Подготовка

цифровой модели

к прототипированию

на 3D­принтере

Фрагмент конспекта

А.С. Грицай

А.В Блохин

# Слайд № 1

Подготовка цифровой модели к прототипированию на 3D­принтере.

# СЛАЙД № 2

Сегодня поговорим о программном обеспечении, которое непосредственно необходимо для подготовки результатов диагностики пациента (КТ, МРТ и т.д.) прототипированию на 3D-принтере. Как говорилось ранее, большинство данных медицинской диагности представлены в формате DICOM. Первоначально нам нужно преобразовать DICOM файл в файл с разрешением «.STL», далее уже в G-code и отправить на печать на принтер. Об этих этапах поговорим подробнее. Начнём с первого – преобразование DICOM-файла. Одним из наиболее популярных инструментов для этой цели является 3D Slicer.

Что такое 3D-слайсер?

Программное обеспечение для настольных ПК для решения сложных задач обработки изображений с упором на клинические и биомедицинские приложения.

Платформа разработки для быстрого создания и развертывания индивидуальных решений для исследовательских и коммерческих продуктов с использованием бесплатного программного обеспечения с открытым исходным кодом.

# СЛАЙД № 3

## Функционал

DICOM Импорт и экспорт DICOM.

Поддержка широкого спектра информационных объектов DICOM, таких как 2D, 3D, 4D изображения, объекты сегментации, объекты регистрации, структурированные отчеты, параметрические карты, наборы структур RT, планы RT, изображения RT, карты доз RT.

Slicer обеспечивает поддержку наиболее часто используемого подмножества функций DICOM с особыми функциями, обусловленными потребностями клинических исследований: чтение и запись наборов данных с / на диск в формате DICOM и передача по сети - запросы, извлечение, отправка и получение данных наборы - с использованием сетевых протоколов DIMSE и DICOMweb.

## Вспомним ещё раз про DICOM.

Цифровая визуализация и связь в медицине (DICOM) - широко используемый стандарт для обмена информацией в цифровой радиологии. В большинстве случаев оборудование для визуализации (КТ- и МР-сканеры), используемое в больницах, создает изображения, сохраненные как объекты DICOM.

DICOM организует данные в соответствии с иерархией:

1. Пациент … может иметь 1 или более

2. Исследование (одно обследование с визуализацией) может включать 1 или более

3. Серия (получение одного изображения, чаще всего соответствует одному объему изображения) может иметь 1 или более

4. Экземпляр (чаще всего каждая серия будет содержать несколько экземпляров, каждый из которых соответствует одному фрагменту изображения)

В результате визуализации оборудование для визуализации генерирует файлы DICOM, где каждый файл соответствует одному экземпляру и помечен информацией, которая позволяет определить серию, исследование и информацию о пациенте, чтобы поместить ее в нужное место в иерархии.

Стандарт определяет множество объектов DICOM. Наиболее распространенными типами объектов являются те, которые хранят объемы изображений, полученные с помощью КТ- и МР-сканеров. Эти объекты чаще всего имеют несколько файлов (экземпляров) для каждой серии. Задачи обработки изображений чаще всего связаны с анализом всего объема изображения, что чаще всего соответствует одной серии.

## База данных DICOM Slicer

Чтобы организовать данные и обеспечить более быстрый доступ, Slicer хранит локальную базу данных DICOM, содержащую копии (или ссылки на) файлов DICOM, а также основную информацию о содержимом каждого файла. У вас может быть несколько баз данных на вашем компьютере одновременно, и вы можете переключаться между ними, если, например, они включают данные из разных исследовательских проектов. Каждая база данных - это просто каталог на вашем локальном диске, в котором есть несколько файлов и подкаталогов SQLite для хранения данных изображений. Не изменяйте вручную содержимое этих каталогов. Данные DICOM могут поступать в базу данных либо через импорт файла, либо через сетевую передачу DICOM. Модули слайсера также могут заполнять базу данных DICOM результатами вычислений.

Обратите внимание, что стандарт DICOM не определяет, как файлы будут организованы на диске, поэтому, если у вас есть данные DICOM с CDROM или иным образом переданные со сканера, вы, как правило, не можете ничего сказать о содержимом из имен файлов или каталогов. Однако после импорта данных в базу данных они будут организованы в соответствии со стандартной иерархией пациентов / исследований / серий DICOM.

