

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА ПЕЧАТИ НА 3-D ПРИНТЕРЕ

Лапко Ольга Павловна, магистрант
Ковалева Ирина Львовна, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет
0603ola@gmail.com

PREPARING DATA FOR DIAGNOSING THE 3D PRINTING PROCESS

Аннотация: 3D-печать - это процесс создания трехмерных объектов путем нанесения слоев материала на основе цифровой модели с помощью 3D-принтера. Для достижения максимального результата необходима настройка параметров, таких как температура печати, скорость движения печатающей головки, высота слоя, заполнение модели и других. А для избежания большого количества перепечатываний нужна диагностика процесса печати. Все это возможно сделать с помощью слайсера Cura. Он является одним из лучших, так как имеет большое количество параметров для настройки. Также Cura позволяет пользователю в некоторой степени контролировать движение экструдера. В слайсере можно посмотреть траекторию экструдера на каждом слое.

Abstract: 3D printing is a process of designing three-dimensional objects. Technology is based on applying layers one on top of the other by the pattern (digital model). Parameter setting such as printing temperature, print head speed, layer height, model filling, etc is required to achieve the maximum result. Printing diagnostics is required to avoid a huge number of reprintings. All of those things can be done with Cura. It is one of the best because it has many setting options. Also Cura allows user to control extruder movement. It's possible to see extruder trajectory on each layer.

Ключевые слова: 3D-принтер, разработка модели, параметры печати, Cura Ultimaker, слой

Key words: 3D-printer, 3D model design, print options, Cura Ultimaker, layer

Введение. 3D-печать - технология, позволяющая создавать объекты путем наложения материала. Существуют различные технологии печати, такие как экструзия, порошковый метод и многоструйное моделирование, и, соответственно, разные типы принтеров.

Перед печатью необходимо разработать и построить 3D-модель печатаемого объекта. Для этого, в зависимости от предъявляемых требований, можно использовать различные приложения. К примеру, для

разработки деталей с четкими размерами используются САД-системы. Одной из программ, удобных для создания моделей под печать, является КОМРАS 3D.

Когда модель детали разработана, ее необходимо экспортировать в 3D-файл и обработать слайсером для нарезки на слои и вывода в виде G-кода (Gcode). G-код по сути, представляет собой просто текстовый документ со списком команд для 3D-принтера, которые нужно прочитать и выполнить 3D-принтеру, например, установить температуру экструдера, переместить экструдер в заданном направлении и т. д.

В научно-исследовательской лаборатории ФИТР в БНТУ занимаются разработкой конструкции строительного 3D-принтера для печати промышленных изделий [1]. На текущий момент в конструкции 3D-принтера не предусмотрена система диагностики процесса печати. Отсутствие мониторинга может привести к тому, что принтер будет продолжать печать в случаях различных форс-мажоров, например, если будет использована некачественная смесь. Раствор может «поползти», а принтер при этом продолжит печатать. В случае печати громоздких и сложных изделий будут впустую потрачены время и материалы, которые можно было бы сэкономить при отслеживании процесса печати. Для диагностики параметров печати предлагается использовать возможности слайсеров.

Настройка параметров процесса печати. Для диагностики параметров процесса печати в большинстве популярных 3D-слайсерах реализована возможность просмотра G-кода, в котором отражены все параметры печати. Но в некоторых из них из-за проблем с синхронизацией визуализация может опережать реальный процесс на несколько секунд. Например, G-кода viewer в OctoPrint достаточно точно попадает в синхронизацию с реальным прогрессом печати. А вот в мобильном приложении OctoRemote рассинхронизация может составлять несколько слоев.

В качестве слайсера для описанного выше 3D-принтера удобно использовать Cura (продукт компании Ultimaker), который можно считать общим стандартом [2]. Слайсер совместим с большинством 3D-принтеров, поддерживает множество форматов файлов 3D-моделей, таких как STL, 3MF, OBJ, X3D. Функционал слайсера, как и список форматов, можно легко расширить с помощью плагинов. В открыт доступ к G-коду, а также существует возможность его редактирования. В случае необходимости устранения проблем с 3D-печатью, можно перейти к этому коду и отрегулировать скорость вращения вентиляторов, высоту слоев и температуру горячего конца в разных точках.

Перед началом работы Cura должна иметь информацию о конкретных характеристиках используемого 3D-принтера. Для этого выполняется настройка профиля, в ходе которой задаются область печати, объем сборки, размер сопла, количество экструдеров и т. д. (рис.1). В Cura существует много уже настроенных профилей для разных принтеров, однако для

настройки характеристик описанного выше 3D-принтера применялся "Пользовательский принтер FFF", где параметры определялись вручную.

Кроме панели настройки принтера в Cura есть еще панель для настройки материалов и температуры и панель для настройки печати. Настройки в Cura удобны тем, что в них предусмотрены всплывающие подсказки.

