

методических материалов по использованию разработанных учебных или наглядных пособий, организации выполнения курсовых, групповых или самостоятельных работ. В последнем случае необходимо отвести необходимое число часов в учебной программе учащимся по получению необходимых навыков для успешной реализации проекта

На последних этапах оценка эффективности разработанных материалов или методик может быть проведена на основе успеваемости или анкетирования учащихся с помощью соответствующих экспертов в вузе, и, в случае положительных рекомендаций, данные методики могут быть реализованы в необходимой форме. Предполагается, что форма представления материалов, их размещения, форматы проведения экспертиз и оценки полученных методик будут разработаны в ходе проводимого исследования после реализации третьего этапа по внедрению соответствующих программ повышения квалификации для преподавателей и курсов по выбору для учащихся.

Таким образом, опираясь на вышесказанное, можно заявить, что у преподавателей нашего вуза есть реальная возможность обновить свои курсы, внести в них инновационные методы обучения. Нам это видится в преподавании дисциплин выпускающих кафедр инженерного и дизайнерского профиля. По мере накопления наработок к данной проблеме обязательно должна подключиться кафедра технического регулирования и товароведения. На данном этапе очень важно не упустить представленную возможность и занять лидирующую позицию на рынке образовательных услуг. Это повысит конкурентоспособность наших выпускников и как следствие престиж университета.

С 2017 года в нашем университете открывается новая специальность «Производство изделий на основе трехмерных технологий», в которой в полной мере будет задействована по учебному плану аддитивные технологии. Но и «старые» специальности не должны оставаться в стороне от этих современных технологий. Предлагаем преподавателям энтузиастам вводить в свои курсы применение прототипирования.

Технология 3D-печати может стать еще одной информационной технологий, которая может внести значительные изменения в образовательный процесс, привести к появлению новых форм обучения через вовлечение учащихся в проектную деятельность, повышению мотивации, формированию новых компетенций выпускников и преподавателей, развитию новых исследовательских методов и технологий.

Список использованных источников

1. Заседатель В.С. Образовательный потенциал технологий быстрого прототипирования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/220PVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/220PVN515.

УДК 004.925.84 : 655.222.343

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ 3D-ПЕЧАТИ НА ТЕСТОВЫХ МОДЕЛЯХ

Голубев А.Н., ст. преп., Быковский Д.И., студ.

Витебский государственный технологический университет,

г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. *Статья посвящена исследованию влияния различных параметров на точность изделий, полученных на 3D-принтере. Изучалось влияние геометрии 3D-модели и настроек печати принтера Flashforge Finder на погрешности размеров и искажения формы распечатанных изделий. Выявлены ограничения на возможность распечатки изделий с мелкими элементами, исследовано влияние настроек программного обеспечения принтера на точность печати.*

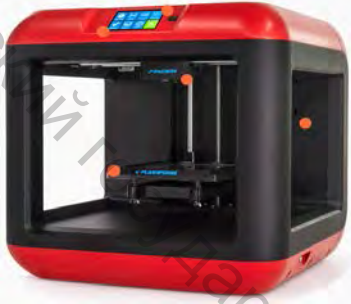
Ключевые слова: 3D-принтер, 3D-печать, аддитивные технологии, точность 3D-печати, тестовые модели для 3D-принтера.

3D-принтер – это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. 3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твердого объекта [1].

Существуют профессиональные модели 3D-принтеров, в которых процесс выбора настроек печати максимально автоматизирован. В более простых моделях выбор многих настроек печати должен производить пользователь. Для таких принтеров актуальной проблемой является изучение степени влияния различных параметров печати на качество и точность печати с целью определения оптимальных настроек, обеспечивающих распечатку изделий максимального качества.

Исследование, рассмотренное в данной статье, выполнялось с применением 3D-принтера Flashforge Finder (рисунок 1), установленного в лаборатории аддитивных технологий «Центр прототипирования» Витебского государственного технологического университета (таблица 1).

Таблица 1 – Внешний вид и технические характеристики принтера Flashforge Finder [2]

Внешний вид	Технические характеристики	
	Технология печати	FDM (послойное наплавление)
	Рабочий материал	PLA (полилактид)
	Рабочая область построения, мм	140 x 140 x 140
	Толщина слоя, мм	0,05-0,3
	Количество печатающих головок	1
	Заявленная точность печати, мкм	100-200

Для оценки точности печати была разработана 3D-модель с набором геометрических элементов различных размеров: выступов, впадин, отверстий, резьб. Пример распечатанной тестовой модели приведен на рисунке 2. Для измерений модели использовали штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм, микрометр с ценой деления 0,01 мм, микроскоп с цифровым окуляром с ценой деления 0,0005 мм.

В ходе эксперимента были поставлены следующие задачи.

1. Выявить ограничения на возможность распечатки мелких геометрических элементов 3D-модели.