## Плагины DICOM

Основная функция модуля DICOM заключается в преобразовании организации данных сбора в объемное представление. То есть файлы DICOM обычно описывают атрибуты захвата изображения, такие как последовательность местоположений таблицы во время получения CT, в то время как Slicer работает с объемами изображений с равномерно расположенными пикселями. Если, например, скорость движения стола не является постоянной во время сбора данных (что может иметь место при некоторых сканированиях с «поиском болюса» контраста, модуль DICOM-слайсера предупредит пользователя о несогласованности геометрии сбора данных, и пользователь должен соблюдайте осторожность при интерпретации результатов анализа, например, измерений.

Это означает, что часто Slicer может предложить несколько способов интерпретации данных (например, чтение файлов DICOM как набора данных распространения или как скалярный объем. Когда это можно вычислить путем изучения файлов, модуль DICOM выберет наиболее вероятную интерпретацию вариант по умолчанию. В этом выпуске стандартные подключаемые модули включают скалярные объемы и объемы распространения, а расширения доступны для объектов сегментации, данных RT и данных ПЭТ / КТ. В будущих версиях ожидается больше подключаемых модулей. Это долгосрочная цель чтобы иметь возможность представлять большую часть, если не все, данных слайсера в соответствующих объектах данных DICOM по мере развития стандарта для их поддержки.

# СЛАЙД № 4

Искусственный интеллект.

Автоматическая сегментация на основе ИИ NVidia Clara, инструменты сегментации для генерации данных наземного обучения, расширение DeepInfer для глубокого обучения, совместимость с Tensorflow и MONAI.

Расширение было разработано Nvidia при участии разработчиков ядра Slicer. Хотя в Slicer были и другие модули сегментации с помощью ИИ (например, DeepInfer, ТОМААТ год, SlicerCIP), это новейшее дополнение использует Nvidia Clara, инструментарий со значительной промышленной поддержкой и достаточной открытостью для исследователей.

Как это работает? Входное изображение (и входные точки - в случае управляемой сегментации) отправляются на компьютер, оснащенный графическим процессором Nvidia, работающий под управлением операционной системы Linux и программного обеспечения Nvidia Clara. Сервер вычисляет сегментацию с использованием выбранной модели ИИ и отправляет результаты обратно в Slicer для отображения и дальнейшей обработки.

Мы установили демонстрационный сервер в PerkLab (Королевский университет в Канаде), чтобы упростить пользователям Slicer начало работы без настройки собственного обрабатывающего компьютера. Мы загрузили пару моделей искусственного интеллекта, разработанных Nvidia. Мы предоставляем эти модели и услуги обработки как есть, мы не гарантируем качество этой услуги (достоверность результатов сегментации, скорость, время безотказной работы сервера и т. д.). Информация о пациенте не отправляется на сервер обработки, а изображения и результаты удаляются с сервера после обработки, но пользователи должны убедиться, что они соблюдают свои правила управления данными при использовании нашего сервера. Если есть какие-либо проблемы с конфиденциальностью, для тестирования могут использоваться общедоступные изображения: см. Модуль образцов данных слайсера или браузер TCIA расширение или загрузить с других веб-сайтов, таких как Medical Decathlon.

# СЛАЙД № 5

Сегментация изображений.

Сегментация изображений (также известная как контурирование или аннотация) - это процедура выделения областей на изображении, обычно соответствующих анатомическим структурам, повреждениям и различным другим пространствам объектов. Это очень распространенная процедура в области обработки медицинских изображений, поскольку она требуется для визуализации определенных структур, количественной оценки (измерения объема, поверхности, свойств формы), 3D-печати и маскирования (ограничение обработки или анализа определенной областью) и т. Д.

Сегментация может выполняться вручную, например, путем перебора всех срезов изображения и рисования контура на границе; но часто используются полуавтоматические или полностью автоматические методы. Модуль «Редактор сегментов» предлагает широкий спектр методов сегментации.

Результат сегментации сохраняется в segmentation-узле 3D Slicer. Узел сегментации состоит из нескольких сегментов.

A segment указывает регион для отдельной конструкции. Каждый сегмент имеет ряд свойств, таких как имя, предпочтительный цвет отображения, описание содержимого (способное хранить стандартные записи в кодировке DICOM) и настраиваемые свойства. Сегменты могут перекрывать друг друга в пространстве.

Область может быть представлена по-разному, например, как двоичная карта меток (значение каждого воксела указывает, находится ли этот воксель внутри или вне области) или замкнутой поверхности (поверхностная сетка определяет границу области). Не существует единого представления, которое бы подходило для всего: каждое представление имеет свои преимущества и недостатки и используется соответственно.

