

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н. Гузанов
« ____ » _____ 2019 г.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ НА 3D ПРИНТЕРАХ WITBOX2

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
профилизации «Метрология, стандартизация и сертификация»

Исполнитель:
студент (ка) группы ЗКМ-504

Т.В. Недокушева

Руководитель:
доктор техн. наук; профессор;
зав. каф. ИММ

Б.Н. Гузанов

Нормоконтролер:
канд. тех. наук,
доцент каф ИММ

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 81 страницах, содержит 9 рисунков, 5 таблиц, 31 источник литературы, а также 2 приложения на 18 страницах.

Ключевые слова: 3D ПРИНТЕР; WITBOX2; CURA; ИНСТРУКЦИЯ; 3D МОДЕЛИРОВАНИЕ; ПРОТОТИПИРОВАНИЕ; МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ.

Библиографическое описание ВКР.

Недокушева Т.В. Разработка методического пособия для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2: выпускная квалификационная работа / Т.В. Недокушева; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж.-пед. образования, каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии – Екатеринбург, 2019. – 73 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка методического пособия для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2».
2. Целью дипломного проекта является разработка методического пособия для работы на 3D-принтерах Witbox 2.
3. В результате работы был проведен сравнительный анализ 3D-принтеров; разработан план теоретического урока; разработан тест проверки знаний 3D-принтера Witbox 2; разработано методическое пособие, которое состоит из двух частей: Теоретической части и инструкции для подготовки студентов к работе на 3D-принтере Witbox 2.

					<i>ЛР № 02 от 27.03.19</i>			
<i>Изд</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпис</i>	<i>Лат</i>	<i>Разработка методического пособия для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб</i>	<i>Недокушева</i>						2	81
<i>Руковод</i>	<i>Гвзанов</i>					ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО КАФ. ИММ гр. ЗКМ-504		
<i>Н. Контр</i>	<i>Плаксина</i>							
<i>Утверд</i>	<i>Гвзанов</i>							

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1 История развития 3D-печати.....	5
1.2. Технология печати. Принцип действия.....	8
1.3. Преимущества 3D-принтера Witbox 2.....	16
1.4. Сравнение характеристик 3D принтеров.....	17
1.5. Техника безопасности при работе с 3 D принтером Witbox 2.....	26
1.6. Словарь основных терминов.....	29
2.РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ РАБОТЫ НА 3D-ПРИНТЕРАХ Witbox 2.....	31
2.1. Описание устройства 3D принтера.....	31
2.2 Алгоритм работы 3D принтера.....	35
2.3 Печать файла в программе CURA.....	38
2.4. 3D-печать шаг за шагом.....	40
2.5.Разработка методического пособия	41
3.МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	46
3.1 Анализ Профессионального стандарта «Специалист по аддитивным технологиям».....	46
3.2 Разработка плана теоретического занятия.....	50
3.3 Разработка тестового задания.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А Методическое пособие для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Презентация занятия на тему «3D моделирование и прототипирование».....	76

ВВЕДЕНИЕ

Трёхмерный принтер - это устройство, которое послойно создаёт копию объёмного предмета на основе цифровой компьютерной модели. Принтер выводит трёхмерную информацию, создавая физические объекты. С помощью 3D-принтера, на создание модели будущего изделия уходит несколько часов. На разработку подобной модели вручную требовалось тратить недели или даже месяцы. Технология не сравнится с тем, как работает 3D-принтер сегодня. При этом склонность человека ошибаться в работе, полностью исключается. Практически каждый цифровой объёмный объект может быть напечатан на трёхмерном принтере.

Многие компании осознали, насколько масштабные перемены грядут, и поэтому внедряют постепенно технологию в производство. Трёхмерный принтинг применяют в машиностроении, строительстве, медицине, пищевой промышленности, ювелирном искусстве и пр.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена разработке методического пособия для работы на 3D-принтерах Witbox 2.

Объект исследования – техническая документация на 3D-принтере Witbox 2.

Предмет исследования – разработка методического пособия для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2.

Цель работы: разработать методическое пособие для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2 для «Российского государственного профессионально-педагогического университета».

Задачи выпускной квалифицированной работы:

Провести сравнительный анализ 3D-принтеров.

2. Отобрать содержание для разработки методического пособия.

3. Разработать методическое пособие для работы на 3D-принтерах Witbox 2.

4. Разработать тест проверки знаний для работы на 3D-принтерах Witbox 2.

1 Аналитический раздел

1.1 История развития 3D печати

Впервые об объемной трехмерной печати стало известно в 80-х годах прошлого века. Как раз тогда возникла технология стереолитографии, применяющая для формирования объектов особый фотополимерный пластик. Главная суть содержится в следующем: под работаю лазера фотополимер застывает, преобразовываясь в твердый пластик. Подобным образом, луч лазера в прямом смысле слова «рисует» попиксельно будущий объект, выполняя его из жидкого вещества.

Очередная технология, в которой применяется лазер, именуется «лазерное спекание». В этой технологии используется в качестве рабочего материала порошок легкоплавкого пластика, который нагревается лазером до температуры плавления и спекается в общую массу. Чтобы материал не загорелся и не окислился, в рабочую камеру подают инертный газ азот.

Обе технологии, как правило, применяются в установках промышленных размеров, тем временем как струйная печать хорошо подходит для маленьких домашних моделей. 3D-принтер - это устройство, которое в качестве рабочего элемента использует специальную головку-экструдер, нагревающую пластиковую нить до температуры плавления. Расплавленный пластик постепенно выдавливается через сопло, и застывает при комнатной температуре. Эта технология безопасна и сравнительно недорога, поэтому она очень популярна в непрофессиональной среде.

Основой работы 3D-принтера служит запрограммированное послойное создание модели. Технологии реализации могут быть различными. Существует два основных подхода печати: лазерный и струйный. Эти варианты делятся на более узкие подразделения.

В середине 90-х годов в международной экономике компании соперники стали не просто сражаться за покупателей продукции, но и

осуществлять возможные их просьбы. Самое важное, что однообразную продукцию - например, часы - прекратили приобретать миллионными партиями. Размер продаж с заводов изготовителей сократился вплоть до нескольких тысяч штук в партии. Это начало эпохи мелкосерийного производства. В окончательном результате компании обнаружили, что создание форм и прототипов для всех новых моделей обходится весьма дорого[7].

В это же время становятся популярными устройства, способные быстро и с минимальным количеством затрат изготавливать модели, - станки с числовым программным управлением. Многие из них таким образом и сохранились в секторе изготовления, но активное развитие отдельной ветви привело к появлению конторских принтеров объемной печати – таким образом стартовала история развития 3D-печати [8].

Наиболее первоначальным устройством для создания 3D-прототипов была американская установка, созданная и запатентованная Чарльзом Халлом в 1986 году использующая стереолитографию. Это еще не был первый 3D-принтер в современном понимании, но именно эта установка определила, как работает 3D-принтер: объекты наращиваются послойно [3].

Халл сразу же создал фирму 3D Systems, которая изготовила первое устройство объемной печати под названием Stereolithography Apparatus. Первой моделью этой машины, имевшей широкое распространение, стала разработанная в 1988 году SLA-250.

В 1990 году был использован новый способ получения объемных «печатных оттисков» - метод наплавления. Его разработали Скотт Крамп, основатель компании Stratasys, и его жена, продолжившие развитие 3D-печати. После этого стали активно использоваться понятия «лазерный 3D-принтер» и «струйный 3D-принтер» [7].

Современный исторический этап развития 3D-печати стартовал в 1993 году с созданием компании Solidscapе. Она производила струйные принтеры, которые предшествовали трехмерным. В 1995 году двумя студентами

Массачусетского технологического института был изменен струйный принтер. Он создавал изображения не на бумаге, а в специальной емкости, они были объемными.

Тогда же возникло понятие «3D-печать» и первый 3D-принтер. Этот метод был запатентован, и теперь используется в компании Z Corporation, а также в ExOne. Z Corp. до сих пор производит 3D-принтеры, использующие такую технологию [13].

История создания 3D-принтера продолжилась возникновением технологии под названием PolyJet, основанной на использовании фотополимерного жидкого пластика. При таком способе печати головка «рисует» слой фотополимера, который моментально засвечивается лампой. Метод оказался хорошим по многим параметрам: цена его значительно ниже, а высокая точность дает возможность изготовления не просто моделей, а готовых к применению деталей.

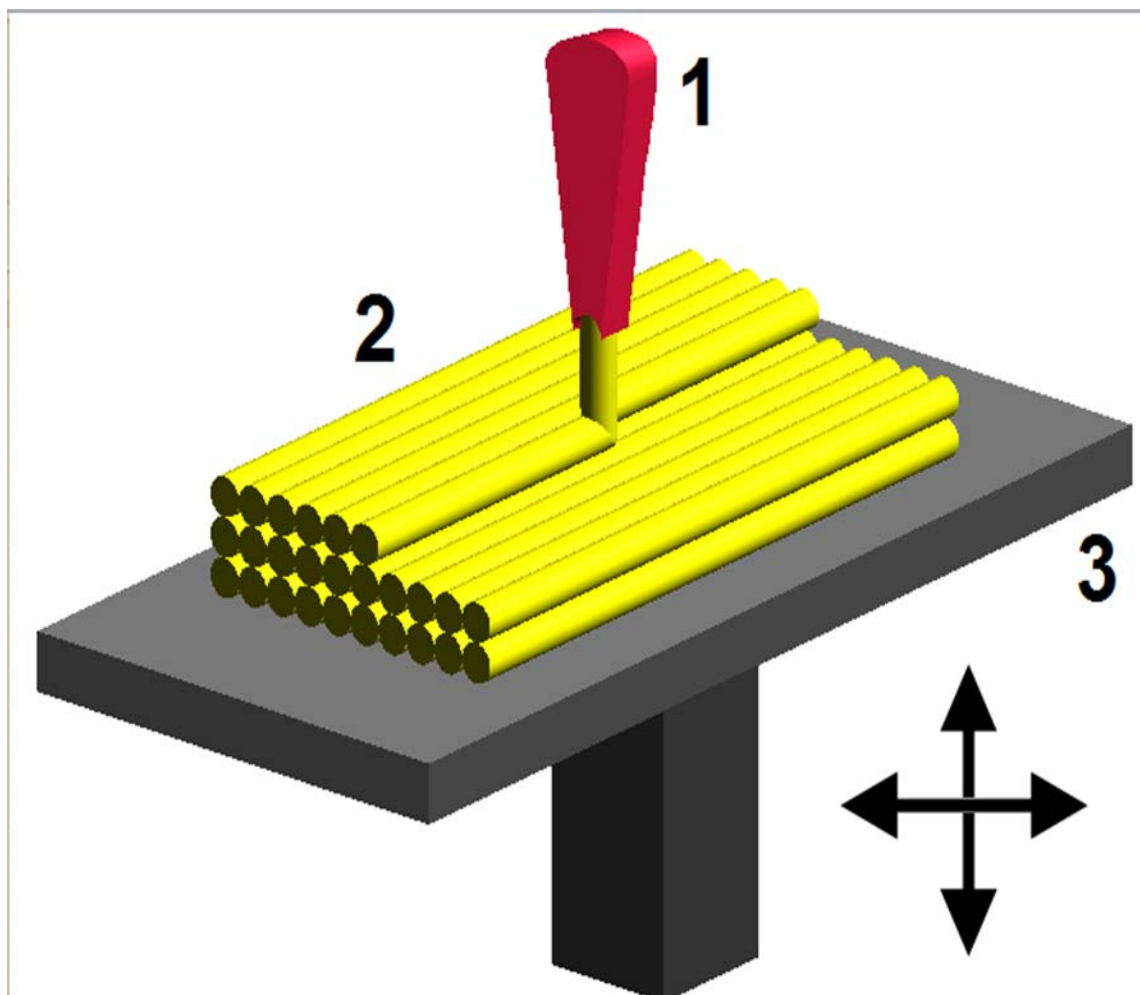
Со временем развитие 3D-печати ускорялось, появлялись новые фирмы производители 3D-принтеров, вносящие свой вклад в ее разработку, использовались новые материалы и принципы, размеры и цены устройств становились все меньше, первые 3D-принтеры были очень большие, сейчас же они умещаются на рабочем столе.

Современный трехмерный принтер все больше становится похож на обычный, печатающий на бумаге, по внешнему виду и технологии нанесения «красящего» вещества. Печатаемые им модели отличаются еще и высокой прочностью, могут применяться в качестве готовых изделий [5].

Сейчас 3D-принтер может занимать очень мало места - конечно, это зависит от его назначения. В начале развития цена такого принтера была доступна разве что очень крупным компаниям, теперь же любой человек может приобрести 3D-принтер, цена которого в среднем \$800 [4].

1.2 Технология печати. Принцип действия.

Существует много технологий 3D-печати, самая популярная называется *моделированием методом наплавления* (рис. 1). Она очень проста: объекты формируются из расплавленного пластика, выдавленного через сопло. Накрученная на катушку пластиковая нить, подается в сопло, в то же самое время управляемый компьютером механизм, перемещает само сопло вдоль трех осей. После выдавливания экструзии материал в один момент затвердевает [9].



1 – дюза подает расплавленный пластик, 2 –осажденный материал (часть модели),
3 – управляемый подвижный столик.

Рисунок 1 - Моделирование методом наплавления

Технология Polyjet была изобретена израильской компанией Objet в 2000 году. Суть технологии: фотополимер маленькими долями выдавливается из узких сопел, как при струйной печати, и сразу затвердевает на поверхности изготавливаемой детали под влиянием ультрафиолетового излучения (рис 2).