2. Изучить влияние на точность получаемых изделий следующих параметров программного обеспечения 3D-принтера: настройка режима качества печати; настройка степени заполнения при печати; настройка коэффициента экструдирования.

Пользователю доступны четыре предопределенных режима качества печати (Resolution): низкое; стандартное; высокое; наилучшее. При выборе одного из режимов автоматически включается соответствующий набор параметров (толщина и количество слоев, скорости движения печатающей головки во время рабочих и холостых перемещений).

Настройка степени заполнения (Fill Density) определяется процентом заполнения структурами поддержки внутренней полости модели при печати.

Коэффициент экструдирования (Extrusion Ratio), также задаваемый в процентах, позволяет управлять интенсивностью подачи материала в печатающую головку принтера.

В ходе эксперимента были распечатаны и измерены по пять тестовых моделей с четырьмя режимами качества печати. При печати в режиме низкого качества менялась также настройка степени заполнения (15 % и 75 %). Коэффициент экструдирования при печати составил 109 %. Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики.

При оценке качества печати мелких (менее 1 мм) геометрических элементов были получены следующие результаты. Алгоритм печати при данных настройках не позволяет получать на готовом изделии элементы с размерами меньше определенных значений, а именно:

- с толщиной выступов менее 0,75 мм при всех режимах качества;
- с толщиной пазов менее 0,5 мм для режима низкого качества и менее 0,25 мм режима стандартного качества и выше;
- с шагом зубчатой рейки менее 0,25 мм при всех режимах качества.

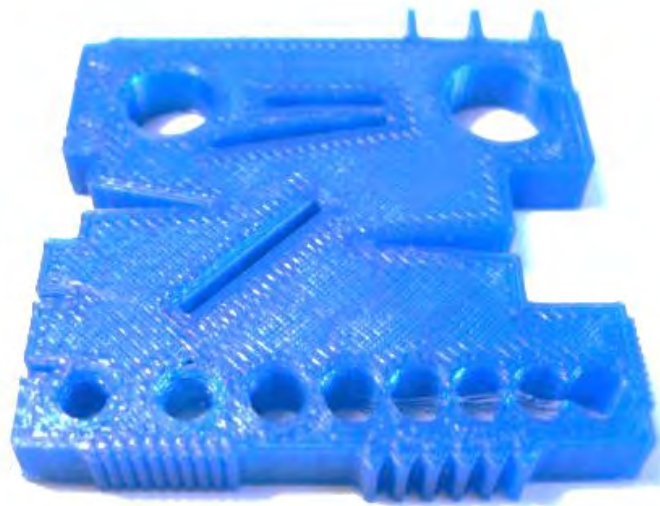


Рисунок 2 – Тестовая модель, распечатанная на принтере Flashforge Finder

Качество печати крупных геометрических элементов оценивалось по абсолютной и относительной погрешности размера элемента на распечатанном изделии по сравнению с размером, заданным в модели (номинальным размером). Результаты измерений открытого паза (внутренний размер) с номинальным значением 8,69 мм и ширины модели (наружный размер) с номинальным значением 40 мм приведены в таблице 2.

Как следует из анализа данных таблицы, не наблюдается существенного влияния рассмотренных настроек (режим качества печати; степень заполнения) на величину абсолютной погрешности размеров изделия. При этом внутренние размеры в изделии, по сравнению с номинальными, уменьшились, наружные – увеличились.

Предполагается, что такой результат может быть объяснен увеличенным значением (109 %) настройки коэффициента экструдирования.

Таблица 2 – Результаты измерений тестовых моделей

Режим качества; степень заполнения	Внутренний размер 8,69 мм			Наружный размер 40 мм		
	Размер в изделии, мм	Погрешность		Размер в изделии, мм	Погрешность	
		Абсолютная, мм	Относительная		Абсолютная, мм	Относительная
Низкое; 15%	8,51	-0,18	-2,1%	40,28	0,28	0,7%
Низкое; 75%	8,47	-0,22	-2,5%	40,26	0,26	0,7%
Стандартное; 15%	8,48	-0,21	-2,4%	40,18	0,18	0,5%
Высокое; 15%	8,45	-0,24	-2,7%	40,10	0,10	0,3%
Наилучшее; 15%	8,55	-0,14	-1,6%	40,11	0,11	0,3%

Таким образом, в ходе работы выявлены ограничения на возможность распечатки мелких геометрических элементов в изделиях, а также исследовано влияние различных настроек программного обеспечения принтера Flashforge Finder на точность печати. Полученные результаты могут способствовать более обоснованному выбору настроек с целью повышения качества распечатанных изделий. Ведется разработка прикладного приложения, которое позволит автоматизировать выбор настроек принтера в зависимости от заданных условий с учетом анализа геометрии 3D-модели.

Список использованных источников

1. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – Москва : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
2. Flashforge Finder 3D Printer. User Guide [Электронный ресурс]. –Режим доступа : <http://static.creativetools.se/misc/doc/flashforge/finder/Finder-User-Guide.pdf>.