Каждый сегмент хранится в нескольких файлах representations. Одно представление обозначено как (отмечено «золотой звездой» в пользовательском интерфейсе). Главное представление - единственное редактируемое представление, оно единственное, которое сохраняется при сохранении в файл, и все другие представления вычисляются из него автоматически – master representation.

Двоичное представление карты меток, вероятно, является наиболее часто используемым представлением, потому что это представление легче всего редактировать. Большинство программ, использующих это представление, хранят все сегменты в одном трехмерном массиве, поэтому каждый воксель может принадлежать одному сегменту: сегменты не могут перекрываться. В 3D Slicer допускается наложение сегментов. Чтобы хранить перекрывающиеся сегменты в двоичных картах меток, сегменты организованы в layers. Каждый слой хранится внутри как отдельный трехмерный объем, и один том может использоваться многими неперекрывающимися сегментами для экономии памяти.

# СЛАЙД № 6

Цель регистрации - выровнять положение и ориентацию изображений, моделей и других объектов в трехмерном пространстве. 3D Slicer предлагает множество инструментов регистрации, на этой странице перечислены только наиболее часто используемые.

## Ручная регистрация

Любые узлы данных (изображения, модели, пометки и т. д.) Могут быть помещены в преобразование, и преобразование можно настроить интерактивно в модуле преобразований (с помощью ползунков) или в трехмерных представлениях.

Преимущество этого подхода в том, что он прост, применим к любому типу данных, а приблизительное выравнивание может быть достигнуто очень быстро. Однако достижение точной регистрации с использованием этого подхода утомительно и требует много времени, потому что требуется много шагов точной настройки с визуальной проверкой в нескольких ориентациях после каждой настройки.

## Полуавтоматическая регистрация

Регистрацию можно вычислить автоматически из соответствующих пар точек ориентиров, указанных на двух объектах. Обычно для надежной и точной жесткой регистрации достаточно 6-8 точек.

Рекомендуемые модули.

Регистрация ориентира: для регистрации слегка смещенных изображений. Поддерживает жесткую и деформируемую регистрацию с автоматическим уточнением местных ориентиров, предварительным просмотром в реальном времени и сравнением изображений.

Мастер регистрации реперных точек (в расширении SlicerIGT): для регистрации любых узлов данных (даже смешанных данных, таких как регистрация изображений в моделях) и для изображений, которые вообще не выровнены. Поддерживает жесткую и деформируемую регистрацию, автоматическое сопоставление точек, автоматический сбор с устройств с отслеживаемыми указателями.

## Автоматическая регистрация изображений

Изображения в градациях серого можно автоматически выровнять друг с другом с помощью методов регистрации на основе интенсивности. Если изображение не отображается в селекторе входного изображения, то, скорее всего, это цветное изображение, которое можно преобразовать в оттенки серого с помощью модуля «Вектор в скалярный объем».

Методы регистрации изображения на основе интенсивности требуют разумного начального выравнивания, обычно менее нескольких сантиметров смещения и ошибки поворота менее 10-20 градусов. Некоторые методы регистрации могут выполнять выравнивание исходного положения (например, с использованием центра тяжести) и выравнивание ориентации (например, согласование моментов). Если автоматическое выравнивание не является надежным, тогда в качестве первого шага можно использовать ручные или полуавтоматические методы регистрации.

Настоятельно рекомендуется обрезать входные изображения, чтобы покрыть примерно одну и ту же анатомическую область. Это обеспечивает более быструю и надежную регистрацию. Изображения можно обрезать с помощью модуля Crop volume.

Рекомендуемые модули:

Общая регистрация (Elastix) (в расширении SlicerElastix): предустановки регистрации по умолчанию работают без необходимости настройки каких-либо параметров.

Общая регистрация (ANT) (в расширении SlicerANTS): аналогично Elastix, набор параметров по умолчанию должен хорошо работать для большинства задач регистрации изображений. Модуль также предоставляет множество параметров регистрации, которые пользователи могут настроить.

Общая регистрация (BRAINS): рекомендуется для МРТ головного мозга, но с настройкой параметров может работать с любыми другими методами визуализации и анатомическими областями.

Регистрация последовательности: автоматическая регистрация четырехмерного изображения (временная последовательность трехмерного изображения) с помощью Elastix. Может использоваться для отслеживания положения и изменения формы структур во времени или для компенсации движения (регистрировать все временные точки для выбранной временной точки).

