ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
УСИЛЕННОЙ КВАЛИФИЦИРОВАННОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00 df 48 23 9f 19 a3 6a b9 e6 8a d6 a0 3b d9 fc 25
Владелец: Желонкин Сергей Витальевич
Действителен: с 02.09.2022 до 26.11.2023

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ
ЗАТО Г. СЕВЕРОМОРСК
МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЗАТО Г. СЕВЕРОМОРСК
«УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР»

СОГЛАСОВАНО
Протокол педсовета
МБУДО УЦ № 6
«06» 05 2022 г.

УТВЕРЖДЕНО
Введено в действие
приказом МБУДО УЦ
№ 157 «07» мая 2022 г

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа технической направленности

«3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ»

Возраст: 14-18 лет
Срок реализации - 2 года

Составитель: Стоякина Вера Александровна,
педагог дополнительного образования

г. Североморск
2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1.	Пояснительная записка ……	3
2.	Условия реализации программы ……	7
3.	Виды контроля ……	8
4.	Диагностический инструментарий ……	9
5.	Предполагаемые результаты обучения ……	13
6.	Рабочий учебный план ……	14
7.	Содержание изучаемого курса 1-ый год обучения……	15
8.	Содержание изучаемого курса 2-ой год обучения ……	19
9.	Список литературы ……	22
10.	Приложение ……	24

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеразвивающая программа» технической направленности «3D-моделирование» реализуется в Муниципальном бюджетном учреждении дополнительного образования ЗАТО г. Североморск «Учебный центр» и направлена на освоение программами по 3D-моделированию, развитию творческой личности через овладение навыками работы с графическими файлами. Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «3D-моделирование» разработана в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами и локальными актами учреждения.

3D-моделирование – прогрессивная отрасль, позволяющая осуществлять процесс создания трехмерной модели объекта. Данное направление ориентирует подростков на рабочие специальности, воспитывает будущих инженеров-разработчиков, способных к высокопроизводительному труду, технически насыщенной производительной деятельности.

Программа составлена в соответствии с нормативными документами в области образования в Российской Федерации:

- Федеральным законом от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 09 ноября 2018 года № 196 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
- приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 ноября 2015 года № 09-3242 «Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ»;
- распоряжением Правительства Российской Федерации от 04 сентября 2014 № 1729-р «Концепция развития дополнительного образования детей»;
- распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 мая 2015 года № 996-р «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года»;
- Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
- Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4. 3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

Актуальность программы определяется активным внедрением 3D технологий во многие сферы деятельности (авиация, машиностроение, архитектура и т.п.) и потребностью общества в дальнейшем развитии данных технологий.

Развитие технологий 3D моделирования привело к появлению на рынке множества сравнительно недорогих устройств для печати 3D моделей, что позволило включить в образовательный процесс совершенно новое оборудования – 3D принтер.

Программа «3D-моделирование» ориентирована на изучение основ проектирования и моделирования с помощью современного программного обеспечения. Учащиеся научатся ставить научные задачи, применять перспективные методы разработки, решать экспериментальные задачи.

В курсе рассматриваются задачи по созданию 3D моделей с помощью специализированного программного обеспечения Autodesk Fusion 360 и их печать на 3D-принтере.

Новизна. Работа с 3D графикой – одно из самых популярных направлений использования персонального компьютера. Новизна данной программы состоит в том, что занятия по 3D моделированию помогают приобрести глубокие знания в области технических наук, ценные практические умения и навыки, воспитывают трудолюбие, умение работать в коллективе. Учащиеся осваивают азы трехмерного моделирования достаточно быстро и начинают применять свои знания на практике.

Педагогическая целесообразность заключается в том, что данная программа позволит выявить заинтересованных обучающихся, проявивших интерес к знаниям, оказать им помощь в формировании устойчивого интереса к построению моделей с помощью 3D принтера. В процессе создания моделей обучающиеся научатся объединять реальный мир с виртуальным, это повысит уровень пространственного мышления и воображения.