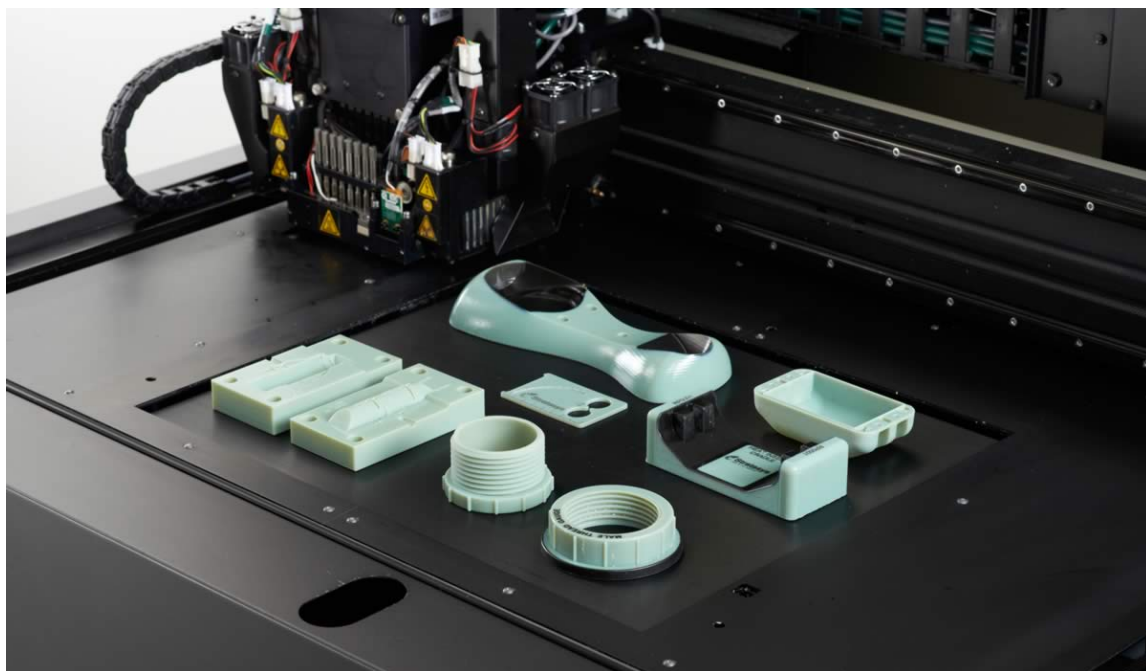


Рисунок 2 – Технология Polyjet

Главное качество, отличающее PolyJet от стереолитографии, является печать разнообразными материалами. Преимущества технологии: – толщина слоя до 16 микрон; – быстро печатает трехмерную деталь. Недостатки технологии: – печатает только с применением фотополимера – узконаправленный, очень дорогой пластик, как правило, чувствительный к ультрафиолетовым лучам и очень ломкий. Применение: промышленное прототипирование и медицина.

LENS (Технология лазерной наплавки).

Материал в форме порошка выдувается из сопла и попадает на сфокусированный луч лазера (рис. 3). Часть порошка проходит мимо, а та часть, которая попадает в фокус лазера сразу же спекается и слой за слоем

создает трехмерную деталь. Именно по такой технологии печатают стальные и титановые объекты [12].

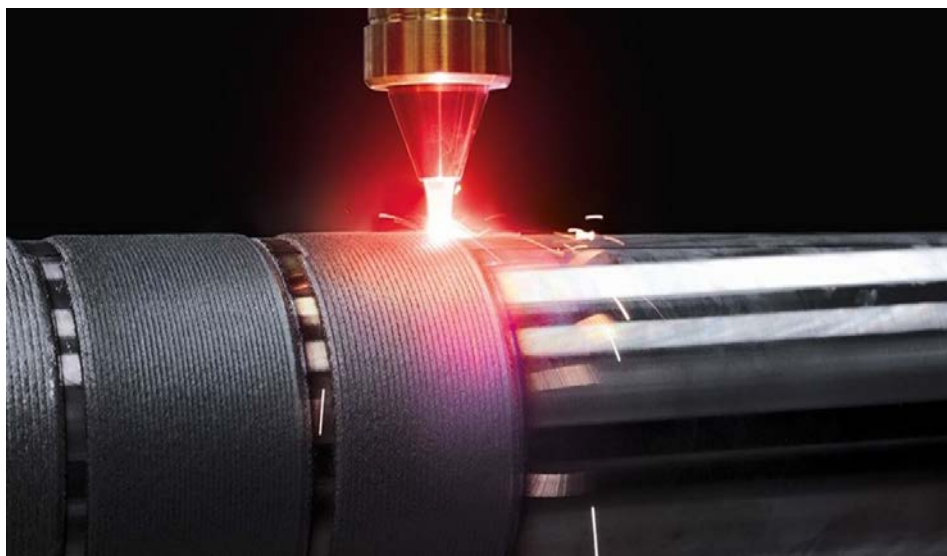


Рисунок 3 – Технология лазерной наплавки

До возникновения этой технологии печатать можно было только объекты из пластика, к 3D печати главным образом серьезно никто не относился, а эта технология, открыла двери для 3D печати в «большую» промышленность. Порошки различных материалов можно смешивать и получать тем самым сплавы. Применение: титановые лопатки для турбин с внутренними каналами охлаждения. Производитель оборудования: Optomec.

3DP (Струйная трехмерная печать)

Технология изобретена в 1980 году в MIT студентом Paul Williams, технология была продана в несколько коммерческих организаций, одна из которых - zCorp, в настоящий момент погружена 3D Systems. На материал в форме порошка наносится клей, который связывает гранулы, после этого наверх склеенного слоя наносится свежий слой порошка, и снова клей и так далее. В конечном итоге, получается материал похожий по свойствам на гипс, представлен на рисунке 4. Преимущества: – раз применяется клей, в него можно добавить краску и печатать цветные объекты; – технология по части дешевая и энергоэффективная; – можно использовать в условиях дома

или офиса; – можно применять порошок стекла, костный порошок, переработанную резину, бронзу и даже древесные опилки. Используя подобную технологию можно печатать съедобные объекты, например, из сахара или шоколадного порошка. Порошок склеивается специальным пищевым клеем, в клей может добавляться краситель и ароматизаторы. Как пример, новые 3D принтеры от компании 3D systems, которые были показаны на CES 2014 - ChefJet и ChefJet Pro [7].



Рисунок 4 – Струйная трехмерная печать

Недостатки:

- в итоге получается довольно грубая поверхность, с невысоким разрешением - 100 микрон;
- материал нужно подвергать постобработке (запекать), чтобы придать ему необходимые свойства.

Струйный 3D принтер. В лазерной методике это: стереолитография, сплавление, ламинирование. Лазерная стереолитография создана на влияния

излучения лазера к фотополимеру. Фотополимер – это вещество, которое изменяет свои свойства под действием светового потока. В представленном способе используется платформа, погружаемая в фотополимер на высоту слоя печати (0.1-0.2 мм). На вещество оказывают запрограммированное излучение, которое приводит к затвердеванию слоя. Далее платформа опускается пошагово, воссоздавая весь объект послойно. На качество полученного 3D-объекта влияют характеристики используемого фотополимера и уровень облучения.

Лазерное сплавление предполагает влияние излучения на порошковое состояние металла или пластика. Послойно материал плавится в требуемый контур детали. Метод ламинирования использует набор слоев рабочего материала. Из каждого слоя вырезается назначенное сечение, формируя при складывании всю 3D-модель. Слои подвергаются склеиванию.

Струйный подход к 3D-печати тоже имеет немало ответвлений. Головка принтера может выпускать частицы разогретого термопластика на охлажденную платформу, вместе с тем происходит быстрое остывание и отверждение слоя воспроизводимого объекта. В ином похожем способе для затверждения материала применяют ультрафиолет. Есть и аналог лазерному сплавлению. Для создания модели из порошкообразного вещества применяют жидкость, поступающую из струйной головки. На струйной основе работают и био-принтеры, создающие образцы органов. Материалом таких приборов являются стволовые клетки, которые, взаимодействуя и развиваясь, образуют искомым экземпляр.

Самая распространенная технология 3D-печати - это изобретенная еще в 1980-х годах FDM, так сказать послойная печать расплавленным материалом.

Картриджи для 3D-принтеров представляют собой нити пластика ABS, PLA, HIPS, нейлоновую нить и ряд таких материалов, как силикон, металл, смолу фотополимерную, порошок, воск.

Например, в 3Dprint54 можно напечатать:

- пластиковые запчасти для бытовых приборов (подвижные, состоящие из нескольких частей);
- детали и аксессуары для современных гаджетов (чехлы для мобильных, кнопки для клавиатуры, оригинальные крепления и зажимы для гаджетов);
- автозапчасти (переходники, штуцеры, шестеренки, декоративные накладки, кронштейны, колпачки для автомобильных дисков, шильдики);
- бытовые мелочи (крепёжи для полок, крючки-вешалки);
- аксессуары и подарки (оправы для очков, брелоки, бижутерию).

Таблица 1 - Технологии и методы 3D-печати

Технология печати	Метод печати	Краткая характеристика технологий
1	2	3
<i>Струйная печать</i>	Экструзия	Материал плавится и в жидком виде выдавливается в рабочую зону через сопло малого диаметра. Слои жидкого материала соединяются друг с другом и при охлаждении застывают, приобретая прочность
	Фотополимеризация	Жидкий полимер подаётся в рабочую зону через сопло малого диаметра. Слои облучаются ультрафиолетом и твердеют
	Склеивание	Объект формируется чередованием слоёв порошкообразного материала и клея. Клей выдавливается из сопла принтера
<i>Лазерная печать</i>	Лазерное спекание	Порошкообразный материал наносится тонким слоем и спекается лазерным лучом, затем наносится и спекается следующий слой и т.д.

Окончание таблицы 1

1	2	3
	Стереолитография	Лазерный луч засвечивает верхний слой жидкого фотополимера, которым наполнена рабочая ёмкость принтера. В местах касания лазерного луча фотополимер твердеет. Платформа с готовым слоем погружается и формируется следующий слой
<i>Прочие технологии</i>	Ламинирование	Из тонких плёнок вырезаются слои, которые соединяются в готовый объект под действием нагрева или давления

Материалы для 3D-печати.

Пластиковые прутки производятся в двух стандартах: диаметром 1,75 мм и 3,0 мм. Трехмиллиметровый пруток – более старый стандарт, он постепенно вытесняется 1,75-мм, который выдавливается немного легче, управляется немного лучше и оставляет меньше висячих хвостов с боков изделия. В любом случае, множество современных принтеров до сих пор используют 3,0 мм пруток, и он, иногда, немного дешевле чем 1,75 мм.

- Пластик ABS

ABS-пластик – ударопрочный термопластик, широко используется в 3D-печати и промышленности. Невысокая стоимость пластика и несложность применения в качестве расходного материала привело его к высокой популярности в среде 3D-печати. Плюс пластика в его невысокой стоимости, простоте обработки. Минус в том, что для качественной печати и отсутствия деламинации (отрывание детали от рабочего стола) требуется подогреваемый стол. Рабочая температура 210-240 С (в зависимости от производителя). Скорость печати возможна на максимальной скорости принтера. Требуется, подогреваемый стол и закрытый корпус принтера, чтобы уменьшить усадку детали.

- Пластик PLA

Пластик более хрупкий и твердый по сравнению с ABS-пластиком. Плюс PLA не нужен подогреваемый стол. Минус в том, что из-за твердости очень плохо обрабатывается. Преимущество пластика в хорошей сплавке слоев, деталь получается прочной в плане расслоения. Меньше подтвержден видам усадки. Соответственно из него можно напечатать детали с большой точностью с первого раза. Рабочая температура 180-210С (в зависимости от производителя). Подогреваемый стол не требуется, усадки минимальны.

- Пластик FLEX

Эластичный пластик, используется в декоративных целях. Механическая обработка затруднена, только обрезка острым ножом. Рабочая температура 220-240С (в зависимости от производителя). Скорость печати 20-30 мм/с. Ручная загрузка пластика в экструдер. Требуется хорошая адгезия.

- Пластик Rubber

Пластик по свойствам похож на резину. Сфера использования пластика, замена резиновых изделий, рабочая температура 225-235С (в зависимости от производителя). Скорость печати 20-30 мм/с.

- Нейлон

Нейлон отличается легкостью в обработке и износостойкостью. Обладает сильной гигроскопичностью. Поэтому перед применением требуется сушить пластики хранить упакованным. Наличие влаги в пластике приводит к испарению во время экструдирования и нарушению структуры детали. Она получается рыхлой и пористой и теряет прочностные качества. Преимущества пластика в износостойкости и термостойкости. Недостаток повышенная температура печати 240-260С, не все принтеры могут выдавать такую температуру. Из-за мягкости пластика скорость печати снижается до 20-30 мм/с.

1.3 Преимущества 3D принтера Witbox 2

Трёхмерное устройство даёт немало преимуществ тем, кто применяет в работе 3D технологию. Преимущества 3D принтера:

- 3D –печать;
- прогрессивная технология, которая позволит дизайнерам и инженерам сэкономить драгоценное время и силы;
- устройство существенно повышает гибкость производства;
- себестоимость продукции, особенно в мелкосерийном производстве, заметно снижается;
- Создание продукции, ее выход на рынок происходит в кратчайшие сроки. Трёхмерная печать – одна из самых перспективных компьютерных технологий, применяемая человеком в разной деятельности.

Программное обеспечение с открытым исходным кодом позволяет нам разрабатывать трёхмерные объекты, а так же управлять 3D принтерами для печати созданных объектов, существует множество доступных пособий и инструкций по использованию этих программ. Расходным материалом для большинства современных 3D принтеров служит биоразлагаемый пластик PLA (Polylactic acid - полимолочная кислота), экологически чистый материал, полученный из кукурузного крахмала, или ABS (Acrylonitrile butadiene styrene - акрилонитрил - бутадиен-стирол) полимер, полученный из ископаемого топлива. Последний обычно используют для производства автомобильных бамперов из-за его прочности и жесткости, а также из него делают детали ЛЕГО.