Результаты печати определяются параметрами, заданными в панели настроек печати. В ней имеется два режима: рекомендуемый режим с наиболее часто используемыми настройками и пользовательский режим для более тонкой настройки процесса 3D-печати.

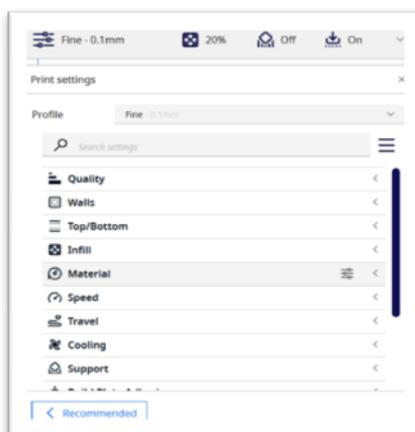


Рис.1. Настройка профиля

Рекомендуемый режим можно использовать на предварительном этапе для тестирования проблем, возникающих при взаимодействии программного обеспечения с 3D-принтером (рис.2).

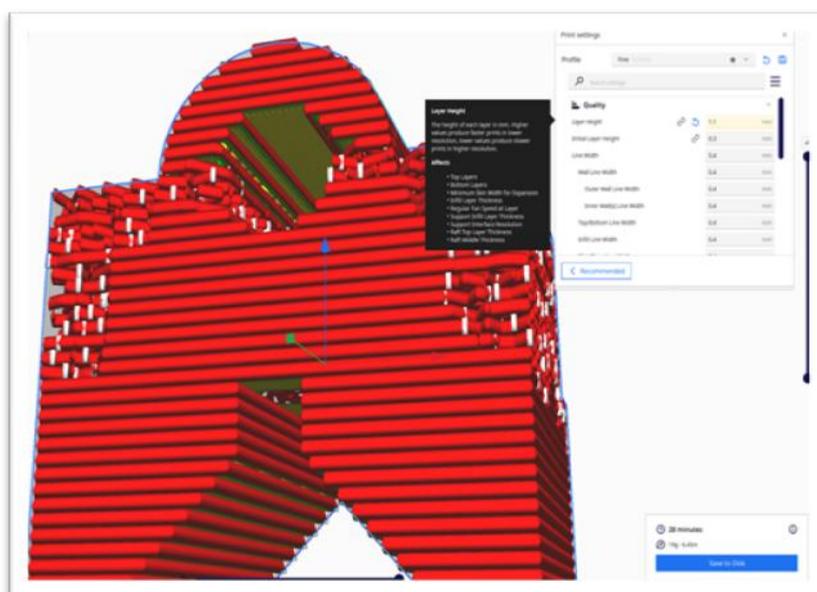


Рис.2. Измененная высота слоя

Важным режимом с точки зрения диагностики процесса печати является пользовательский режим. В нем пользователь может настроить по своему усмотрению высоту каждого отдельного слоя), плотность заполнения, параметры поддержки и настройку первого слоя и др. Выбор каждого из перечисленных параметров является своеобразной задачей принятия решений. Например, чем ниже высота слоя, тем лучше качество печати. Но, чем ниже высота слоя, тем больше времени займет печать. Виды пользовательских настроек приведены на рис.3.

Базовые настройки программы Cura (для диаметра сопла 0.4 мм и пластиковой нити 1.75мм)

Перед началом печати проверить зазор между соплом и стеклом столика
 Нанести на поверхность стекла слой клея (Клей-карандаш)
 Перед извлечением пластиковой нити из экструдера, сначала выдвинуть немного пластика, а уже затем извлекать
 Перед выключением принтера дождаться, пока охладится экструдер

Качество:			
Высота слоя	0,2 (хорошее)	0,3 (среднее)	мм
Высота первого слоя	0,3		мм
Ширина линии	0,4		мм
Ширина линии юбки/каймы	0,4		мм
Ограждение:			
Количество линий стенки	3		
Слои крышки	5		
Слои дна	5		
Шаблон для крышки/дна	Линии		
Заполнение зазоров между стенками	Нигде (Поставить "Везде" при необходимости)		
Печать тонких стенок	Да		
Выравнивание шва по оси Z	Острейший угол		
Настройки угла шва	Спрятать шов		
Заполнение:			
Плотность заполнения	0 (пустотелое)	20 (нормальное)	100 (цельное) %
Шаблон заполнения	Линии		
Материал			
Температура сопла	200-220 PLA	230	PETG
Температура стола	65		
Температура стола для первого слоя	65		
Поток	100		
Скорость			
Скорость печати	35 мм/с		
Скорость заполнения	40 мм/с		
Скорость печати стенок	35 мм/с		
Скорость печати внешней стенки	30 мм/с		
Скорость крышки/дна	35 мм/с		
Скорость перемещения	70 мм/с		
Скорость первого слоя	35 мм/с		
Скорость юбки/каймы	35 мм/с		
Перемещение			
Разрешить откат	да		
Величина отката	2 мм		
Скорость отката	60 мм/с		
Минимальное перемещение при откате	5 мм		
Избегать напечатанных поверхностей при перемеще	да		
Охлаждение			
Включить вентиляторы	да/нет (в зависимости от детали)		
Обычная скорость вентилятора	70 %		
Начальная скорость вентилятора	0 %		
Обычная скорость вентилятора на слое	5		
Генерация поддержек			
Размещение поддержек	да/нет (в зависимости от детали)		
Шаблон поддержек	везде		
Плотность поддержек	линии		
Зазор поддержки сверху	40		
Зазор поддержки по осям X/Y	0,1 мм		
	1 мм		
Тип прилипания к столу			
Количество линий юбки	Юбка Кайма	2	20
Дистанция до юбки		3	мм