## Сегментация и регистрация двоичных изображений

Регистрация сегментации и двоичных изображений сильно отличается от изображений в градациях серого, поскольку только границы могут направлять процесс выравнивания. Таким образом, общие методы регистрации изображений не применимы к двоичным изображениям.

Рекомендуемый модуль:

Регистрация сегмента (в расширении SegmentRegistration): полностью автоматически регистрирует выбранную пару сегментов. Поддерживает жесткую, аффинную и деформируемую регистрацию. Двоичные изображения могут быть зарегистрированы путем преобразования сначала в узлы сегментации.

## Регистрация модели

Во время регистрации моделей, содержащих поверхностные сетки, только границы могут направлять процесс выравнивания.

Описанные выше ручные и полуавтоматические методы регистрации применимы к регистрации модели. Для автоматической регистрации рекомендуются следующие модули:

Регистрация сегмента (в расширении SegmentRegistration): этот модуль можно использовать после импорта модели в узел сегментации. См. Подробности в разделе выше.

Регистрация модели (в расширении SlicerIGT): использует итеративные ближайшие точки. этот метод имеет тенденцию застревать в локальном оптимуме, поэтому важно начать его с хорошей начальной позиции (например, вычисленной с использованием ручной или полуавтоматической регистрации).

Метод автоматической регистрации поверхности ALPACA в расширении SlicerMorph: более надежен (может сходиться от более далекой начальной ошибки регистрации, имеет более высокий шанс найти глобальный оптимум), чем итерационные алгоритмы, основанные на ближайшей точке.

# СЛАЙД № 7

Определите наборы точек, линии, кривые, углы, плоскости, области интересов и используйте их для измерений или в качестве входных данных в различных программных модулях с помощью модуля Markups.

Этот модуль используется для создания и редактирования пометок (список точек, линия, угол, кривая, плоскость и т. д.) И настройки их свойств отображения.

# слайд № 8

Новые функции могут быть добавлены в 3D Slicer путем установки «расширений». Расширение - это пакет доставки, объединяющий один или несколько модулей слайсера. После установки расширения связанные модули будут представлены пользователю так же, как встроенные модули.

Сообщество Slicer поддерживает веб-сайт, называемый Каталогом расширений Slicer, для поиска и загрузки расширений. Менеджер расширений в Slicer делает каталог доступным непосредственно в приложении и позволяет устанавливать, обновлять или удалять расширения несколькими щелчками мыши.

Данный программный инструмент один из большого количества, которые могут работать с DICOM файлами, о некоторых мы говорили на лекциях ранее.

Далее поговорим об инструменте, с помощью которого можно подготовить нашу модель к печати на 3D-принтере.

# Слайд № 9

Cura 3D – это программа-слайсер с дружественным пользовательским интерфейсом, до такой степени дружественным, что многие и не подозревают, что именно она делает. Они просто загружают модель, выбирают качество и нажимают кнопку. Это так же просто, как 2D-печать.

## Введение в Cura 3D

В сущности, всё, что из себя представляет Cura 3D, программа для печати, — это инструмент для получения в компьютере цифрового файла для 3D–принтера в таком формате, который понимает аппаратура 3D–печати.

Если сравнивать Cura 3D с другими программами-слайсерами, то она кажется очень простой, с ограниченными возможностями и настройками. Однако более сложные настройки, если они вам нужны, имеются — они просто очень хитро спрятаны.

Cura 3D поддерживается разработчиком 3D–принтеров Ultimaker, а эта фирма славится своим перфекционизмом в оборудовании. В программе скрыты (но не слишком глубоко) практически все настройки и параметры, которые можно найти в большинстве аналогичных приложений. Поэтому, если вы из тех, кому нравится копаться в настройках, вы можете этим заняться.

Если нужно просто печатать, изменять качество и скорость, в Cura 3D эти параметры аккуратно выставлены напоказ, и всё готово к работе.

Данный учебник предназначен для всех, кто только начинает заниматься 3D–печатью. Давайте предположим, что вы только что включили принтер и заправили филамент. С этого момента мы поможем вам начать работать с Cura 3D и приступить к 3D–печати.

## Что такое Cura 3D?

Cura 3D — это программа-слайсер для 3D–принтеров, которая берет 3D–модель и нарезает ее (slice) на слои, чтобы получить файл, известный как G-Code, в котором содержатся коды, которые понимает 3D–принтер.