Практическая значимость: программа ориентирована на систематизацию знаний и умений 3D моделирования. Практические задания, выполняемые в ходе изучения материала в данной программе, готовят обучающихся к решению ряда задач, связанных с построением объектов геометрии и изобразительного искусства.

Особенности программы

На занятиях используется фронтальная, групповая и индивидуальная работа. Информация преподносится в виде беседы, демонстрации мультимедийных презентаций, видеороликов, с последующим выполнением определенные практических заданий. Результатом их деятельности могут быть соревнования между собой в сложности выполнения моделирования устройств, изготовлении деталей, печати деталей на 3D принтере, научно-исследовательских проектах и работах по данной теме.

Цель программы - научить обучающихся решать задачи моделирования объемных объектов средствами информационных

технологий, познакомить с принципами работы программного продукта 3D-проектирования и разработки изделий на основе облачных технологий «Autodesk Fusion 360» и 3D принтера.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**:

Обучающие:

- дать представление об основных возможностях программы Fusion 360;
- научить создавать трехмерные графические объекты;
- способствовать развитию познавательного интереса к информационным и инженерным технологиям.

Развивающие:

- развитие технического, объемного, пространственного, логического и креативного мышления;
- развитие конструкторских способностей, изобретательности и потребности в творческой деятельности;
- развитие навыков обработки и анализа информации;
- развитие навыков самостоятельной работы.

Воспитательные:

- формирование устойчивого интереса к техническому творчеству;
- воспитание настойчивости и стремления к достижению поставленной цели;
- формирование общей информационной культуры у обучающихся;
- формирование зоны личных научных и творческих интересов.

Личностные:

- содействовать инженерной профессиональной ориентации обучающихся.

Обучение по данной программе создает благоприятные условия для интеллектуального развития, профессионального самоопределения, развития познавательной активности и самореализации.

Выбор в качестве средства создания трехмерных моделей программы САПР «Autodesk Fusion 360» связан с тем, что она обладает следующими характеристиками:

- относительно невысокие минимальные и рекомендуемые требования к персональному компьютеру, так как сложные вычисления проходят на облачном сервере;
- наличие бесплатной версии для образовательных учреждений и обучающихся;
- современный интуитивно понятный интерфейс;
- доступность в обучении;
- широкие возможности и функционал программы.

Формы проведения занятий: лекция, беседа, демонстрация, самостоятельная, практическая работа. Большая часть учебного времени выделяется на практические упражнения и самостоятельную работу. Задания

носят творческий характер и рассчитаны на индивидуальную скорость выполнения.

Степень реализации программы зависит от технической оснащенности компьютерного класса, наличия программного обеспечения и уровня материальной поддержки учебного процесса.

Для проведения практических занятий в компьютерном кабинете необходим следующий состав аппаратного и программного обеспечения:

Аппаратное обеспечение:

- персональный компьютер;
- 3D-принтер Hercules 2018;
- процессор Core i5 и выше;
- оперативная память не менее 8 Гб и интегрированная видеокарта или Гб и отдельная видеокарта на 4 Гб;
- дисплей с диагональю 17 дюймов;
- набор PLA пластика 10 цветов.

Программное обеспечение:

- операционная система: Windows 10;
- пакет программ Microsoft Office 2010 или выше;
- программа Autodesk Fusion 360;
- adobe Acrobat Reader (программа просмотра документов);
- программа-архиватор;
- антивирусная программа;
- программа для просмотра изображений.

Для практического освоения правил работы в сети класс должен быть подключен к сети интернет. Для достижения цели программы используются следующие методы обучения: репродуктивный, проблемный, частично-поисковый, практико-ориентированный, метод проектов.

Условия реализации программы. Программа предназначена для обучающихся 14-18 лет. Срок реализации – 2 года, 234 часа. Занятия по программе проводятся: 1 раз в неделю по 3 часа.