Пластиковая нить плавится при температуре от 170 до 250 градусов Цельсия, чтобы создать несколько слоёв, суммирующихся в цельный напечатанный 3D объект. Некоторые из новых 3D принтеров могут печатать свои составные компоненты.

Единственным ограничением для этой «простой» альтернативной технологии является ограничение размеров печатаемого объекта (обычно

20x20x20см), что объясняется экономией на составных частях. Тем не менее, большой 3D объект может, в принципе, быть собран из нескольких маленьких пластиковых деталей. Ещё одно большое преимущество в том, что весь этот процесс производит гораздо меньше отходов, чем традиционные производства, где большое количество материала обрезается от используемой части.

Портативные 3D принтеры могут изготавливать на заказ продукты и запасные, заменяющиеся или уникальные элементы, подлежащие сборке по мере необходимости и достаточно быстро. Сложные небольшие 3D объекты могут быть созданы быстрее чем за час и результат впечатляющий: прочные, крепкие, очень лёгкие (весят всего по несколько грамм) и достаточно дешёвые, так как цена PLA пластика сегодня около 800 рублей за кг, а одного килограмма достаточно чтобы создать дюжину и более мелких объектов.

1.4 Сравнение характеристик 3D принтеров

3D-печать набирает обороты, и все чаще говорят о том, что 3D-принтер научили печатать различные детали.

Типы принтеров:

- *Потребительский* – который предназначен для личного использования.

Спроектирован с вниманием на обычного пользователя и оборудован довольно простым и понятным интерфейсом. Печатает, как правило, ABS и PLA пластиком. Комплексные и высокоточные объекты напечатать будет проблемно, но обычные детали он печатает с легкостью, хоть и долго.

На кого ориентировано: дизайнеры, художники, изобретатели, которые работают дома [13].

- *Персональный* - пограничный класс принтеров, который является домашним, но в то же время относится к промышленным принтерам для бизнеса.

Эти принтеры имеют много общего из потребительского класса, но обладают более высоким качеством и точностью печати, которое привычно для профессионального 3D принтера. Появление таких принтеров, это ответ крупных производителей на растущий рынок домашних систем.

Принимая во внимание низкую точность потребительского класса, поставщики предложили уменьшенные модели профессиональных систем с близкими к ним показателями. Пользоваться принтерами этого класса так же просто и сводится к загрузке объекта и нажатию кнопки «пуск». Хотя это ограничивает возможности в плане различных дополнительных параметров печати.

Удобно для использования в офисах, однако шумность и высокий температурный режим некоторых моделей предполагает их размещение на некотором удалении от рабочей зоны. Легкости очистки объектов на выходе в этом классе нет как у промышленных моделей, поэтому необходимо размещение их в отдельной рабочей зоне.

На кого ориентировано: на малый бизнес, но у которого есть потребность время от времени использовать 3D печать. Это могут быть инженерные компании, дизайн студии, маркетинговые агентства [18].

- *Профессиональный*. Типы этого класса уже не выглядят компактными.

Это основа технологии 3D печати, которая включает в себя все преимущества и возможности доступные промышленности. Предназначение профессиональных систем может быть очень разным, от прототипирования до масштабного производства, что в свою очередь делает их отличным вариантом как для крупного бизнеса, так и для высокотехнологичных компаний.

На кого ориентировано: на компании, у которых присутствует постоянная потребность прототипировании, моделировании, изготовлении разного рода объектов с высокими показателями качества и точности [15].

- *Производственный.*

Эти машины являются объединением качества и точности профессиональных принтеров, большой площадью печати, высокого уровня автоматизации и контроля процессов. На них, как и на профессиональных установках, можно печатать не только модели, но и конечный потребительское изделие.

Системы такого рода не предназначены для простых пользователей, а суммы, которые придется вложить в такое производство вынуждают нанять опытного оператора, который заставит работать весь механизм 24 часа в сутки без простоя.

Маленькими помещениями уже никак не обойтись. В этом случае нужно точно спланировать будущую линию и позаботиться о подводе высоковольтной линии и газовой трубы.

На выходе получится высокотехнологичное производство, которое может быстро менять профиль и использовать материалы от ABS пластика до титана.

На кого ориентировано: на компании с потребностью в производстве точных продуктов большого размера, на компании с потребностью в производстве большого количества менее объемных предметов с высокой точностью и высоким уровнем качества.

Несмотря на то, что порог входа в эту промышленность еще очень высок, за такими системами будущее. Одними из первых это осознали в General Electric и уже начали производить на 3D-принтерах очень сложные детали из титана для авиационных двигателей [19].

Таблица 2 - Сравнение характеристик 3D принтеров

Производитель	Проект RepRap	Solidoodle	3D Systems	PP3DP Company (China)	Ultimaker Ltd. (Netherlands)	MakerBot Industries	bq Испания
1	2	3	4	5	6	7	8
Модель	3D принтер Mendel	3D принтер SD1001-A	3D принтер Cube	3D принтер UP! Personal Portable 3D Printer	3D принтер Ultimaker	3D принтер Replicator	3D принтер bq Witbox 2
Технология	термопластическая экструзия	термопластическая экструзия	термопластическая экструзия	термопластическая экструзия	термопластическая экструзия	термопластическая экструзия	Одинарный экструдер
Масса и размеры	20x16x14 дюймов; 16 фунтов	11.75x11.5x11.75 дюймов; 17 фунтов	14x14x18 дюйма, 9 фунтов	9.5x10.5x14 дюйма, 11 фунтов	14x14x15.3 дюймов, 18 фунтов	18.4x15x12.6 дюйма, 30 фунтов	50,5x38,8x45см
Рабочая площадка	8x8x5.5 дюймов [примерно]	6x6x6 дюймов	5.5x5.5x5.5 дюймов	5.5x5.5x5.3 дюймов	8.25x8.25x8.25 дюйма	8.9x5.7x5.9 дюймов	297x210x200 мм
Материалы	PLA, HDPE, ABS; диаметр нити полимера 0.125 дюйма	ABS; PLA;	ABS	ABS	PLA и ABS. HDPE, PP, PMMA	ABS, PLA;	PLA, Nylon, Flex, Rubber. 3D печать одним цветом

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Стоимость материала в	\$7 -\$14 за фунт	Низкая, в том числе \$22 за фунт ABS	по \$49 за картиридж ABS	\$22/фунт	Фирменный PLA по \$14 за фунт; подходит любой материал	PLA/ABS: \$22/\$25 за фунт; водорастворимый PVA: \$40 за фунт	PLA 800 рублей за кг
Скорость печати	медленная, до 0.92 час	медленная	медленная (неизвестно)	медленная	150 мм/сек	40 мм/с; примерно 24 см/час	80мм/с
Точность	сопло 0.020 дюйма; минимальный размер элемента 0.080 дюйма; точность позиционирования 0.004 дюйма; толщина слоя 0.012 дюйма	сопло 0.014 дюйма; толщина слоя 0.012 дюйма (опция 0.004 дюйма); точность позиционирования X-Y +/-0.004 дюйма	толщина слоя 0.010 дюйма (неизвестно)	толщина слоя от 0.010 до 0.014 дюйма; точность позиционирования +/- 0.008 дюйма	по осям X-Y +/- 0.002 дюйма; толщина слоя 0.0004 дюйма (10 микрон)	2.5 микрона по оси Z; 11 микрон по осям X-Y; средняя толщина слоя 0.008-0.012 дюйма	диаметр сопла 0,4 мм. толщина слоёв – высокое качество 50мкм; среднее качество 200мкм; низкое качество 300мкм.
Качество поверхности	среднее	низкое	среднее или низкое	среднее или низкое	среднее или хорошее	среднее или плохое	среднее или хорошее

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Преимущества	Дешевый принтер, простая модификация	Дешевый готовый принтер, дешёвые материалы, дешёвые дополнительные модули (например, подогрев рабочей зоны за \$50, прочный корпус, освещение и т.д.)	Дешевый принтер, различные цвета материала, удобные картриджи, сообщество Cubify	Дешевый принтер, дешёвые материалы, малошумный	Большой рабочий объём, сравнительно быстрый, улучшенная постобработка, замена материалов во время печати, низкая цена, большие возможности для модификации, хороший выбор материалов, дешёвые материалы, малошумный	Дешёвый принтер, дешёвые материалы, печать двумя материалами, хорошие возможности для модификации, подогрев рабочего объёма, сайт для обмена бесплатными моделями	Дешёвый принтер, дешёвые материалы, простая модификация
Недостатки	Медленный, собирается пользователем, низкое качество печати	Медленный, только один экструдер, сложная модификация	Медленный, довольно низкое разрешение, только один экструдер, нельзя модифицировать, дорогие материалы	Медленный	Медленный, самостоятельная сборка, нет подогрева рабочего объёма, ручная постобработка изделия, один экструдер	Медленный, нет дешёвого набора «сделай сам»	Нет подогрева рабочего стола

Сравнение результатов печати.

Специалисты австрийской компании не так давно провели сравнительные испытания моделей принтеров, напечатав на них одни и те же объекты.

Ultimaker



bq Witbox 2



Рисунок 5 - Сравнение результатов печати

Основные плюсы и минусы трехмерной печати.

3D-печать направление перспективное с большим потенциалом.

Основные преимущества в трехмерной печати:

- *скорость, универсальность и снижение трудоемкости.* Один принтер может заменить небольшую производственную линию со станками, формами для литья. Чтобы создать предмет ручным способом понадобится

немало времени и усилий по созданию заготовок, обтачиванию и соединению деталей – принтер решит эту задачу быстрее и проще;

- *свобода творчества.* Принтер может напечатать объект любой сложности, созданный в программе;
- *разнообразие используемых материалов.* Трехмерная печать позволяет работать с материалами, которые другими способами обработать невозможно и сложно;
- *простота в использовании и экономичность,* низкая вероятность ошибок.

Существующие минусы:

- построение объектов из слоев означает *наличие границ-переходов,* поэтому поверхность предмета будет матовой и шероховатой. Если толщина слоя больше, то переходы будут видны невооруженным глазом;
- *ограничение в размерах.* Напечатать объект невозможно, который будет больше рабочей поверхности;
- *высокая цена,* но это всего лишь вопрос времени. Новые технологии всегда дороже, а с развитием они стремительно дешевеют. К стоимости еще нужно прибавить цену расходных материалов;
- сокращение существующих промышленных производств и опасность печати оружия – глобальные проблемы 3D-печати.

3D принтер Witbox 2 - одна из самых многообещающих новинок последнего времени, которая уже достаточно громко заявила о себе. Несмотря на то, что это дебют испанской компании bq в сфере разработки устройств трехмерного моделирования, он оказался вполне успешным и по своим характеристикам *Witbox* не только не уступает, но иногда и превосходит своих конкурентов.

Принтер имеет одну из самых больших областей печати в своем классе - 297×210×200 мм. Скорость печати достигает 80 мм/с, с толщиной слоя до

0,03 мм. Система подачи нитей Fibonacci с тефлоновым покрытием обеспечивают равномерную подачу нитей в блок управления.

Расходными материалами для bq Witbox могут служить АБС-пластик, ПЛА-пластик, ПВА-пластик, нейлон, а также специфические нити Laybrick (имитация песка) и Laywood (имитация дерева). Опционально возможна установка второго экструдера. Принтер функционирует на основе открытого исходного кода и совместим со многими популярными приложениями для 3D-моделирования: Slic3r, Cura, Pronterface, Repetier. Печать может напрямую осуществляться с USB-носителя или SD-карты. Принтер Witbox производится на собственной фабрике bq в провинции Навара, Испания.

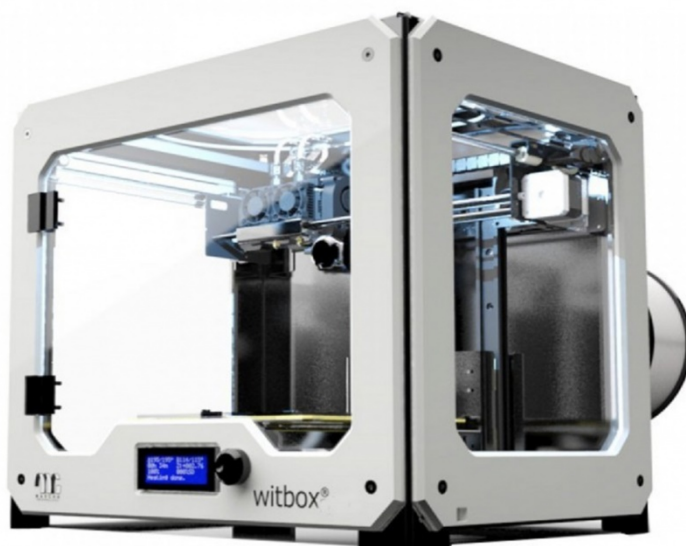


Рисунок 6 - 3D принтер Witbox 2

Witbox 2 - обновленная версия 3D-принтера Witbox. Принтер получил новый экструдер с двойным приводом, который обеспечивает оптимальный захват: подача нити через два зубчатых колеса - надёжный способ доставки материала к соплу хотэнда. Вероятность в том что застрянет нить стремится к нулю, а разнообразие материалов увеличивается. Ещё был установлен новый датчик экструдера для тончайшей автокалибровки с платформой. Область построения составляет 297x210x200 мм.



Рисунок 7-3D принтеры Witbox 2

Witbox 2 имеет новую систему автокалибровки, избавляющую от необходимости вручную регулировать платформу. При включении принтер сам обнаружит отклонения в калибровке стола с помощью индуктивного датчика. Затем он соразмерно отрегулирует движение моторов, давая возможность получить идеальный результат даже на наклонной поверхности.



Рисунок 8 – Печатный стол

1.5. Техника безопасности при работе с 3D принтером Witbox 2

Сегодня все 3D-принтеры продаются как автономные печатные устройства без дополнительных вытяжных систем и могут использоваться в помещениях любых размеров. Но исследователи рекомендуют всем

покупателям проявлять особую осторожность - использовать 3D печать только в проветриваемых помещениях.