Перед тем как мы посмотрим на Cura 3D, давайте немного остановимся на процессе печати в плане 3D–файлов и как они подготавливаются. Речь идет о преобразовании компьютерного файла в трехмерный объект, а это может быть непонятным. Поэтому полезно получить представление о том, что происходит, даже если вам не требуется проделывать этот первый шаг.

Существует три основных этапа подготовки файлов для 3D–печати.

1. Моделирование. Оно проводится в программах для 3D–моделирования, таких как 123D Design или SketchUp, — и это только два примера из множества существующих. У этих приложений собственные форматы файлов, эти программы позволяют открывать, редактировать, сохранять и экспортировать данные.

2. Экспорт 3D–файлов. После того как вы создали модель, ее нужно экспортировать либо в STL-, либо в OBJ-файл. Эти форматы понимает Cura 3D. Они отличаются от форматов приложений для 3D–моделирования, поскольку описывают только конечную геометрию, без индивидуальных параметров и редактируемого содержания.

3. Экспорт файлов послойной нарезки. После этого файл STL или OBJ может быть импортирован в Cura 3D, где он нарезается и преобразовывается в послойную структуру, называемую G-Code, являющийся по сути просто текстовым документом, содержащим список команд для 3D–принтера, которые принтер читает и выполняет: это температура хот-энда, такое-то перемещение влево, такое-то перемещение вправо и т.д.

Данный этап процесса предполагает 3D–моделирование, но, если ваши умения в этом деле невелики, можно обратиться к таким сайтам, как Thingiverse или Youmagine, и скачать себе какую-нибудь из миллионов уже подготовленных к печати моделей. Обычно они предлагаются в формате STL и готовы к непосредственному импортированию в Cura 3D.

# слайд № 10

Что делает программа Cura?

Cura 3D нарезает 3D–модели. Она переводит 3D–файлы STL или OBJ в формат, который понимает принтер. 3D–принтеры, работающие по технологии FFF (Fused filament fabrication — наплавление расплавленной нити), создают 3D–объекты, печатая их послойно. Cura 3D берет 3D–модель, преобразует ее в слои, которые будут выкладываться на рабочий стол, и создает набор инструкций для принтера — как он должен работать, слой за слоем.

Эти инструкции и есть G-Code, текстовый документ с расширением .gcode. Если открыть такой файл и посмотреть, что в нем, то можно увидеть довольно много кода и даже разобраться, какие именно инструкции передаются принтеру.

Пример представлен на слайде.

По мере того как вы всё больше станете разбираться в 3D–печати, вы сможете научиться редактировать этот код, вручную изменяя скорости вращения вентилятора охлаждения, толщину слоев и температуру хот-энда в разных точках модели. Это может пригодиться для того, чтобы решить некоторые проблемы, которые могут возникнуть при 3D–печати.

Поскольку у каждого принтера своя система настроек, рабочая область, рабочий стол и размер сопла, программе Cura 3D нужно знать эти аппаратные параметры, составляющие профиль устройства, чтобы рассчитать точный набор инструкций для корректной печати на вашем принтере.

После того как заданы эти основополагающие параметры, а также указан тип филамента, можно указать толщину слоя и толщину нити. Далее производится вычисление контуров и траектории перемещения сопла для печати вашей модели и рассчитывается набор инструкций, которые Cura 3D сохраняет в файле G-Code.

G-Code можно сохранить на SD-карту или направить на принтер — по беспроводной связи или по кабелю.

# слайд № 11

Cura 3D — программа мультиплатформенная, для нее предлагаются инсталляторы под Linux, Mac и PC. Все версии можно бесплатно загрузить на сайте Ultimaker.

Скачайте файл под вашу операционную систему и запустите установку.

1. Запустите Cura 3D.

2. Выберите модель вашего принтера. При первом запуске Cura 3D вас попросят выбрать принтер. Если у вас Ultimaker или Lulzbot, то к ним прилагается спецверсия Cura 3D. Если нет, или если вы хотите сконфигурировать новый принтер, то после запуска приложения выберите Settings > Printer.

Теперь предстоит выбрать принтер. Если вы скачали программу по приведенной выше ссылке, то все предлагаемые принтеры будут Ultimaker. Для любого другого принтера выберите Other, и, если повезет, в списке окажется и ваш аппарат.

Если не повезет — то, как, например, в случае с принтером Lulzbot, отправляйтесь на сайт производителя принтера, где вы можете найти и скачать специальную версию программы. Если и тут мимо — выбирайте Custom и Add Printer.