Рис.3. Виды пользовательских настроек

Настройка параметров при 3D-печати очень важна для достижения желаемого результата. Вот некоторые из основных параметров, которые можно настроить:

1. Температура печати: различные материалы требуют разных температур для плавления и нанесения. Например, пластиковые материалы, такие как PLA или ABS, имеют разные температурные диапазоны плавления. Правильная температура позволяет материалу правильно плавиться и отверждаться, обеспечивая качественную печать.

2. Скорость движения печатающей головки: скорость перемещения головки также может влиять на качество печати. Слишком высокая скорость может привести к неоднородности и деформации слоев, а слишком низкая скорость может привести к излишней нагрузке на головку и увеличению времени печати. Оптимальная скорость зависит от материала и требуемых характеристик печати.

3. Заполнение модели: заполнение модели определяет структуру внутри объекта. Это может быть сплошное заполнение, сетчатое заполнение или другие варианты. Выбор заполнения зависит от требуемой прочности, веса и структуры объекта.

В Cura можно посмотреть слои, на которые предварительно нарезается модель при подготовке к печати (рис.4). Такая информация особенно важна, когда модель имеет сложную внутреннюю структуру. Режим просмотра позволяет определить, что необходимо изменить.

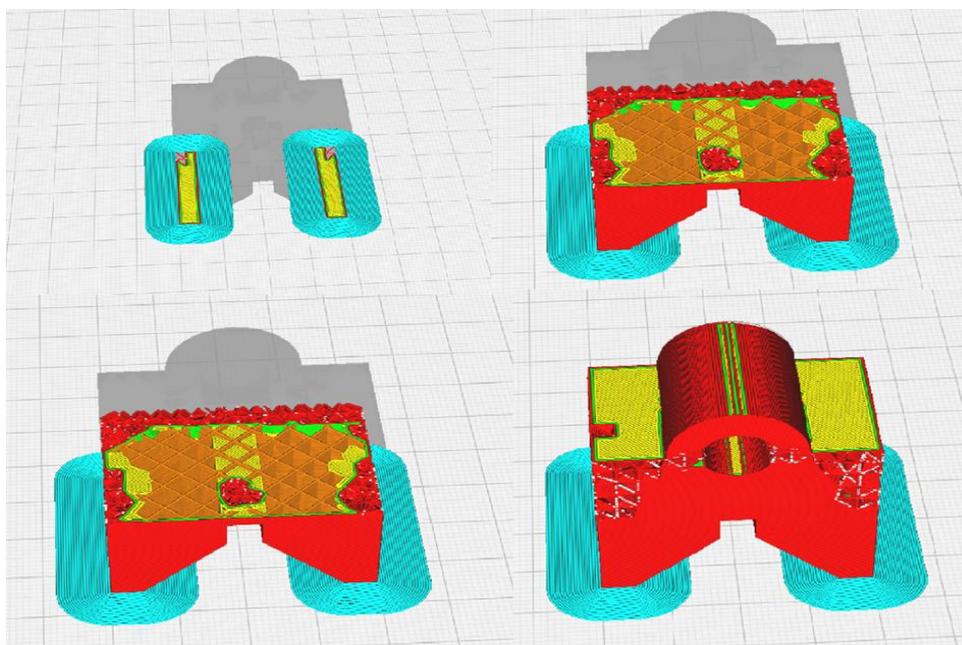


Рис. 4. Нарезка на слои

Траектория движения экструдера в 3D-принтере зависит от конкретной модели и настроек печати. Обычно экструдер перемещается по координатам X, Y и Z, нанося пластиковую нить на поверхность печати. При этом он может двигаться в разных направлениях и с разными скоростями в

зависимости от сложности модели и требуемого качества печати. Важно правильно настроить траекторию движения экструдера, чтобы получить качественный и точный результат. В Cura имеется возможность просмотра траектории движения экструдера при печати каждого из слоев (рис. 5).