Общие требования инструкции по технике безопасности при работе на 3 D-принтере.

1. К работе на 3D–принтере допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста и изучившие инструкцию при работе на 3 D-принтере.

2. Во время работы на 3D-принтере на человека влияют следующие опасные и вредные факторы:

- испарения пластика;
- температура;

3. При работе на 3D–принтере расположение рабочего места не допускается в помещениях без наличия естественной или искусственной вентиляции.

4. Для защиты пластика на катушке от прямых солнечных лучей должны предусматриваться солнцезащитные устройства (шторы, пленка с металлизированным покрытием, регулируемые жалюзи с вертикальными панелями).

5. В помещении кабинета и на рабочем месте необходимо поддерживать чистоту и порядок, проводить проветривание.

6. Обо всех выявленных во время работы неисправностях оборудования необходимо доложить руководителю, в случае поломки необходимо остановить работу до устранения аварийных обстоятельств. При обнаружении возможной опасности предупредить окружающих и немедленно сообщить руководителю; не загромождать рабочее место посторонними предметами и содержать в чистоте.

Требования безопасности перед началом работы на 3 D-принтере.

1. Осмотреть и убедиться в исправности оборудования, электропроводки. В случае обнаружения неисправностей к работе не приступать. Сообщить об этом и после устранения неполадок и разрешения приступить к работе.

2. Проверить наличие защитного заземления оборудования.
3. Проверить состояние электрического шнура и вилки.
4. Проверить исправность выключателей и других органов управления 3D-принтером.

5. При выявлении любых неисправностей, принтер не включать и немедленно поставить в известность руководителя об этом.

6. Тщательно проветрить помещение с 3D-принтером, убедиться, что микроклимат в помещении находится в допустимых пределах: температура воздуха в холодный период года 22-24 С, в теплый период года 23-25 С, относительная влажность воздуха 40–60%.

Требования безопасности во время работы на 3 D-принтере.

1. Включайте и выключайте 3D-принтер только выключателями, запрещается проводить отключение вытаскиванием вилки из розетки.

2. Запрещается снимать защитные устройства с оборудования и работать без них, запрещается трогать нагретый экструдер и столик.

3. Не допускать к 3D-принтеру посторонних лиц, которые не участвуют в работе.

4. Запрещается перемещать и переносить 3D-принтер во время печати.

5. Запрещается во время работы 3D-принтера принимать пищу и пить напитки.

6. Запрещается любое физическое вмешательство во время работы 3D-принтера, за исключением экстренной остановки печати или аварийного выключения.

7. Запрещается оставлять включенное оборудование без присмотра.

8. Запрещается класть предметы на или в 3D-принтер.

9. Строго выполнять общие требования по электробезопасности и пожарной безопасности, требования инструкции по охране труда при работе на 3D-принтере.

10. Самостоятельно проводить ремонт 3D-принтера и разбирать его категорически запрещается. Эти работы может выполнять только специалист.

11. Суммарное время работы с 3D-принтером в течение рабочего дня должно быть не более 6 часов.

Требования безопасности после окончания работы с 3D-принтером.

1. Отключить 3D-принтер от электросети, для чего необходимо отключить тумблер на задней части, а потом вытащить штепсельную вилку из розетки.

2. Снять и протереть столик 3D-принтера, остывший до комнатной температуры, чистой влажной тканью, либо промыть проточной водой и вытереть насухо. Установить столик обратно.

3. Убрать рабочее место. Обрезки пластика и брак убрать в отдельный пакет для переработки.

4. Тщательно проветрить помещение с 3D-принтером.

1.6 Словарь основных терминов

1. LCD экран: это светящаяся панель голубого цвета, показывающая информацию о состоянии принтера.

2. Колесо управления: металлическая кнопка-колесо управления, позволяющая навигацию по различным пунктам меню.

3. Слот для SD-карт: это устройство, расположенное внутри принтера, с входом, для введения карты памяти, на задней части панели управления.

4. Печатный стол: это прямоугольник из толстого стекла, на котором располагается печатаемый предмет.

5. Hot-End: металлический наконечник, нагревающийся до высокой температуры и через который проходит расплавленный пластик.

6. Экструдер: устройство, состоящее из горячего наконечника (HotEnd), шагового электродвигателя для выталкивания пластиковой нити и вентилятора.
7. Бобина с филаментом: катушка термопластичной пластмассы толщиной 1.75 мм.
8. Катушка PLA пластика: название материала, используемого в качестве филамента.
9. Держатель катушки: металлическая деталь, удерживающая бобину с нитью на задней части принтера.
10. Направляющая Фибоначчи: пластиковая трубка, по которой нить поставляется к экструдеру. Форма трубки легко адаптируется под движение принтера и защищает нить.
11. Разъем питания: расположенный внизу, на задней панели принтера.
12. Переключатель «включено – выключено»: кнопка с двумя позициями для включения и выключения Witbox.
13. USB-порт: разъем для подключения кабеля USB, расположенный на правой боковой панели принтера.

2 Разработка алгоритма методического пособия для работы на 3D-принтерах Witbox 2

2.1 Описание устройства 3D принтера

Корпус Witbox 2 создан в виде металлического каркаса, на который крепятся декоративные панели с прозрачными окнами, через окна можно наблюдать за процессом печати.

Передняя дверь закрывается на замок, что предотвращает вмешательство в процесс построения изделия. А также полностью закрытая камера убирает влияние посторонних внешних факторов - сквозняков, пыли и других, которые влияют на качество печати.

Сверху принтер не имеет выступающих деталей. Испанцы специально обращают на этом внимание - возможна установка один на другой по вертикали нескольких принтеров. В конструкции отсутствуют напечатанные детали на 3D-принтере. Рабочий стол перемещается на рельсовых направляющих. Это дает возможность его стабильного перемещения, и повысить качество печати.

Рабочий стол изготовлен из стекла с нанесенным пластиковым покрытием белого цвета для повышения адгезии деталей. Стекло крепится к подвижной части 3D-принтера с помощью магнитов и очень легко снимается и вытаскивается из 3D-принтера для того чтобы снять деталь после печати.

Калибровка рабочего стола производится один раз, в дальнейшем принтер сам будет настраиваться перед печатью автоматически. Это реализовано с помощью индуктивного датчика с подсветкой красного цвета.

Автоматическая калибровка производится перед каждой печатью и не надо об этом беспокоиться.

В Witbox 2 используется экструдер собственной разработки с механизмом Double Drive Gear.

Пластик подается с помощью специального механизма с прижимом с двух сторон. Это дает возможность качественной печати различными гибкими пластиками.

Экструдер подключен с помощью гибкого шлейфа. Это более надежно и эстетично по сравнению с пучком проводов, как сделано у многих принтеров. Кроме того такое решение снижает вес экструдера. И не оказывает сопротивление при движении экструдера, как это происходит с пучком проводов. В нижней части экструдера датчик автоматической калибровки.

Экструдер имеет малый вес. Это позволяет быстро и точно позиционировать его в нужном месте. Это определенно обеспечивает качественную и быструю печать. Производитель заявляет максимальную скорость печати до 200 мм/сек.

Экран управления у 3D-принтера Witbox2 реализован в виде графического решения с пиктограммами. Полная русификация. Картинки вместе с надписями на русском. Управление очень простое и наглядное - с ним справится даже ребенок. Производитель позиционирует оборудование как подготовленное для работы в учебных заведениях. На экране отображаются все нужные данные. Все «находится» с первого взгляда.

Принтер имеет стандартный набор интерфейсов:

USB - для подключения к компьютеру;

SD - для установки SD-карт.

Это достаточно, чтобы обеспечить печать, как с компьютера, так и автономно через SD-карту. Вроде бы мелочь, но до сих пор встречаются новые принтеры, которые не имеют возможности печатать независимо от компьютера.

Witbox2 может использовать любое универсальное программное обеспечение. Это может быть Cura (рекомендовано), RepetierHost, Simplify3D и другие.

Пользователь может выбрать на свой вкус - надо будет только выбрать в настройках Witbox 2. Во всех этих программах профиль принтера уже есть.

Начнем с самого начала. С установки пластика для печати. У Witbox 2 это реализовано очень хорошо. Установить пластик не составит труда любому новичку.

После включения поражает тишина. В процессе печати уровень шума минимальный. Witbox2 очень тихо работает по сравнению с большинством других принтеров. Слышен только тихий свист при перемещении экструдера.

В принтере отсутствует дополнительный вентилятор охлаждения платы и это благотворно сказывается на уровне шума.

После печати готовая деталь извлекается вместе с рабочим столом и удобно от него отделяется.

Основные части в 3D-принтере Witbox 2 (рис. 9)

1. LCD экран.
2. Колесо управления.
3. Слот для SD-карт.
4. Печатный стол.
5. Hot-End.
6. Экструдер.
7. Бобина с филаментом.
8. Катушка PLA пластика.
10. Направляющая Фибоначчи.
11. Разъем питания.

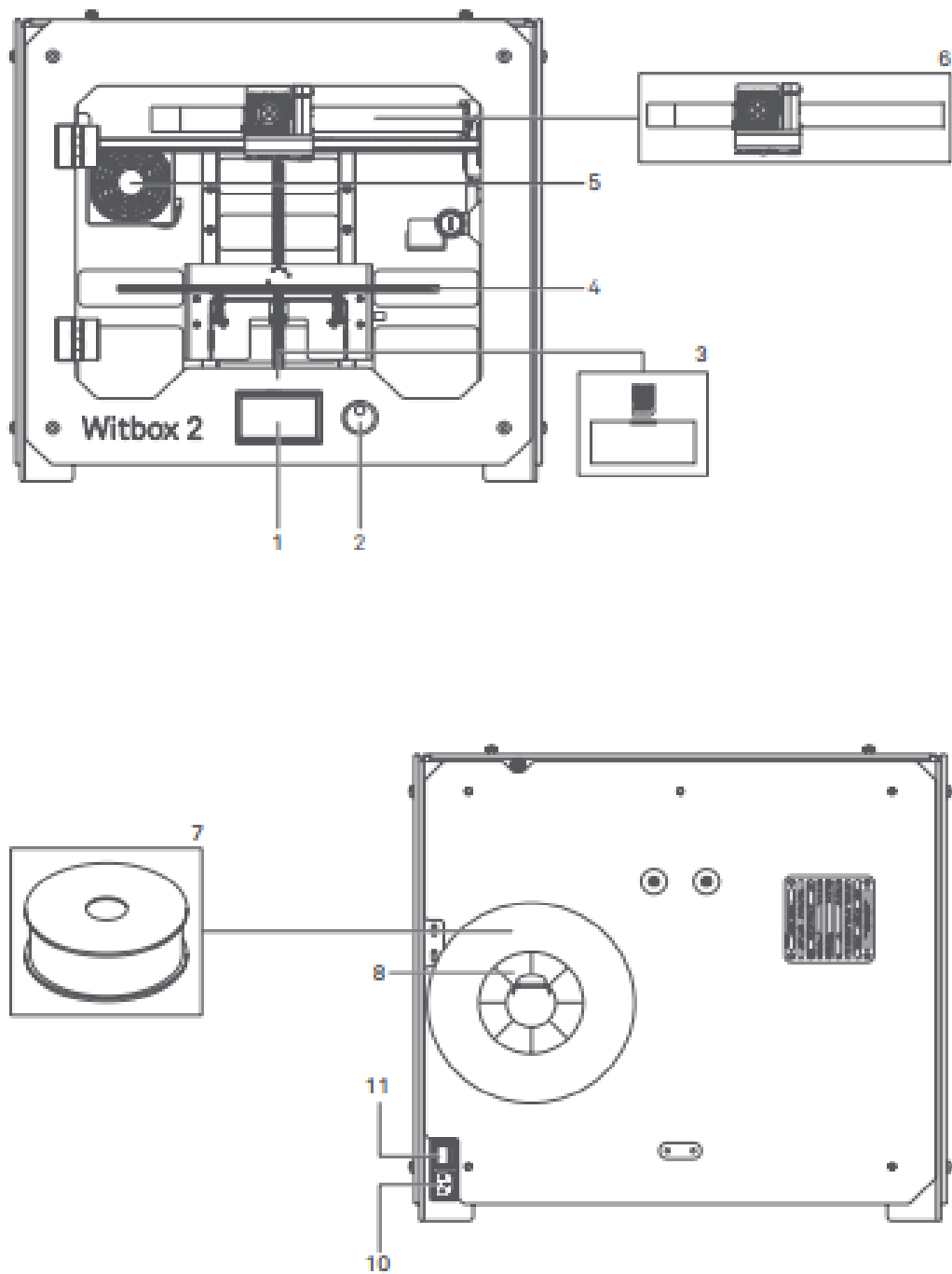


Рисунок 9 – Основные части в 3D-принтере Witbox 2

2.2 Алгоритм работы 3D принтера

После подключения к сети, включить принтер Witbox 2. LCD панель принтера загорится и покажет информацию о версии установленной прошивки.

Панель управления - После включения принтера Witbox, на экране панели управления появится информация о состоянии принтера: название, температура и т.д.

Рядом с экраном LCD находится кнопка-колесо управления, с помощью которого осуществляется доступ к меню принтера. Для выбора нужной команды нажать и прокручивать колесо управления вправо или влево для перемещения в меню настроек.

Калибровка печатного стола - Калибровка печатного стола является одним из самых важных моментов, для получения печати предметов высокого качества. С помощью этого процесса устанавливается расстояние, наконечником экструдера и печатным столом, которое должно быть одинаковым во всех точках.

- Если сопло экструдера находится слишком далеко от печатного стола или одна сторона стола находится выше другой – это может привести к тому, что печатаемые предметы не прилепятся к базе соответствующим образом.

- Если сопло находится слишком близко от стола - это может заблокировать поступление нити, повредить экструдер и поцарапать печатный стол.