Программа реализуется в течение всего календарного года и **не требует** наличия базовых навыков работы с персональным компьютером.

К концу обучения каждый обучаемый должен уметь самостоятельно выполнять все работы, предусмотренные учебной программой.

В конце обучения проводится итоговое занятие, форма которого определяется педагогом. При успешном прохождении обучающимся выдается свидетельство об обучении по дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программе.

Уровень обученности выявляется по трем параметрам и определяется как минимальный, общий, продвинутый.

Теоретические знания

Критериями оценки являются: степень усвоения теоретического материала, глубина, широта и системность теоретических знаний, грамотное использование компьютерных терминов.

Критериями оценки являются: степень усвоения материала, глубина, широта и системность знания технологии.

Уровень овладения практическими умениями и навыками.

Критериями являются: разнообразие умений и навыков, грамотность (соответствие существующим нормативам и правилам, технологиям) практических действий, свобода владения специальным компьютерным оборудованием и программным обеспечением, качество творческих проектов учащихся: грамотность исполнения, использование творческих элементов.

Виды контроля: собеседование, наблюдение, опрос, тестирование, экспертная оценка самостоятельной работы, компьютерный тест.

Текущий контроль уровня усвоения материала должен осуществляться по результатам выполнения учащимися практических заданий.

Тематический контроль проводится после изучения разделов в форме контрольной письменной работы.

В конце обучения контроль реализуется в форме итогового занятия. Контроль теоретических знаний в течение всего учебного года, а также итоговый в конце обучения на курсе, проводится в форме компьютерного тестирования с реализацией вопросов нескольких типов: выбор единственного верного ответа, выбор нескольких вариантов правильных ответов, установление соответствия вариантов, набор правильного ответа вручную. При этом ведется журнал полученных результатов в процентном содержании за каждый тест.

Диагностический инструментарий

Основным методом контроля степени освоения учебного материала является диагностическое обследование уровня коммуникативных навыков и степени освоения программы, по результатам обучающимся присваивается высокий, средний или низкий уровень. Обследование проводится в 3 этапа:

1. В начале обучения.
2. В конце 1-го полугодия.
3. В конце обучения.

Итоговый уровень за год представляет среднее значение всех 3 этапов, кроме этого проводится текущая оценка усвоения курса по совокупности отчетов по практическим работам после изучения каждой темы курса по системе «высокий, средний, низкий».

По окончании всего курса обучения проводится итоговое занятие.

Для определения уровня усвоения программы используется диагностика, состоящая из трех этапов.

Первичная диагностика проводится в сентябре. Здесь определяется, какие знания, умения и навыки есть у обучающихся, насколько развита культура труда, опыт сотрудничества, а также планируется индивидуальная работа по развитию способностей детей. Методом наблюдения оцениваются трудовые навыки, навыки общения и культура общения.

Промежуточная диагностика проводится в декабре. Её цель – определить степень усвоения образовательной программы, скорректировать

степень её сложности с учетом индивидуальных особенностей, оценивается динамика умения организовывать свой труд, конструктивно общаться с другими воспитанниками. Методом наблюдения оцениваются навыки общения и культура общения. Трудовые навыки, знания и умения оцениваются на основании проверочных, тестовых и практических работ. Если работа выполнена от 0% до 40% - низкий уровень, от 41% до 75% - средний, от 76% до 100% - высокий.

Итоговая диагностика проводится в мае: определяется уровень усвоения программы, результативность образовательного процесса, выделяются наиболее способные дети, планируется индивидуальная работа с ними. Методом наблюдения оцениваются навыки общения и культура общения. Трудовые навыки, знания и умения оцениваются на основании проверочных, тестовых и практических работ. Если работа выполнена от 0% до 40% - низкий уровень, от 41% до 75% - средний, от 76% до 100% - высокий. По результатам диагностики определяются следующие уровни:

В – высокий: обучающихся самостоятельно выполняет работу, полностью владеет полученными знаниями, умениями, навыками. Трудовые навыки находятся на высоком уровне (самостоятельно планирует результат своей работы, способы его достижения). Коммуникативные навыки высоко развиты (охотно вступает в общение, вежливо общается со взрослыми, умеет слушать и договариваться с другими детьми, имеет опыт сотрудничества и сотворчества).