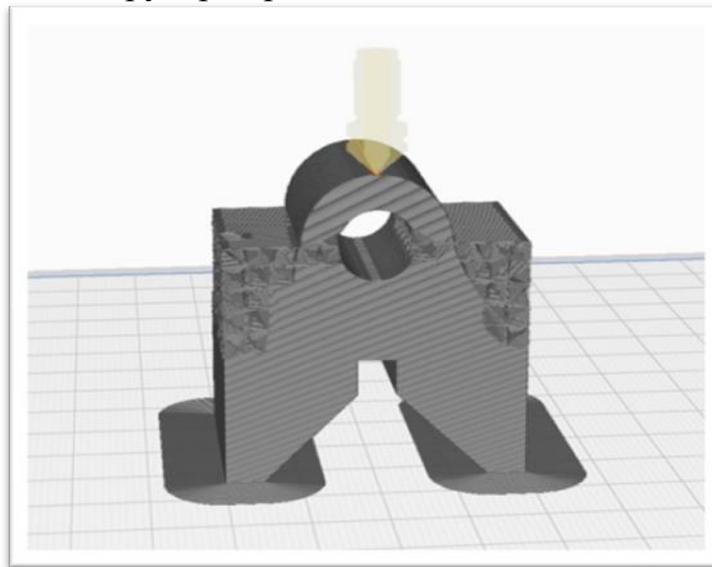


Рис. 5. Движение экструдера

Отслеживание печати в режиме реального времени. С целью дополнительного контроля процесса 3D-печати рекомендуется организовать систему отслеживания работы 3D-принтера в режиме реального времени. Основными элементами такой системы являются источник бесперебойного питания, который позволит обеспечить безотказную работу 3D-принтера, и устройство дистанционного отключения электропитания, которое представляет собой программируемый сетевой фильтр с LAN или wi-fi интерфейсом. Встроенный web-сервер обеспечит подключение к локальной сети и позволит дистанционно управлять электропитанием. Наблюдение за процессом работы 3D-принтера можно осуществлять с помощью камеры.

Заключение. Использование двух подходов к диагностике процесса печати позволит не только получить промышленное изделие высокого качества в ожидаемое время, но и уберечь 3D-принтер от поломок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапко О.П., Ковалева И.Л. Отслеживание процесса печати на строительном 3D-принтере.// Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы XI международной научно-практической конференции /ред.кол.: Околов А.Р. (гл.ред.) [и др.] Минск: Бизнесофсет, 2023 – С. 89-90.
2. Топ лучших бесплатных программ слайсеров для 3D-печати в 2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cvetmir3d.ru/blog/news/top-luchshikh-programm-slayserov-dlya-3d->

УДК 004.4

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ В ANSYS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМАНДНОГО ФАЙЛА ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Напрасников Владимир Владимирович, к. т. н., доцент,

Ковалева Ирина Львовна, к. т. н., доцент,

Полозков Юрий Владимирович, к. т. н., доцент,

Ван Цзыжуй, аспирант

Белорусский национальный технический университет, Минск

e-mail: n.v.v@tut.by

OPTIMIZATION CALCULATION IN ANSYS USING A COMMAND FILE WHEN TEACHING STUDENTS AND UNDERGRADUATES

Аннотация: Одним из возможных подходов при формировании оптимизационной модели в среде является использование встроенного языка APDL. При обучении студентов и магистрантов на специальностях, связанных с разработкой программного обеспечения, предпочтителен именно такой подход. Приведен пример использования построения командного файла в реальном учебном процессе на демонстрационной задаче.

Ключевые слова: оптимизационная модель язык APDL, обучение студентов, ANSYS.

Abstract: One of the possible approaches to creating an optimization model in the environment is to use the built-in APDL language. When teaching students and undergraduates in specialties related to software development, this approach is preferable. An example of using the creation of a command file in a real educational process on a demonstration task is given.

Keywords: optimization model, APDL, student training, ANSYS.

Введение. Программа ANSYS располагает возможностями не только для однократного расчета конструкции, но и для поиска ее оптимального варианта (оптимального проекта). При этом, согласно [6-12] оптимальным является проект, отвечающий всем предъявляемым требованиям и имеющий минимальные значения определенных показателей, таких как вес, площадь поверхности, объем, напряжения, собственные частоты и т. п.

Оптимизация в ANSYS. В ANSYS доступны различные методы и средства оптимизации. Следует сразу указать разницу между ними. Методы оптимизации (methods) обеспечивают оптимизацию целевой функции путем варьирования входных параметров. Средства оптимизации (tools) обеспечивают получение нескольких наборов выходных параметров (целевая