# слайд № 12

На этом скриншоте показаны основные параметры интерфейса Cura 3D.

## Верхняя навигация Cura 3D

1. Open file. Открыть STL- или OBJ-файл можно, выбрав наверху слева команду File > Open File.

2. Edit. Это для редактирования моделей на рабочем столе, удаления их с него, для слияния моделей. Базовые, но полезные команды.

3. View Mode. Этот пункт меню позволяет переключаться между режимами просмотра: Solid, X-Ray, Layers.

4. Settings. Здесь живут настройки принтера и параметры материала.

5. Extensions. Это для продвинутых пользователей, которым требуется установить расширения Cura 3D, позволяющие ручное редактирование G-code и много чего еще.

6. Help. Помощь, ясное дело.

## Левая панель инструментов Cura 3D

1. Open File. Загрузка STL или OBJ для подготовки их к печати.

2. Move. Если сюда кликнуть, вокруг выбранной модели появятся стрелочки, позволяющие перемещать ее по рабочему столу.

3. Scale. Увеличить или уменьшить размер вашей 3D–модели.

4. Rotate. Вращение.

5. Mirror. Если кликнуть — вокруг выбранной модели появятся стрелочки, при нажатии на которые модель зеркально отражается по соответствующей оси.

6. Select Settings. Выбор часто используемых настроек для выноса их на боковую панель (толщина стенки, заполнение, скорость). Привязано к загруженной модели.

7. View Mode: Solid, X-Ray и Layers. Если выбрать Layers, появится слайдер, позволяющий быстро пролистывать слои модели.

## Правая панель инструментов Cura 3D

Она разделена на две секции, помеченных сверху иконками материала (Printing settings) и принтера (Printer settings).

Printer Settings

В этой секции представлена подробная информация по материалу и настройкам качества печати.

Printer. Здесь речь идет о выбранном в первом шаге принтере. Если у вас более одного принтера, то нужный выбирается из выпадающего меню.

Material. Быстрый выбор материала, используемого принтером. Эта опция используется для принтеров, у которых имеются привязанные к ним материалы, она недоступна, если такой функции нет.

Profile. Ultimaker поставляется с тремя профилями качества печати: Low, Normal и High. Их можно быстро выбрать в выпадающем меню. Когда вы ближе познакомитесь с программой, принтером и процессом печати, вы сможете сами создавать профили, которые лучше подстроены под тип печатаемого объекта и модели.

Print Setup. Два варианта настройки процесса печати: Simple (Recommended (Mac)) и Advanced (Custom (Mac))

Simple (Recommended)

Режим Simple (Recommended) вычисляется на основании ранее введенных вами настроек Cura 3D для вашего принтера. Это отличный выбор не только для начинающих, но даже и для более продвинутых пользователей, когда они только приступают к работе с новым принтером и хотят увидеть, как взаимодействуют программа и аппарат. Число настроек здесь ограничено: можно быстро изменить заполнение, сцепление со столом и основные структуры подпорок.

Advanced (Custom)

Тут-то и начинается настоящее веселье! Можно менять массу настроек принтера – от качества печати до скорости. Мы рассмотрим эти возможности немного позже.

# слайд № 13

Теперь вы познакомились с интерфейсом Cura 3D, и пора приступать к загрузке 3D–файла. Вы можете выбрать либо самостоятельно созданную модель и экспортированный из нее STL- или OBJ-файл, либо скачать его.

Загрузка 3D–файла в Cura 3D:

1. Откройте нужный STL- или OBJ-файл, выбрав наверху слева команду File > Open File. В данном случае мы работаем с 3DBenchy – отличной моделью для тестирования нового принтера или программы.

2. Модель загружена, и давайте посмотрим на ее расположение, не требуется ли его сместить. Если все в порядке, модель будет подсвечена желтым. Если есть проблемы, подсветка будет серой, а Cura 3D подскажет, почему модель не может быть напечатана.

Первое, что надо сделать, — это проверить печатаемый объект и убедиться, что он помещается на рабочем столе, т.е. на платформе печати. Тут будет нелишним познакомиться с режимами просмотра модели и с навигацией в окне Cura 3D.

Перемещение рабочего стола Cura 3D. Чтобы переместить рабочий стол по экрану, удерживайте Shift и левую кнопку мыши. Это часто бывает полезно, чтобы рассмотреть модель поближе и проверить какие-нибудь мелкие детали — просто чтобы убедиться, что все в порядке и в той части объекта, которая из-за масштабирования не помещается на экран.