С – средний: обучающийся выполняет работу с помощью педагога, частично владеет полученными знаниями, умениями и навыками. Коммуникативные навыки развиты частично. Трудовые навыки находятся на среднем уровне (планирует работу и способ её выполнения при помощи педагога).

Н – низкий: не владеет приемами работы, знаниями, умениями, навыками. Трудовые навыки находятся на низком уровне (постоянно нуждается в помощи и консультациях педагога).

Сводная таблица уровня усвоения программы (группа _____)

	Фамилия, имя ребенка	Первичная диагностика (сентябрь)	Промежуточная диагностика (январь)	Итоговая диагностика (май)

<u>Обработка результатов диагностики:</u>

1. Подсчитывается количество положительных показателей в каждом столбике (высокий и средний уровень).
2. Полученные показатели складываются.
3. Сумма делится на идеальный результат (количество граф умноженное на количество обучающихся).
4. Полученное число умножается на 100.

Используя полученные данные, можно судить о динамике усвоения программы.

Сводная таблица показателей диагностики «Усвоение программы»

Группа	Сентябрь	Январь	Май

Уровень трудовых навыков, навыков общения и культуры поведения (группа _____, _____ год обучения)

Фамилия, имя ребенка	Трудовые навыки			Навыки общения			Культура поведения		
	сентябрь	январь	май	сентябрь	январь	май	сентябрь	январь	май

Карта самооценки и оценки педагогом компетентности обучающегося

Обучающемуся предлагают оценить по пятибалльной шкале полученные в процессе обучения знания и умения. Выдается бланк карты со следующими опросами:

1. Освоил теоритический материал по разделам и темам программы (могу ответить на вопросы педагога).
2. Знаю специальные термины, используемые на занятиях.
3. Научился использовать полученные на занятиях знания в практической деятельности.
4. Уметь выполнить практические задания (упражнения, задачи, опыты), которые дает педагог.
5. Научился самостоятельно выполнять творческие задания.
6. Умею воплощать свои творческие замыслы.
7. Могу научить других тому, чему научился сам на занятиях.
8. Научился сотрудничать с ребятами в решении поставленных задач.
9. Научился получать информацию из различных источников.
10. Мои достижения в результате занятий.

Структура вопросов:

Пункты 1, 2, 9 – опыт освоения теоритической информации.

Пункты 3, 4 – опыт практической деятельности.

Пункты 5, 6 – опыт творчества.

Пункты 7, 8 – опыт коммуникации.

Данную карту заполняет обучающийся, затем педагог, выступающий в качестве эксперта. Самооценка обучающегося и оценка педагога суммируются, вычисляется среднее арифметическое по каждой характеристике.

Правила перевода обучающихся на второй учебный год

По окончании первого года обучения проводится итоговое занятие в форме деловой игры, викторины, где будут освещены вопросы, соответствующие программе 1-го года обучения (форму проведения итогового занятия выбирает педагог).

По окончании второго года обучения проходит итоговое занятие в устной или в письменной формах, где будут освещены вопросы, соответствующие программе двух лет обучения. Для сдачи устной части прилагаются списки тем, которые включены в тематический план программы за 2 года обучения. Письменная часть представляет с собой тест с выбором правильного варианта ответа.

Предполагаемые результаты обучения

В результате освоения данной образовательной программы ожидается, что обучающийся сможет выполнить полностью цикл создания комплексной трехмерной модели на заданную тему.