- Регулярная калибровка печатного стола позволяет улучшить качество печатаемых предметов.

Ассистент установки поможет настроить печатный стол, указывая необходимые действия на LCD панели принтера. Для того чтобы поднять или опустить печатный стол, нужно будет отрегулировать три винта, находящихся непосредственно под подставкой для стола.

1. Положить лист для калибровки на печатный стол, он входит в комплект принтера. Нажать на колесико управления и выбрать Control > Level Plate. Нажать на кнопку, чтобы начался процесс калибровки.

2. Экструдер занимает в правом заднем углу положение в отправной точке. После этого он перемещается в первую точку для калибровки. Исследовать высоту между столом и экструдером, применяя лист для калибровки, в случае надобности, измените ее, поворачивая винт, который находится под подставкой для стеклянного стола. Чтобы увеличить расстояние между экструдером и столом, повернуть винт вправо. Для уменьшения расстояния, винт повернуть влево. Лист для калибровки должен проходить между печатным столом и экструдером с небольшим затруднением.

3. Нажать на колесо управления. Экструдер переходит во вторую точку калибровки.

4. По окончании экструдер займет положение в центре печатного стола. Необходимо вновь проверить расстояние между листом для калибровки и экструдером. Нажать на кнопку, для выхода из ассистента калибровки.

Загрузка нити - В этом пункте загружается филамент в принтер Witbox и осуществляется тест экструзии.

1. Выбрать Control > Filament > Load. Экструдер нагревается, до температуры 220 градусов. Можно следить этим процессом увеличения температуры на экране. Когда набрется нужная температура, на экране покажется сообщение Insert & Press.

2. Пластиковая нить подается в задней части принтера, через трубку для подачи пластика, которая соединена с направляющей Фибоначчи. Важно правильно поставить катушку с филаментом, нить будет выходить с правой стороны катушки. Чтобы было проще загрузить филамент в трубку для подачи пластика, надо подрезать кончик нити с помощью ножниц.

3. Протолкнуть конец нити в трубку, она должна упереться в экструдер.

4. Нажать на колесико управления. Через пару секунд из сопла экструдера потечет расплавленный пластик. Экструзия будет выходить после нажатия кнопки.

5. Перед тем как открыть дверцу принтера, нужно подождать пару минут, пока пластик не остынет.

Печать первого объекта

На SD-карте принтера (она есть в комплект принтера) Есть разные файлы, предварительно сохраненные, тестовых объектов.

Все принтеры тестирование прошли, перед тем как поступить в продажу. В комплекте есть предмет из пластика, напечатанный в среднем качестве на этом принтере, для проверки его работы перед отправкой с завода. В меню принтера выбрать Print from SD. Экран покажет название многих моделей для печати выбрать файл Twisted BOX. Нажав на файл, принтер начнет печатать модель автоматически. Есть возможность увидеть информацию о прогрессе печати и температуру экструзии на LCD экране принтера.

После того как печать завершится, открыть дверцу принтера и достать печатную платформу. Опереть платформу на стол и взять готовое изделие. Напечатанная модель и образец из комплекта должны целиком полностью совпасть.

2.3 Печать файла в программе CURA

Cura - это программное обеспечение, которое подготавливает и конвертирует трехмерные модели, созданные на компьютере, в команды для печати на принтере Witbox.

Плюсы программы:

- обрабатывает без проблем некоторые ошибки моделей;
- довольно быстро работает;
- программа очень проста в освоении и использовании.

Cura - это свободное программное обеспечение, для установки на Windows, Mac и Linux.

После загрузки установочного файла программы для оперативной системы, запустить файл и следовать за инструкциями по установке, появляющимися на экране компьютера.

Мастер конфигурации Cura для Witbox

После первого запуска программы, мастер конфигурации поможет правильно настроить программу в соответствии с моделью принтера.

Во втором шаге мастера, выбрать третий вариант Other (Ex: RepRap, MakerBot, Witbox). Нет необходимости выбирать что либо еще в этом окне.

Далее, программа предложит нам выбрать предустановленный профиль печати. Вновь выбрать Witbox и продолжать установку, до тех пор, пока не появится последнее окно, подтверждающее, что установка успешно завершена. Программное обеспечение готово к использованию[20].

Внешний вид и панель управления

Графический интерфейс Cura прост и понятен. Окно программы состоит из поля с настройками слева и трехмерного рабочего пространства, с теми же размерами области печати как и принтер Witbox, справа. Это окно послужит для проверки загруженных трехмерных моделей. Кроме того эта программа позволяет передвигать, поворачивать, масштабировать и добавлять новые предметы в рабочую область.

Загрузка 3D модели

Из меню принтера File > Load model file или с помощью значка, в форме папки, выбрать 3D файл, который нужно напечатать.

Создание и сохранение файла на SD-карте

Извлеките карту памяти из принтера и вставьте её в компьютер. В верхней левой части рабочего поля появится значок SD-карты. Внизу появится информация о длине нити и количестве пластика в граммах, необходимых для печати.

Печать предмета на принтере Witbox

Теперь можно достать карту памяти из компьютера и вновь вставить её в принтер Witbox. Для того чтобы напечатать предмет, нужно включить принтер, найти в меню > Print form SD > и выбрать только что созданный файл.

Чистка сопла. Важно периодически удалять пластик, который может скапливаться вокруг сопла при его постоянном использовании. Для этого можно использовать щетку с металлическими зубьями или плоскогубцы с удлиненными губками. Поддержание этой детали в чистоте позволяет избежать приклеивания нити к соплу вместо печатного стола.

Обновление прошивки.

Команда профессионалов работает ежедневно над улучшением возможностей принтера. Для обеспечения наилучшего качества печати и технического обслуживания, нужно поддерживать прошивку принтера до последней версии обновления.

2.4 3D-печать шаг за шагом

Процесс воплощения идеи в красочном пластиковом объекте, созданном при помощи 3D-принтера, достаточно длинный и сложный. В него вовлечено много разных вещей, которые должны взаимодействовать и слаженно работать:

- Первый шаг – это создание 3D-модели, цифрового двойника объекта, который нужно напечатать (этап цифрового моделирования);
- Второй шаг – создание файла правильного формата, содержащего всю геометрическую информацию, необходимую для отображения цифровой модели (этап экспортирования);

Два предыдущих шага можно пропустить: просто загрузить цифровую модель из интернета (например, из Thingiverse).

- Третий шаг - преобразование цифровой модели (технически это трёхмерный образ цельной поверхности, ячейками которой являются треугольники) в список команд, которые 3D-принтер может понять и выполнить, обычно это называется G-код (этап нарезки);
- Четвёртый шаг - дать принтеру список инструкций, например, через USB соединение с ПК или скопировав файл на карту памяти, которая будет прочитана принтером самостоятельно (этап соединения);
- Пятый шаг – запустить 3D-принтер, начать печатать и ждать результата (печать);
- Шестой шаг – снять только что созданный объект с рабочей платформы, удалить вспомогательные части, очистить его поверхность (этап конечной обработки).

Есть ещё несколько моментов, которые тоже нужно учесть, чтобы результат был успешным: выбор 3D-принтера, его калибровка и установка, тип и качество пластиковой нити, тип поверхности печатной платформы.

2.5 Разработка методического пособия для работы на 3D-принтерах Witbox 2

Для работы на 3D-принтере Witbox 2 необходимо разработать методическое пособие.

Данное методическое пособие разработано на основе технической документации 3D-принтера Witbox 2.

Методическое пособие состоит из двух частей:

- Теоретическая часть;
- Инструкция для работы на 3D-принтерах Witbox 2.

Теоретическая часть включает в себя следующие разделы:

- Основные характеристики 3D-принтера Witbox 2;
- Основные части 3D-принтера Witbox 2.

Техническая инструкция включает в себя следующие разделы:

- Область применения;
- Нормативные ссылки;
- Термины, определения;
- Алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2;
- Печать файла в программе CURA;
- 3D-печать шаг за шагом;
- Охрана труда.

Основные характеристики 3D-принтера Witbox 2.

Принтер Witbox 2 имеет одну из самых больших областей печати в своем классе - 297×210×200 мм.

Скорость печати достигает 80 мм/с, с толщиной слоя до 0,03 мм. Система подачи нитей Fibonacsi с тефлоновым покрытием обеспечивают равномерную подачу нитей в блок управления.

Расходными материалами для bq Witbox могут служить АБС-пластик, ПЛА-пластик, ПВА-пластик, нейлон, а также специфические нити Laybrick и Laywood). Опционально возможна установка второго экструдера.

Принтер функционирует на основе открытого исходного кода и совместим со многими популярными приложениями для 3D-моделирования: Slic3r, Cura, Pronterface, Repetier. Печать может напрямую осуществляться с USB-носителя или SD-карты.

Принтер Witbox производится на собственной фабрике bq в провинции Навара, Испания.

Экструдер в принтере с двойным приводом, который обеспечивает оптимальный захват: подача нити через два зубчатых колеса - надёжный способ доставки материала к соплу хотэнда.

Witbox 2 имеет новую систему автокалибровки, избавляющую от необходимости вручную регулировать платформу. При включении принтер сам обнаружит отклонения в калибровке стола с помощью индуктивного датчика. Затем он соразмерно отрегулирует движение моторов, давая возможность получить идеальный результат даже на наклонной поверхности.

Общие положения. Алгоритм работы 3D-принтере Witbox 2:

- После подключения к сети, включить принтер Witbox 2. LCD панель принтера загорится и покажет информацию о версии установленной прошивки.
- После включения принтера Witbox, на экране панели управления появится информация о состоянии принтера: название, температура и т.д.
- Рядом с экраном LCD находится кнопка-колесо управления, с помощью которого осуществляется доступ к меню принтера. Для выбора нужной команды нажать и прокручивать колесо управления вправо или влево для перемещения в меню настроек.
- Калибровка печатного стола является одним из самых важных моментов, для получения печати предметов высокого качества. С помощью

этого процесса устанавливается расстояние, наконечником экструдера и печатным столом, которое должно быть одинаковым во всех точках.

- В этом пункте загружается филамент в принтер Witbox и осуществляется тест экструзии.
- Прежде чем открыть дверку принтера, нужно подождать несколько минут, пока не остынет экструдированный пластик.
- На SD-карте принтера (включенной в комплект принтера) Есть различные файлы, предварительно сохраненные, тестовых объектов.
- После завершения печати, открыть дверку принтера и достать печатную платформу. Опереть платформу на стол и снять готовое изделие, с уверенностью потянув за него. Напечатанная модель и образец должны полностью совпасть.

Общие требования инструкции по технике безопасности при работе на 3 D-принтере:

- К самостоятельной работе с 3D-принтером допускаются лица, достигшие 18 лет и изучившие настоящую инструкцию при работе на 3 D-принтере;
- При работе на 3D-принтере не допускается расположение рабочего места в помещениях без наличия естественной или искусственной вентиляции;
- Для защиты пластика на катушке от прямых солнечных лучей должны быть солнцезащитные устройства (шторы, пленка с металлизированным покрытием, регулируемые жалюзи с вертикальными панелями и др.);
- Обо всех выявленных во время работы неисправностях оборудования необходимо доложить преподавателю, в случае поломки необходимо остановить работу до устранения аварийных обстоятельств;
- Содержать в чистоте рабочее место и не загромождать его посторонними предметами.

Требования безопасности перед началом работы на 3 D-принтере:

- Проверить наличие и надёжность защитного заземления оборудования;
- Проверить состояние электрического шнура и вилки;
- Проверить исправность выключателей и других органов управления 3D-принтером;
- Тщательно проветрить помещение с 3D-принтером, убедиться, что микроклимат в помещении находится в допустимых пределах: температура воздуха в холодный период года – 22-24С, в тёплый период года – 23–25С, относительная влажность воздуха 40–60%.

Требования безопасности во время работы на 3 D-принтере:

- Включайте и выключайте 3D-принтер только выключателями, запрещается проводить отключение вытаскиванием вилки из розетки;
- Запрещается снимать защитные устройства с оборудования и работать без них, а также трогать нагретый экструдер и столик;
- Не допускать к 3D-принтеру посторонних лиц, которые не участвуют в работе;
- Запрещается перемещать и переносить 3D-принтер во время печати;
- Запрещается во время работы 3D-принтера пить рядом какие-либо напитки, принимать пищу;
- Запрещается любое физическое вмешательство во время работы 3D-принтера, за исключением экстренной остановки печати или аварийного выключения;
- Запрещается оставлять включенное оборудование без присмотра;
- Запрещается класть предметы на или в 3D-принтер;
- Строго выполнять общие требования по электробезопасности и пожарной безопасности, требования инструкции по охране труда при работе на 3D-принтере;

- Суммарное время непосредственной работы с 3D-принтером в течение рабочего дня должно быть не более 6 часов.

Требования безопасности после окончания работы с 3 D-принтером:

- Отключить 3D-принтер от электросети, для чего необходимо отключить тумблер на задней части, а потом вытащить штепсельную вилку из розетки;

- Снять и протереть столик 3D-принтера, остывший до комнатной температуры, чистой влажной тканью, либо промыть проточной водой и вытереть насухо. Установить столик обратно;

- Убрать рабочее место. Обрезки пластика и брак убрать в отдельный пакет для переработки;

- Тщательно проветрить помещение с 3D-принтером.

Разработанное методическое пособие приведено в приложении А.

3 Методическая часть

3.1 Анализ Профессионального стандарта «Специалист по аддитивным технологиям»

Основная цель вида профессиональной деятельности: Обеспечение качества и производительности при производстве изделий методами аддитивных технологий.

Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт:

1. Производство изделий методами аддитивных технологий;
2. Разработка технологических процессов изготовления изделий методами аддитивных технологий;
3. Оперативное руководство участком изготовления изделий методами аддитивных технологий.

Возможные наименования должностей:

- Техник;
- Техник II категории;
- Техник-оператор.