Вращение вокруг рабочего стола Cura 3D. Удерживайте Ctrl и левую кнопку мыши. Так можно посмотреть на модель под разными углами.

Увеличить или уменьшить рабочий стол. Это делается колесиком мыши. Если у вас мышь без колесика, настоятельно рекомендуется приобрести с колесиком.

# слайд № 14

Различные режимы просмотра модели.

В Cura 3D есть три основных режима просмотра модели, каждый из которых полезен в различных ситуациях, особенно если возникают проблемы при печати.

Solid. Это (сплошной) режим по умолчанию, который позволяет увидеть модель так, как он будет выглядеть в итоге. Здесь можно понять соотношение размера и формы модели и рабочего стола. Обычно, если все нормально, а вы просто рассматривали модель со всех сторон и перспектив, все должно отлично напечататься.

# слайд № 15

X-Ray (Рентген). Эта опция пригодится тогда, когда с печатью какие-то проблемы и нужно быстро посмотреть на внутреннюю структуру объекта. Особенно такой режим полезен, если у вашего объекта есть пересекающиеся ребра. X-Ray (т.е. «рентген») позволит увидеть проблемные места.

# слайд № 16

Layers (Слои). Если печать постоянно прерывается на одном и том же месте, или если у вас какая-то хитрая деталь, и вы хотите убедиться, что все идет как надо, переключитесь на этот (послойный) режим. Тонкое перемещение по слоям осуществляется стрелочками; можно также воспользоваться слайдером. Когда вы продвинетесь в изучении программы и процесса печати, эта опция пригодится, чтобы точно выбирать слои, в которых требуется изменение G-code для, например, увеличения скорости работы вентилятора, толщины слоя или нити.

# слайд № 17

Операции с моделью в Cura 3D. Если модель требуется переместить или повернуть относительно платформы, масштабировать или размножить ее, достаточно просто кликнуть на объект, чтобы он подсветился, и затем выбрать одну из функций в левой панели. Итак, перемещаем, вращаем, масштабируем.

При нажатии на любой инструмент Cura 3D вокруг модели появляются стрелочки и кружочки. Нужно просто зацепить одну из стрелочек или кружочков и потянуть в нужном направлении. Если что-то пошло не так, сделайте правый клик и нажмите Reset.

Но что если вы хотите напечатать несколько копий модели? Правое нажатие на выбранную модель предлагает опцию Duplicate. Cura 3D автоматически перераспределит копии по рабочему столу. Если для печати двух и более объектов пространства на платформе достаточно, все модели будут желтыми. Если места не хватает — вылезающие модели будут подсвечены серым.

# слайд № 18

Настройки программы.

Вы можете выбрать несколько типов отображения настроек как представлено на слайде, а именно:

* Базовые
* Расширенные
* В режиме эксперта
* Все

Рассмотрим рассширенные, т.к. они наиболее популярны.

Quality. Это про толщину слоя. Значение зависит от вашего принтера, но меньшая толщина слоя обеспечивает лучшее качество, большая — более высокую скорость. Layer Height (высота, она же толщина слоя) для Ultimaker 2 Extended по умолчанию выставлена в 0,1 мм.

Shell. Здесь речь идет о толщине любой из стенок в вашей модели, а также о толщине нижнего и верхнего слоев. Значение Shell кратно диаметру сопла. Толщина 0,8 мм означает, что стенки будут иметь две линии в ширину (поскольку у нашего принтера Ultimaker 2 сопло имеет диаметр 0,4 мм).

Infill. Заполнение — силовая структура вашей модели. Чем выше плотность — тем прочнее, тем больше будет напечатано внутри.

Material. Не все материалы одинаковы, иногда требуется небольшая подгонка, которая как раз здесь и производится. Как правило, единственное, что требуется изменить, — это Retraction (втягивание), чтобы избежать излишнего натяжения нити пластика. Чтобы избежать наиболее распространенных проблем, рекомендуется пользоваться фирменным филаментом.

Speed. Это про скорость перемещения печатающей головки. Обычно, чем медленнее, тем лучше печать.

Cooling. Охлаждение — это важная штука для любого принтера, оно непременно должно быть включено. Вентиляторы обычно полностью включаются с 5-го слоя.

Support. Если у вашей модели есть нависающие элементы, эта опция должна быть активна, и тогда вы простым кликом сможете выбрать, где поставить подпорку.