1 год обучения:

обучающиеся должны знать:

- понятия и термины информатики и компьютерного 3D проектирования;
- трехмерные редакторы;
- основные элементы трехмерной графики;
- элементы технологии проектирования в 3D системах;
- этапы создания объёмных тел в Extrude.

обучающиеся должны уметь:

- применять знания и умения при реализации исследовательских и творческих проектов;
- работать в среде 3D моделирования используя основные приемы и технологии при выполнении проектов трехмерного моделирования;
- работать индивидуально, в малой группе и участвовать в коллективном проекте.

2 год обучения:

обучающиеся должны знать:

- этапы создания проектов от идеи до защиты проекта;
- основные обобщенные методы работы с информацией с использованием программ 3D моделирования;
- особенности рендеринга. Интерфейс модуля «рендер» в Fusion 360;
- особенности сборок и создания эскизов в Autodesk Fusion 360;
- основные настройки для выполнения печати на 3D-принтере.

обучающиеся должны уметь:

- создавать модели и 3D объекты в программе «Autodesk Fusion 360», редактировать их, сохранять и использовать их в различных работах;
- составлять план исследования и использовать навыки проведения исследования с 3D моделью;
- печатать с помощью 3D принтера модели, разработанные по чертежам;
- использовать знания, полученные за счет самостоятельного поиска в процессе реализации проекта;

- проявлять творческие навыки и инициативу при разработке и защите проекта.

РАБОЧИЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН

по дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программе технической направленности с использованием компьютерной техники

«3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ»

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов		
		1 год обучения	2 год обучения	всего
1.	Знакомство с технологией 3D печати. Устройство 3D принтера	15	-	15
2.	Создание эскизов в среде Fusion 360	48	-	48
3.	Проектирование первых деталей	51	-	51
4.	Сборки в программе Fusion 360	-	54	54
5.	Среда рендеринг	-	18	18
6.	Анимация	-	9	9
7.	Создание чертежей	-	12	12
8.	Подготовка деталей к печати. Печать изделий	-	21	21
9.	Итоговая аттестация	3	3	6
ВСЕГО		**117**	**117**	**234**

Содержание изучаемого курса (234 часа)
1-й год обучения (117 часов)

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
1. Знакомство с технологией 3D печати. Устройство 3Dпринтера			
1.	Техника безопасности. История развития 3D печати	3	-
2.	Классификация 3D принтеров. Виды пластика и их особенности. Примеры и демонстрация готовых изделий. Практическая работа	3	-
3.	Устройство 3D принтера, на примере Hercules 2018	3	-
4.	Распечатка заранее спроектированной модели	3	-
5.	Итоговое занятие	3	-
	ИТОГО:	**15**	**-**

Тема 1. Знакомство с технологией 3D печати. Устройство 3D принтера

Техника безопасности. История развития 3D печати. Общие требования инструкции по технике безопасности при работе на 3D принтере. Требования безопасности перед началом работы на 3D принтере. Требования безопасности во время работы на 3D принтере. Требования безопасности после окончания работы с 3D принтером. История 3D печати. Появление термина 3D печать. Общие принципы технологии 3D печати. Сферы применения 3D печати. Интересные факты о 3D печати. Какие проблемы существуют в 3D печати.

Классификация 3D принтеров. Основные характеристики 3D-принтера. Назначение. Технология печати. Конструктивные особенности 3D-принтеров.

Виды пластика и их особенности. Примеры и демонстрация готовых изделий. Основные характеристики пластика для 3D печати. Материалы для 3D печати PLA, ABS, PETG, PET, PETT, Nylon, TPE, TPU, TPC, PC (поликарбонат). Экзотические материалы для 3D печати Wood, Metal, Biodegradable, bioFila, Conductive, Magnetic, Color-Changing. Профессиональные материалы для 3D печати Carbon Fiber, PC ABS, HIPS, PVA, Wax, MOLDLAY, ASA, Polypropylene (PP), Polyoxymethylene (POM), акрил или Plexiglas, Ceramic. Практическая работа.