Требования к образованию и обучению:

Среднее профессиональное образование - программы подготовки специалистов среднего звена.

Трудовая функция - Проведение подготовительных мероприятий для изготовления изделий из порошков, проволок и жидких фотополимерных материалов методами аддитивных технологий.

Трудовые действия:

- Входной контроль исходных материалов: порошков, проволок, жидких фотополимерных материалов;
- Подготовка исходных материалов: порошков, проволок, жидких фотополимерных материалов;
- Подготовка установки аддитивного производства к запуску.

Необходимые умения:

- Технология аддитивного производства и принципы формообразования;
- Конструкция и основные узлы технологического оборудования для аддитивного производства;
- Правила технической эксплуатации и порядок работы на технологическом, весовом, дозировочном оборудовании организации;
- Устройство технологического, весового, дозировочного оборудования организации для подготовки исходных материалов, принципы его работы, способы контроля выполнения технологических процессов;
- Правила и порядок применения средств индивидуальной и коллективной защиты;
- Нормативная документация организации на методы исследования и подготовки порошков;
- Нормативная документация организации на методы исследования и подготовки жидких фотополимерных материалов;
- Регламент подготовки установки к работе, регламент проверки узлов установки;
- Регламент ежедневного и планового технического обслуживания;
- Программное обеспечение электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и устройств числового программного управления (УЧПУ) установок аддитивного производства;
- Требования охраны труда;
- Инструкция по пожарной безопасности;
- Инструкция по промышленной безопасности;
- Инструкция по экологической безопасности.

Необходимые знания:

- Заправлять исходные материалы в установку аддитивного производства, устанавливать технологическую подложку (платформу);

- Контролировать закрытие защитных кожухов, анализировать визуальную сигнализацию контрольных приборов установки;
- Проводить визуальную проверку механических и оптических узлов установки аддитивного производства, проводить проверку электронных узлов оборудования посредством средств автоматизированного контроля;
- Загружать трехмерную электронную геометрическую модель изделия в ЭВМ установок аддитивного производства, назначать управляющую программу.

Трудовая функция - Запуск и контроль процесса изготовления изделий методами аддитивных технологий.

Трудовые действия:

- Контроль процесса при запуске;
- Контроль технологической операции послойного аддитивного производства на наличие ошибок;
- Остановка процесса производства при критических и чрезвычайных происшествиях, параметрических ошибках или ошибках производства;
 - Извлечение изделия из рабочей зоны;
 - Очистка изделия от исходного материала.

Необходимые умения:

- Конструкция и основные узлы технологического оборудования для аддитивного производства;
- Устройство систем оптического контроля процесса и принципы их работы, признаки наличия ошибок, методы их выявления;
- Устройство систем автоматизированного контроля параметров технологических режимов и принципы их работы;
- Программное обеспечение ЭВМ и УЧПУ установок аддитивного производства;

- Требования охраны труда;
- Инструкция по пожарной безопасности;
- Инструкция по промышленной безопасности;
- Инструкция по экологической безопасности.

Необходимые знания:

- Контролировать подачу исходного материала визуально;
- Контролировать технологические режимы с помощью автоматизированных систем контроля;
- Выполнять экстренный останов процесса производства и продолжение работы после экстренного останова;
- Очищать наружные и внутренние поверхности изделия от остатков исходных материалов.

Трудовая функция: Оформление производственно-технической и отчетной документации.

Трудовые действия:

- Ведение журналов учета загрузки оборудования, планового технического обслуживания оборудования, учета полученных исходных материалов, технических отходов, регистрации происшествий и аварийных ситуаций;
- Оформление актов изготовления изделий методами аддитивных технологий и протоколов технологических операций;
- Расчет трудоемкости и оформление предложений по изготовлению изделий методами аддитивных технологий;
- Составление отчетных документов по выполненной работе.

Необходимые умения:

- Основы ведения делопроизводства на производственном участке аддитивных технологий (в цехе) в соответствии с действующими в организации требованиями;

- Организационная и функциональная структура производственного участка аддитивных технологий (цеха), организации;
- Способы и методы проведения расчетов трудоемкости изготовления изделий методами аддитивных технологий;
- Основы и базовые навыки работы с текстовыми, графическими и математическими редакторами.

Необходимые знания:

- Работать на ЭВМ с программным обеспечением, текстовыми и графическими редакторами, математическими редакторами, программами расчета смет (базовые навыки);
- Работать с офисной техникой;
- Оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими в организации требованиями, стандартами и нормативными документами.

3.2 Разработка плана теоретического занятия

Тема: «3D моделирование и прототипирование»

Изучение данной темы необходимо, чтобы понять принцип работы 3D-принтера Witbox 2.

Для подготовки к работе на данном принтере, разработан план теоретического занятия, в котором изучим устройство и принцип работы 3D-принтера Witbox 2.

План-конспект теоретического занятия

Тема: «3D моделирование и прототипирование»

Тип занятия: усвоения новых знаний.

Цель занятия: изучение трехмерного моделирования.

Задачи занятия:

- ознакомить студентов с устройством и принципом действия работы 3D-принтера Witbox 2;

- ознакомить с этапами подготовки работы 3D-принтера Witbox 2;

При проведении данного занятия используются следующие методы обучения: наглядные – презентация; словесные – лекция, беседа; практические – тестирование.

Продолжительность занятия составляет 90 мин.

В результате освоения темы студент должен:

Знать:

- основные части 3D-принтера Witbox 2;
- алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2

Уметь:

- перечислять этапы подготовки 3D-принтера Witbox 2

Ход занятия

1. Проверка присутствующих, сообщение темы занятия – 5 мин.
2. Подготовка к изучению нового материала (актуализация знаний) – 15 мин.
3. Изучение нового материала – 60 мин.
4. Закрепление знаний (фронтальный опрос) – 5 мин.
5. Подведение итогов урока – 5 мин.

Ход занятия представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Ход занятия

Этап занятия	Деятельность преподавателя	Наглядные средства	Деятельность слушателей – (предполагаемые ответы)
1. Организационная часть – 5 мин.	1.1. Проверка присутствующих по журналу. 1.2. Организация рабочих мест		Подготовка к опросу
2. Подготовка к изучению нового материала – 15 мин.	2.1. Актуализация знаний по пройденному материалу 2.2. Сообщение темы и цели урока	Доска, цветные мелки	2.1. Запись номера урока и темы
3. Объяснение нового материала – 60 мин.	Показ презентации с объяснением: 3.1. Назначение 3D-принтера 3.2. Алгоритм работы 3D-принтера	Презентация	3.1. Просмотр презентации 3.2. Запись нового материала
4. Закрепление нового материала – 5 мин.	Опрос обучающихся по теме: – «3D моделирование и прототипирование» – этапы подготовки принтера к работе		Ответы на вопросы по закреплению нового учебного материала
5. Подведение итогов занятия – 5 мин.	Оценивание ответов, выставление оценок		

Тема: «3D моделирование и прототипирование»

Цели занятия

1. Изучение трехмерного моделирования
2. Изучить основные части 3D-принтера Witbox 2
3. Изучить алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2

Назначение 3D-принтера:

Трёхмерная печать буквально несколько лет назад была фантастикой. В наши дни технология прототипирования обретает промышленный характер. 3D-печать применяется в различных сферах деятельности человечества.

Этапы подготовки 3D-принтера Witbox 2 к работе:

Этап 1: Создание цифровой модели

Этап 2: Экспорт 3D-модели в STL-формат

Этап 3: Генерирование G-кода

Этап 4: Подготовка 3D-принтера к работе

Этап 5: Печать 3D-объекта

Этап 6: Финишная обработка объекта

Этап 1. Создание цифровой модели

Процесс разработки 3D-печати начинается с виртуального образа будущего объекта в 3D-редакторе или CAD-программе («AutoCAD», «Компас», «SolidWorks» и др.). Также готовые виртуальные модели можно найти в Интернет, на специализированных сайтах, посвящённых 3D-печати.

Этап 2. Когда моделирование окончено, следует перевести полученный файл в STL-формат. Для этого нужно выбрать в меню пункт «Сохранить как» или «Import/Export», в зависимости от используемой программы.

Этап 3. STL-файл с будущим объектом обрабатывается специальной программой-слайсером, которая переводит его в управляющий G-код для 3D-принтера. Если модель не подвергнуть слайсингу, то 3D-принтер не распознает её.

Программа-слайсер указывает последовательность нанесения материала во время 3D-печати.

Программы-слайсеры разрезают модель на тонкие горизонтальные пластины и преобразуют в цифровой G-код, понятный трёхмерному принтеру.

Программа-слайсер как бы задаёт траекторию движения печатающей головки 3D-принтера при нанесении расходного материала.

Модель подготовлена, переведена в STL-формат и сгенерирован её G-код. Теперь объект отправляется на печать.

Этап 4. Следует загрузить в 3D-принтер бобину с полимерной нитью нужного цвета. Бобина устанавливается на подставку, подрезается конец нити, чтобы он был ровным.

Этап 5. Важнейшими элементами 3D-принтера являются рабочая платформа и печатающая головка. На рабочей платформе происходит формирование готового объекта. Во время работы платформа движется вверх и вниз по оси Z. Печатающая головка выдавливает на рабочую платформу расплавленную полимерную нить, слой за слоем формируя готовый объект. Печатающая головка 3D-принтера движется по горизонтали и вертикали (оси X, Y).

Этап 6.

После извлечения объекта удалить лишние элементы на объекте и очистить стол.

Алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2

Включить компьютер. Загрузить нужный объект для печати. В программе CURA настроить (температуру экструдера; тип прилипания; качество печати). Нажать печать, далее на мониторе выбрать процесс печати и количество печатаемых объектов. Включить тумблер принтера, пошел сигнал на принтер, нагревается экструдер до выставленной температуры. Печатный подвижный стол автоматически калибруется. Происходит сама печать детали. После окончания печати детали объекта очистить подвижный стол и закрыть программу на компьютере. 3D-принтер охлаждается до комнатной температуры.

Для представления нового материала разработана презентация – приложение Б.

Лекция преподавателя сопровождается показом слайдов презентации.

Для проверки нового материала разработан тест.

3.3 Разработка тестового задания

Тестовое задание для оценка знаний, умений и навыков по результатам контроля освоения темы

Выберите правильный вариант ответа.

1. Что такое LCD экран?
 - а)- расположенный внизу, на задней панели принтера;
 - б)- это светящаяся панель голубого цвета, показывающая информацию о состоянии принтера;
 - в)- это устройство, расположенное внутри принтера.
2. Бобина с филаментом это –
 - а)- катушка термопластичной пластмассы толщиной 2 мм;
 - б)- катушка термопластичной пластмассы толщиной 1,25 мм;
 - в)- катушка термопластичной пластмассы толщиной 1,75 мм.
3. Устройство, состоящее из горячего наконечника (HotEnd), шагового электродвигателя для выталкивания пластиковой нити и вентилятора называют:
 - а)- фибоначчи;
 - б)- экструдер;
 - в)- филамент.
4. Пластиковая трубка, по которой нить поставляется к экструдеру называется:
 - а)- филамент;
 - б)- патрубок;
 - в)- направляющая Фибоначчи.
5. Рабочая площадка 3D-принтера Witbox 2 составляет:
 - а)- 200x210x297мм;
 - б)- 297x200x210мм;
 - в)- 297x210x200мм;
6. Что такое 3D-печать?

а)- это процесс создания твёрдых трёхмерных объектов любой формы из цифровой компьютерной модели;

б)- это процесс, в ходе которого при помощи специального высокотехнологичного сканера анализируется какой-либо трёхмерный объект;

в)- это процесс экспериментального исследования.

7. Процесс перевода 3D-модели в управляющий код – это:

а)- слайсинг;

б)- экструдер;

в)- полилактид.

8. Технология печати 3D-принтера Witbox 2:

а)- технология лазерной наплавки(LENS);

б)- производство объектов методом ламинирования(LOM);

в)- моделирование методом наплавления (FDM).

9. Максимальная скорость печати 3D-принтера Witbox 2:

а)- 200мм/с;

б)-100мм/с;

в)- 300мм/с.

10. Какой диаметр сопла экструдера у 3D-принтера Witbox 2:

а)- 0,5мм;

б)-0,4мм;

в)- 1мм.

11. Прямоугольник из толстого стекла, на котором располагается печатаемый предмет называется:

а)- крышка;

б)- печатный стол;

в)- подложка.

12. Металлическая деталь, удерживающая бобину с нитью на задней части принтера называется:

а)- держатель катушки;

б)- рама;

в)- опора.

13. Название материала, используемого в качестве филамента:

а)- катушка фотополимера;

б)- катушка PLA пластика;

в)- картридж.

14. Головка экструзии, лазерный генератор, узел формирования поддерживающего материала, устройство для фиксации что это:

а)- основные узлы 3D-сканера;

б)- основные понятия принтеров;

в)- основные узлы 3D-принтера Witbox 2.

15. Для чего нужна калибровка печатного стола?:

а)- с помощью этого процесса устанавливается расстояние, между верхней крышки 3D-принтера и наконечником экструдера;

б)- с помощью этого процесса устанавливается расстояние, между боковыми панелями 3D-принтера;

в)- с помощью этого процесса устанавливается расстояние, между наконечником экструдера и печатным столом, которое должно быть одинаково во всех точках.

16. Можно ли остановить печать на 3D-принтера Witbox 2?:

а)- да кнопкой STOP Print;

б)- категорически запрещено, это испортит объект печати;

в)- нет.

17. Амортизирующая система калибровки печатного стола проходит по:

а)- двум точкам;

б)- одной точке;

в)- трём точкам.

18. Качество печати на 3D-принтера Witbox 2:

а)- очень высокое 20 микрон; высокое 100микрон, среднее 200 микрон, низкое 300 микрон;

б)- высокое 50 микрон, среднее 150 микрон, низкое 250 микрон;

в)- высокое 200 микрон, среднее 300 микрон, низкое 400 микрон.