Build plate Adhesion. Не у всех моделей площадь основания такова, чтобы обеспечить надежное сцепление с поверхностью рабочего стола. В таком случае эта настройка поможет сцеплению модели с подложкой.

Special Modes. Если вы печатаете более одной модели, эта опция позволяет принтеру понять, печатать ли их одновременно, или они будут устанавливаться друг за другом.

# слайд № 19

Настройки качества.

Quality. У каждого принтера есть своя минимальная и максимальная толщина слоя. Введите сюда желаемую толщину слоя. 0,02 мм — это высокое качество, но и долгая печать; 0,6 мм — качество низкое, зато процесс относительно быстр.

Shell. Выбор толщины стенок. Более толстые стенки — более прочный объект, который обычно можно качественно обработать. При толщине сопла в 0,4 мм, предлагаемая толщина стенок будет кратной: 0,4 мм, 0,8 мм, 1,2 мм и т.д.

Top/Bottom Thickness. Толщина верхнего и нижнего слоя тоже кратна диаметру сопла. Для начала можно выбрать двойной диаметр. Это поможет избежать наиболее распространенных проблем — вроде «вздутия».

# слайд № 20

Настройки материала.

Material. У каждого материала свои спецификации и свои требования, которые, как правило, связаны с железом принтера, а не с программой. Единственная ситуация, при которой вам может понадобиться здесь что-то менять, — это если при печати имеет место недоэкструдирование).

# слайд № 21

Настройки скорости.

Print Speed. Это общая скорость печати по мере экструдировании филамента. Чем медленнее, тем обычно лучше качество. Скорость можно увеличить (рекомендуемое значение — 60 мм/с). Если вы увеличиваете скорость, то полезно увеличить при этом и температуру печати.

Travel Speed. Это скорость перемещения печатающей головки. На Ultimaker 2 она выставлена в 120 мм/с. Скорость перемещения связана с предыдущим параметром и должна быть кратна ему. В таком случае ускорения и замедления происходят более плавно, например, при переходе от печатания заполнения к печатанию стенок.

# слайд № 22

Настройки заполнения.

Infill Density. Плотность заполнения — это количество материала, которое расходуется на опорную структуру внутри модели. Чем больше плотность, тем выше прочность. Обычно здесь выставлено 20%.

# слайд № 23

Охлаждение.

Enable fan Cooling. Выключать охлаждение не рекомендуется, поскольку это приведет к перекосам детали и другим неприятным эффектам.

# слайд № 24

Настройки поддержек.

Как правило, полезно разрешать подпорки (Enable Support), если только вы не уверены, что ничто нигде не нависает и не плавает.

Опция Placement определяет местоположение подпорок: Touching Build plate означает, что подпорки имеют основанием только рабочий стол; Everywhere значит, что они могут быть где угодно, в т.ч. на модели и внутри нее.

# слайд № 25

Настройки сцепления с платформой.

Ситуация, при которой печатаемый объект недостаточно прилипает к подложке, весьма распространена, и опция Build Plate Adhesion как раз и предусмотрена для того, чтобы это сцепление увеличить путем добавления «юбок», «кромок» и «плотов».

Skirt. Хорошо, чтобы была хотя бы «юбка» — такая линия вокруг первого слоя объекта, которая просто помогает позиционировать экструдер.

Brim. «Кромка» — это просто кромка, пара дополнительных линий непосредственно на дне объекта, чтобы увеличить его площадь, а также минимизировать перекосы.

Raft. Маленький «плот» находится под распечаткой, а позже подлежит удалению. Это такая толстая решетка, чтобы максимизировать сцепление с платформой печати.

У каждой из опций в Cura 3D есть разного рода дополнительные параметры, которые позволяют еще более тонко настроить процесс печати вашей модели.

# слайд № 26

Генерируем файл G-code

После того как вы покончили с настройками, модель готова к печати. Все что теперь остается — это либо экспортировать файл из Cura 3D на карту, либо отправить его непосредственно на принтер. Дальше Cura 3D автоматически переведет файлы формата STL или OBJ в понятный принтеру G-code, как она делает это и при установках Simple (Recommended).

1. Выберите Save to file, либо Save to SD, либо Send to Printer.

2. Cura 3D предложит примерную оценку времени, которое потребуется для печати вашего объекта.

3. Если активировано, усаживайтесь поудобнее и ждите, пока принтер прогреется и начнет печатать. Если вы сохранили файл на SD, вытащите SD из компьютера и вставьте ее в принтер. Нажмите Print, выберите файл и — вперед.