних новостей / Е. М. Кокцинская // Видеонаука. – 2016. – № 2 (2). – С. 6.

5. *Токарев, Б. Е.* Анализ технологий рынка 3D печати: два года спустя [Электронный ресурс] / Б. Е. Токарев, Р. Б. Токарев // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», 2016. – Т. 8. – № 1. – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/28EVN116.pdf> (дата обращения: 10.11.20).

6. *Шмелева, А. А.* Анализ способов автоматического снятия и извлечения напечатанных изделий из камеры 3D-принтера / А. А. Шмелева [и др.] // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 9 (232) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 76–78.