19. Декартова кинематика это:

а)- позиционирование экструдера относительно детали осуществляется по двум координатам: X, и Z;

б)- позиционирование экструдера относительно детали осуществляется по трем координатам: X, Y и Z;

в)- позиционирование экструдера относительно детали осуществляется по двум координатам: X, Y.

20. Количество печатающих головок на 3D-принтера Witbox 2?

а)- две;

б)- одна;

в)- три.

Таблица 4 - Ключ ответов

1 - б)	11 – б)
2 – в)	12 – а)
3 – б)	13– б)
4 – в)	14 –в)
5 – в)	15– в)
6 – а)	16– а)
7 – а)	17– в)
8 - в)	18– а)
9 -а)	19– б)
10 – б)	20– б)

Оценка знаний, умений и навыков по результатам контроля освоения темы производится в соответствии с универсальной шкалой, которая представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Оценочная шкала

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	Балл (оценка)	Вербальный аналог
86 - 100	5	отлично
76 - 85	4	хорошо
51 - 75	3	удовлетворительно
Менее 50	2	не удовлетворительно

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалифицированной работе было разработано методическое пособие для подготовки студентов к работе на 3D-принтерах Witbox 2 для «Российского государственного профессионально-педагогического университета». Разработан план теоретического занятия и тестового задания.

Так же была раскрыта тема 3D-принтеров, сравнение характеристик и их особенности.

Приведен алгоритм работы на 3D-принтере Witbox 2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гареев, Т. Ф. Эволюция моделей инновационного процесса Текст.: / Вестник ТИСБИ. 2006. № 2. С. 24-32.
2. ГОСТ 20999-83. Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ Текст.: / – Введ. 1983.03.28. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1983. – 29 с.
3. Ильин, Ю. 3D принтеры: что и зачем Текст.: / Ю. Ильин // САПР и графика – 2016. – № 2. – С. 12–16.
4. Канеса, И. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития Текст.: / И. Канеса, С. Фонда, М. Зенаро – М.: Университетская книга, 2013. – 192 с.
5. Лейбов, А.М. Применение технологий 3D–прототипирования в образовательном процессе Текст.: / А.М. Лейбов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 93.
6. Ревич, Ю.В. 3D в натуре Текст.: / Ю. В. Ревич // Компьютерра. – 2009. – № 8. – С. 37–41.
7. Эванс, Б. Практические 3D–принтеры: наука и искусство 3D–печати Текст.: / Б. Эванс. – СПб.: Apress, 2012. – 212 с.
8. Floyd, J. 3D Printing: Build Your Own 3D Printer and Print Your Own 3D Objects. – CA.: Que Publishing, 2013. – 192 с.
9. Михайлова, А. Е. 3D-принтер - технология будущего Текст.: / А. Е. Михайлова // Молодой ученый. – 2015. – №20. – С. 40–44.
10. Kimberly, S. 3D Printing – Unabridged Guide. – CA.: Tebbo, 2013. – 174 с.
11. Jesse, H. 3D CAD with Autodesk 123D: Designing for 3D Printing, Laser Cutting, and Personal Fabrication. – CA.: Maker Media, 2016. – 118 с.
12. Мокеева, О. Д. 3D–печать архитектурных макетов и перспективы оснащения их инженерными системами в процессе печати Текст.: / О. Д. Мокеева // Молодой ученый. – 2016. – №7. – С. 128–131.

13. 3D-принтеры [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.magnum3d.ru
14. Kimberly S. 3D Printing – Unabridged Guide. – CA.: Tebbo, 2013. – 174 с.
15. 3Dtoday.ru – портал о 3D печати [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.3dtoday.ru/wiki/
16. Mir3D.ru – портал о 3D технологиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.mir3d.ru
17. Пульс цен [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.ekb.pulscen.ru
18. 3D принтер [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.printbox3d.ru
19. Малышева, В. Л. Возможности 3D принтера в строительстве Текст.: / В. Л. Малышева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. –2013. – № 12. – С. 28–41.
20. Горьков, Д. 3D-печать с нуля Текст.: /Д. Горьков // Подробное руководство по обучению на 3D-принтере. -2015.- С. 72-95.
21. Сравнительная таблица характеристик персональных 3D принтеров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.interface.ru>
22. Зленко, М.А., Нагайцев, М.В., Довбыш, В.М. Аддитивные технологии в машиностроении Текст.: / Пособие для инженеров М.: 2015. - 218 с.
23. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата Текст.: / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Юрайт, 2015 . – 602 с.
24. Инженерная 3D-компьютерная графика: уч. пособие для бакалавров, 2-е изд. перераб. и дополн. Текст.: / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. — М.: Изд-во Юрайт, 2012. – 464 с.

25. Рекомендации о порядке проведения промежуточной аттестации по учебным дисциплинам, междисциплинарным курсам, профессиональным модулям и переводе на следующий курс обучающихся по основным профессиональным образовательным программам начального и среднего профессионального образования на основе федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) Текст.: Т.А. Таршис, Т.В. Ташлинцева, П.Е. Бакаева. Екатеринбург. 2012. – 68 с.

26. Приказ Министерства образования и науки РФ от 22 декабря 2015 г. N 1506 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.09 Аддитивные технологии" [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.edu.ru/documents/view/62559/>

27. Чернова, Ю.К. Технология реализации компетентного подхода при подготовке специалистов Текст.: учеб. пособие / Ю.К. Чернова Вектор науки ТГУ. 2010. № 1. – 70с.

28. Зеер, Э. Ф. Модернизация профессионального образования: компетентный подход Текст.: учеб. пособие / Э. Ф. Зеер, А. М. Павлова, Э. Э Сыманюк. М.: Московский психолого-социальный институт, 2005. – 65с.

29. Джон Эрпенбек Формирование современной системы контроля и оценки качества в образовательном процессе. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/bolonsk/prilozh.pdf>

30. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 36 с.

31. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Методическое пособие для работы на 3D-принтерах Witbox 2

«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ НА 3D-ПРИНТЕРАХ Witbox 2

2019

Содержание

1. Теоретическая часть

1.1. Основные характеристики 3D-принтера Witbox 2

1.2. Основные части 3D-принтера Witbox 2

2. Инструкция для работы на 3D-принтерах Witbox 2

2.1. Область применения

2.2. Нормативные ссылки

2.3. Термины, определения

2.4. Алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2

2.5. Печать файла в программе CURA

2.6. 3D-печать шаг за шагом

2.7. Охрана труда

1. Теоретическая часть

1.1. Основные характеристики 3D-принтера Witbox 2

Принтер Witbox 2 имеет одну из самых больших областей печати в своем классе - 297×210×200 мм.

Скорость печати достигает 80 мм/с, с толщиной слоя до 0,03 мм. Система подачи нитей Fibonacci с тефлоновым покрытием обеспечивают равномерную подачу нитей в блок управления.

Расходными материалами для bq Witbox могут служить АБС-пластик, ПЛА-пластик, ПВА-пластик, нейлон, а также специфические нити Laybrick (имитация песка) и Laywood (имитация дерева). Опционально возможна установка второго экструдера.

Принтер функционирует на основе открытого исходного кода и совместим со многими популярными приложениями для 3D-моделирования: Slic3r, Cura, Pronterface, Repetier. Печать может напрямую осуществляться с USB-носителя или SD-карты.

Принтер Witbox производится на собственной фабрике bq в провинции Навара, Испания.

Экструдер в принтере с двойным приводом, который обеспечивает оптимальный захват: подача нити через два зубчатых колеса - надёжный способ доставки материала к соплу хотэнда.

Witbox 2 имеет новую систему автокалибровки, избавляющую от необходимости вручную регулировать платформу. При включении принтер сам обнаружит отклонения в калибровке стола с помощью индуктивного датчика. Затем он соразмерно отрегулирует движение моторов, давая возможность получить идеальный результат даже на наклонной поверхности.

2. Основные части 3D-принтера Witbox 2

1. LCD экран: это светящаяся панель голубого цвета, показывающая информацию о состоянии принтера.

2. Колесо управления: металлическая кнопка-колесо управления, позволяющая навигацию по различным пунктам меню.
3. Слот для SD-карт: это устройство, расположенное внутри принтера, с входом, для введения карты памяти, на задней части панели управления.
4. Печатный стол: это прямоугольник из толстого стекла, на котором располагается печатаемый предмет.
5. Hot-End: металлический наконечник, нагревающийся до высокой температуры и через который проходит расплавленный пластик.
6. Экструдер: устройство, состоящее из горячего наконечника (HotEnd), шагового электродвигателя для выталкивания пластиковой нити и вентилятора.
7. Бобина с филаментом: катушка термопластичной пластмассы толщиной 1.75 мм.
8. Катушка PLA пластика: название материала, используемого в качестве филамента.
9. Держатель катушки: металлическая деталь, удерживающая бобину с нитью на задней части принтера.
10. Направляющая Фибоначчи: пластиковая трубка, по которой нить поставляется к экструдеру. Форма трубки легко адаптируется под движение принтера и защищает нить.
11. Разъем питания: расположенный внизу, на задней панели принтера.
12. Переключатель «включено – выключено»: кнопка с двумя позициями для включения и выключения Witbox.
13. USB-порт: разъем для подключения кабеля USB, расположенный на правой боковой панели принтера.

2. Инструкция для работы на 3D-принтерах Witbox 2

2.1. Область применения

Инструкция регламентирует порядок работы на 3D-принтерах Witbox2.

2.2. Нормативные ссылки

В настоящей инструкции использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

2.3. Термины, определения.

В настоящей технологической инструкции применены следующие термины с соответствующими определениями, обозначения и сокращения:

Экструдер - устройство, состоящее из горячего наконечника (HotEnd), шагового электродвигателя для выталкивания пластиковой нити и вентилятора.

Направляющая Фибоначчи - пластиковая трубка, по которой нить поставляется к экструдеру.

Слайсинг - Процесс перевода 3D-модели в управляющий код.

Декартова Кинематика - позиционирование экструдера относительно детали осуществляется по трем координатам: X, Y и Z.

Филамент – материал для 3D-печати.

2.4. Алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2

2.4.1 После подключения к сети, включить принтер Witbox 2. LCD панель принтера загорится и покажет информацию о версии установленной прошивки.

2.4.2 После включения принтера Witbox, на экране панели управления появится информация о состоянии принтера: название, температура и т.д.

2.4.3 Рядом с экраном LCD находится кнопка-колесо управления, с помощью которого осуществляется доступ к меню принтера. Для выбора

нужной команды нажать и прокручивать колесо управления вправо или влево для перемещения в меню настроек.

2.4.4 Калибровка печатного стола является одним из самых важных моментов, для получения печати предметов высокого качества. С помощью этого процесса устанавливается расстояние, наконечником экструдера и печатным столом, которое должно быть одинаковым во всех точках.

- Если сопло экструдера находится слишком далеко от печатного стола или одна сторона стола находится выше другой – это может привести к тому, что печатаемые предметы не прилепятся к базе соответствующим образом.

- Если сопло находится слишком близко от стола - это может заблокировать поступление нити, повредить экструдер и поцарапать печатный стол.

- Регулярная калибровка печатного стола позволяет улучшить качество печатаемых предметов.

Ассистент установки поможет настроить печатный стол, указывая необходимые действия на LCD панели принтера. Для того чтобы поднять или опустить печатный стол, нужно будет отрегулировать три винта, находящихся непосредственно под подставкой для стола.

Положить лист для калибровки, входящий в комплект принтера, на печатный стол. Нажать на колесо управления и выбрать Control > Level Plate. Нажать на кнопку, для начала процесса калибровки.

Экструдер займет положение в отправной точке: в правом заднем углу. Далее он переместится в первую точку калибровки. Проверить высоту между столом и экструдером, используя лист для калибровки и, в случае необходимости, измените ее, поворачивая винт, находящийся под подставкой для стеклянного стола. Для увеличения расстояния между столом и экструдером, повернуть винт вправо. Для уменьшения расстояния, наоборот, повернуть винт влево. Лист для калибровки должен проходить между печатным столом и экструдером с некоторым затруднением.

Снова нажать на колесо управления. Экструдер переместится во вторую точку калибровки. Повторить вышеуказанные шаги во второй и третьей точках калибровки.

В завершении экструдер займет положение в центре печатного стола. Следует вновь проверить расстояние между экструдером и листом для калибровки. Нажать на кнопку, для выхода из ассистента калибровки. Для обеспечения оптимальной калибровки печатного стола, рекомендуется повторять этот процесс столько раз, сколько это необходимо.

2.4.5 В этом пункте загружается филамент в принтер Witbox и осуществляется тест экструзии.

Выбрать Control > Filament > Load. Экструдер начнет нагреваться, до температуры в 220 градусов. Можно следить за процессом увеличения температуры на LCD экране. Когда будет достигнута нужная температура, на экране появится сообщение Insert & Press.

Подача пластиковой нити производится в задней части принтера, через трубку подачи пластика, соединенную с направляющей Фибоначчи. Очень важно правильно установить катушку с филаментом, нить должна выходить из правой стороны катушки. Для того чтобы было проще загрузить филамент в трубку подачи пластика, нужно подрезать кончик нити по диагонали с помощью ножниц. Протолкнуть конец нити в трубку, пока она не упрется в экструдер. Нажать с силой, для того, чтобы убедиться, что нить дошла до предела трубки. Нажать на колесо управления. Через несколько секунд из сопла экструдера потечет струйка расплавленного пластика. Экструзия будет происходить каждый раз после нажатия кнопки.

2.4.6 Прежде чем открыть дверку принтера, нужно подождать несколько минут, пока не остынет экструдированный пластик.

2.4.7 На SD-карте принтера (включенной в комплект принтера) Есть различные файлы, предварительно сохраненные, тестовых объектов.

Все принтеры прошли тестирование, перед поступлением в продажу. В комплекте есть пластмассовый предмет, напечатанный в среднем качестве на

этом же принтере, для проверки его работы перед отправкой с завода. В меню принтера выбрать Print from SD. Экран покажет название различных моделей для печати выбрать файл Twisted BOX. Нажав на любой файл, принтер автоматически начнет печатать модель. Можно увидеть информацию о прогрессе печати и температуру экструзии на LCD экране принтера.

2.4.8 После завершения печати, открыть дверку принтера и достать печатную платформу. Опереть платформу на стол и снять готовое изделие, с уверенностью потянув за него. Напечатанная модель и образец должны полностью совпасть.

2.5 Печать файла в программе CURA

Cura - это программное обеспечение, которое подготавливает и конвертирует трехмерные модели, созданные на компьютере, в команды для печати на принтере Witbox.

Плюсы программы:

- обрабатывает некоторые ошибки моделей;
- довольно быстро работает;
- программа очень проста в использовании.

Cura - это свободное программное обеспечение, для установки на Windows, Mac и Linux. Переконфигурированную, для принтера Witbox, версию программы можно найти по адресу: www.bq.com/gb/products/witbox.html.

После загрузки установочного файла программы для оперативной системы, запустить файл и следовать за инструкциями по установке, появляющимися на экране. Программа предложит выбрать предустановленный профиль печати. Вновь выбрать Witbox и продолжать установку, пока не появится последнее окно, подтверждающее, что установка успешно завершена. Программное обеспечение готово к использованию.

Графический интерфейс Cura прост и понятен. Окно программы состоит из поля с настройками слева и трехмерного рабочего пространства, с

теми же размерами области печати как и принтер Witbox, справа. Окно послужит для проверки загруженных 3D-моделей. Эта программа позволит передвигать, поворачивать, масштабировать и добавлять новые предметы в рабочую область.

Загрузка 3D модели. Из меню принтера File > Load model file или с помощью значка, в форме папки, выбрать 3D файл, который нужно напечатать.

Создание и сохранение файла на SD-карте. Извлечь карту памяти из принтера и вставить её в компьютер. В верхней левой части рабочего поля появится значок SD-карты. Внизу появится информация о длине нити и количестве пластика в граммах, необходимых для печати.

Печать предмета на принтере Witbox. Карту памяти достать из компьютера и вновь вставить её в принтер Witbox. Для того чтобы напечатать предмет, нужно включить принтер, найти в меню > Print form SD > и выбрать только что созданный файл.

Чистка сопла. Важно периодически удалять пластик, который скапливается вокруг сопла при постоянном использовании. Для этого можно использовать щетку с металлическими зубьями или плоскогубцы с удлиненными губками. Поддержание этой детали в чистоте позволит избежать приклеивания нити к соплу вместо печатного стола.

При использовании принтера Witbox, нужно выполнять меры безопасности:

- Не использовать поврежденные кабели, штекеры, розетки. Не сгибать и не деформировать кабель питания. Не дотрагиваться до кабеля питания мокрыми руками, не дергать кабель для отключения питания.

- Работа Witbox сопряжена с высокими температурами, в принтере задействованы подвижные детали, которые могут нанести травмы при соприкосновении. Во время работы, температура внутри принтера достигает высоких показателей, нельзя дотрагиваться до деталей внутри принтера и не касаться экструдера во время печати.

- Если необходимо открыть 3D принтер убедитесь, что принтер полностью выключен, переключатель находится в положении «выключен» и шнур питания не подключен к электрической сети. Подождать, пока принтер остынет, если он недавно был в работе. В целях безопасности держать дверь 3D принтера закрытой во время работы и когда принтер не используется.

- Не допускать падения 3D принтера или ударов по нему. Избегать использования неодобренных производителем кабелей.

- Использовать и убирать расходные материалы с осторожностью.

- Не включать 3D-принтер в взрывоопасной среде или вблизи с легковоспламеняющимися химическими продуктами. Всегда соблюдать требования и указания предупреждающих знаков по технике безопасности.

- Наблюдать за процессом печати, когда 3D-принтер Witbox2 находится в работе.

2.6. 3D-печать шаг за шагом

- Первый шаг – это создание 3D-модели, цифрового двойника объекта;

- Второй шаг – создание файла правильного формата, для отображения цифровой модели;

Два предыдущих шага можно пропустить: просто загрузить цифровую модель из интернета;

- Третий шаг - преобразование цифровой модели в список команд, которые 3D-принтер может выполнить, обычно это называется G-код;

- Четвёртый шаг - дать принтеру список инструкций через USB соединение с ПК или скопировав файл на карту памяти, которая будет прочитана принтером самостоятельно;

- Пятый шаг – запустить 3D-принтер, начать печатать и ждать результата (печать);

- Шестой шаг – снять только что созданный объект с рабочей платформы, удалить вспомогательные части, очистить его поверхность (этап конечной обработки).

2.7. Охрана труда

2.7.1. Общие требования инструкции по технике безопасности при работе на 3 D-принтере

- К самостоятельной работе с 3D-принтером допускаются лица, достигшие 18 лет и изучившие настоящую инструкцию при работе на 3 D-принтере.
- При работе на 3D-принтере не допускается расположение рабочего места в помещениях без наличия естественной или искусственной вентиляции.
- Для защиты пластика на катушке от прямых солнечных лучей должны быть солнцезащитные устройства (шторы, пленка с металлизированным покрытием, регулируемые жалюзи с вертикальными панелями и др.).
- Обо всех выявленных во время работы неисправностях оборудования необходимо доложить преподавателю, в случае поломки необходимо остановить работу до устранения аварийных обстоятельств. Содержать в чистоте рабочее место и не загромождать его посторонними предметами.

2.7.2. Требования безопасности перед началом работы на 3 D-принтере

- Проверить наличие и надёжность защитного заземления оборудования.
- Проверить состояние электрического шнура и вилки.
- Проверить исправность выключателей и других органов управления 3D-принтером.
- Тщательно проветрить помещение с 3D-принтером, убедиться, что микроклимат в помещении находится в допустимых пределах: температура воздуха в холодный период года – 22-24С, в теплый период года – 23–25С, относительная влажность воздуха 40–60%.

2.7.3. Требования безопасности во время работы на 3 D-принтере

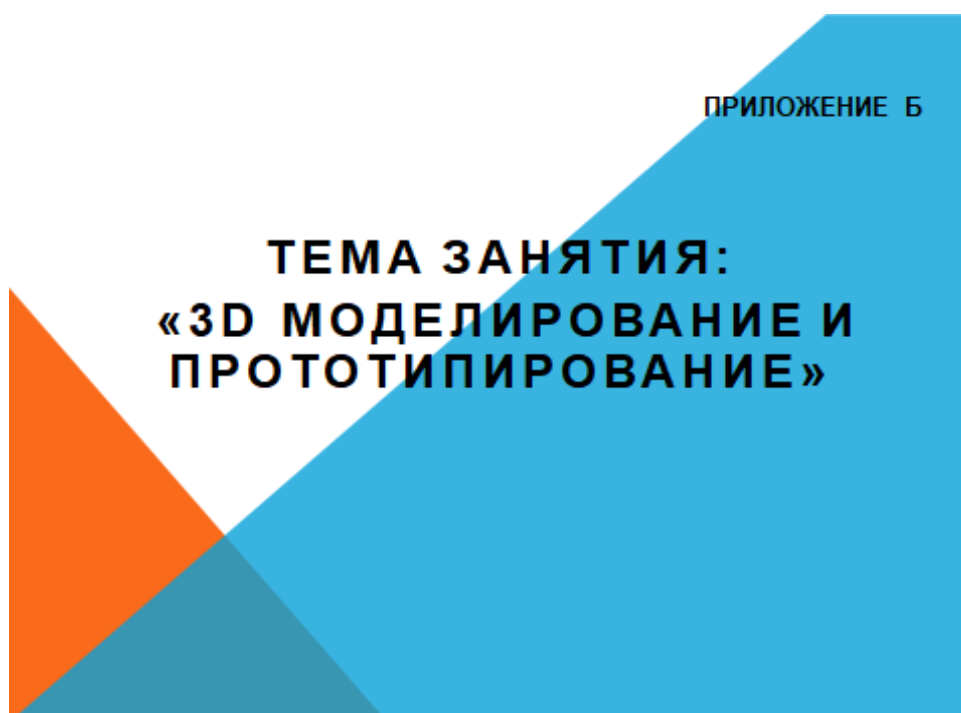
- Включайте и выключайте 3D-принтер только выключателями, запрещается проводить отключение вытаскиванием вилки из розетки.
- Запрещается снимать защитные устройства с оборудования и работать без них, а также трогать нагретый экструдер и столик.
- Запрещается перемещать и переносить 3D-принтер во время печати.
- Запрещается во время работы 3D-принтера пить рядом какие-либо напитки, принимать пищу.
- Запрещается любое физическое вмешательство во время работы 3D-принтера, за исключением экстренной остановки печати или аварийного выключения.
- Запрещается оставлять включенное оборудование без присмотра.
- Запрещается класть предметы на или в 3D-принтер.
- Строго выполнять общие требования по электробезопасности и пожарной безопасности, требования инструкции по охране труда при работе на 3D-принтере.
- Суммарное время непосредственной работы с 3D-принтером в течение рабочего дня должно быть не более 6 часов.

2.7.4. Требования безопасности после окончания работы с 3 D-принтером

- Отключить 3D-принтер от электросети.
- Снять и протереть столик 3D-принтера, остывший до комнатной температуры, чистой влажной тканью Установить столик обратно.
- Убрать рабочее место.
- Тщательно проветрить помещение с 3D-принтером.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Презентация занятия на тему: «3D моделирование и прототипирование»



ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ:

- 1. Изучение трехмерного моделирования**
- 2. Изучить основные части 3D-принтера Witbox 2**
- 3. Изучить алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2**



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Назначение 3D-принтера Witbox 2**
- 2. Этапы подготовки 3D-принтера к работе**
- 3. Алгоритм работы 3D-принтера Witbox 2**



1. НАЗНАЧЕНИЕ 3D-ПРИНТЕРА WITBOX 2



Буквально несколько лет назад трехмерная печать была фантастикой. В наши дни технология прототипирования начинает обретать промышленный характер. 3D печать применяется в различных сферах деятельности человечества.



2. ЭТАПЫ ПОДГОТОВКИ 3D-ПРИНТЕРА К РАБОТЕ

Этап 1: Создание цифровой модели

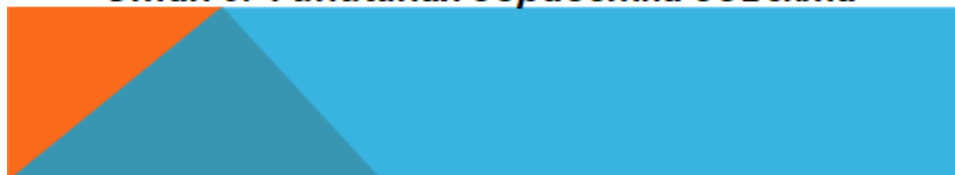
Этап 2: Экспорт 3D-модели в STL-формат

Этап 3: Генерирование G-кода

Этап 4: Подготовка 3D-принтера к работе

Этап 5: Печать 3D-объекта

Этап 6: Финишная обработка объекта



Этап 1: Создание цифровой модели

Процесс 3D-печати начинается с разработки виртуального образа будущего объекта в 3D-редакторе или CAD-программе («3D Studio Max», «AutoCAD», «Компас», «SolidWorks» и др.). Также готовые виртуальные модели можно найти в Интернет, на специализированных сайтах, посвящённых 3D-печати.



Этап 2: Экспорт 3D-модели в STL-формат

Когда моделирование окончено, следует перевести полученный файл в STL-формат. Для этого нужно выбрать в меню пункт «Сохранить как» или «Import/Export», в зависимости от используемой программы.



Этап 3: Генерирование G-кода

STL-файл с будущим объектом обрабатывается специальной программой-слайсером, которая переводит его в управляющий G-код для 3D-принтера. Если модель не подвергнуть слайсингу, то 3D-принтер не распознает её.

Программа-слайсер указывает последовательность нанесения материала во время 3D-печати

Программы-слайсеры разрезают модель на тонкие горизонтальные пластины и преобразуют в цифровой G-код, понятный трёхмерному принтеру.

Программа-слайсер как бы задаёт траекторию движения печатающей головки 3D-принтера при нанесении расходного материала.

Итак, модель подготовлена, переведена в STL-формат и сгенерирован её G-код. Теперь объект отправляется на печать.



Этап 4: Подготовка 3D-принтера к работе

Следует загрузить в 3D-принтер бобину с полимерной нитью нужного цвета.

Бобина устанавливается на подставку, подрезается конец нити, чтобы он был ровным.



Этап 5: Печать 3D-объекта

Важнейшими элементами 3D-принтера являются рабочая платформа и печатающая головка. На рабочей платформе происходит формирование готового объекта. Во время работы платформа двигается вверх и вниз по оси Z. Печатающая головка выдавливает на рабочую платформу расплавленную полимерную нить, слой за слоем формируя готовый объект. Печатающая головка 3D-принтера движется по горизонтали и вертикали (оси X, Y).



Этап 6. Финишная обработка объекта

**После извлечения объекта удалить
лишние элементы на объекте и
очистить стол.**



АЛГОРИТМ РАБОТЫ 3D-ПРИНТЕРА WITBOX 2

Включить компьютер. Загрузить нужный объект печати. В программе CURA настроить (температуру экструдера; тип прилипания; качество печати). Нажать печать далее на мониторе выбрать процесс печати и количество печатаемых объектов. Включить тумблер принтера, пошел сигнал на принтер, нагревается экструдер до выставленной температуры. Печатный подвижный стол автоматически калибруется. Происходит сама печать детали. После окончания печати детали объекта очистить подвижный стол и закрыть программу на компьютере. 3D-принтер охлаждается до комнатной температуры.