Устройство 3D принтера на примере Hercules 2018. Нагревательный элемент, направляющие, контроллер, корпус и т.п. Детали 3D принтера - экструдер, или печатающая головка, рабочий стол, линейный и шаговый двигатели, фиксаторы, рама.

Распечатка заранее спроектированной модели. Загрузка gcode файла на электронный носитель. Включение и выключение принтера. Заправка филамента. Подготовка стола к работе. Разогрев стола и сопла. Запуск печати.

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
2. Создание эскизов в среде Fusion 360			
1.	Создание учетной записи Autodesk Интерфейс Autodesk Fusion 360	6	-
2.	Команды среды эскизирования. Основы создания эскизов	6	-
3.	Рисование 2D эскизов: геометрические примитивы	3	-
4.	Практическая работа: «Рисование простых геометрических фигур с заданными параметрами»	6	-
5.	Самостоятельная работа: «Повторение	3	-

	заданных эскизов по произвольным размерам»		
6.	Рисование 2D эскизов: сложные геометрические формы	3	-
7.	Практическая работа: «Рисование сложных геометрических фигур с заданными параметрами»	6	-
8.	Расширения панели Sketch.	3	-
9.	Практическая работа: «Построение эскизов с помощью дополнительных инструментов панели Sketch»	6	-
10.	Практическая работа: «Отработка техники построения эскизов»	6	-
	ИТОГО:	**48**	-

Тема 2. Создание эскизов в среде Fusion 360

Создание учетной записи Autodesk. Интерфейс Autodesk Fusion 360, настройка интерфейса, изучение основных инструментов на панели. Стартовый интерфейс. Панель данных. Панель контекстозависимых инструментов (тулбар). Браузер проекта. Таймлайн (панель истории). Панель навигации**.** ViewCube - видовая проекция сцены. Настройки приложения Autodesk Fusion 360. Навигация.

Основы создания эскизов. Рабочая плоскость. Единицы измерения. Понятие эскиза. Изучение основных групп инструментов моделирования. Понятие рабочих осей. Понятие рабочей точки. Установка связей между элементами эскиза. Меню Sketch**.** Команды среды эскизирования.

Рисование 2D эскизов: геометрические примитивы. Знакомство с инструментами создания 2D-эскизов. Рисование простых геометрических фигур с заданными параметрами.

Практическая работа: «Рисование простых геометрических фигур с заданными параметрами»

Самостоятельная работа: «Повторение заданных эскизов по произвольным размерам».

Рисование 2D эскизов: сложные геометрические формы. Рисование сложных геометрических фигур с заданными параметрами.

Расширения панели Sketch. Знакомство с дополнительными инструментами панели Sketch.

Практическая работа: «Построение эскизов с помощью дополнительных инструментов панели Sketch».

Практическая работа: «Отработка техники построения эскизов».

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
3.	**Твердотельное моделирование. Проектирование первых деталей**		
1.	Призматические тела – инструмент Extrude. Практическая работа «Игровой кубик»	3	-
2.	Тела вращения – инструмент Revolve. Практическая работа «Ваза». Практическая работа «Шахматная фигура»	3	-
3.	Тела со сложной геометрией – инструмент Loft. Практическая работа «Башня». Практическая работа «Стакан»	3	-
4.	Тела со сложной геометрией – инструмент Sweep Практическая работа «Кружка»	3	-
5.	Инструменты модификации. Практическая работа «Стол и табурет»	3	-
6.	Практическая работа «Двухкомпонентная модель елки»	3	-
7.	Практическая работа «Дизайнерская кружка»	3	-
8.	Практическая работа «Вырубка для печенья»	3	-
9.	Практическая работа «Объемная звезда»	3	-
10.	Практическая работа «Параметрическая коробочка»	3	-
11.	Практическая работа «Подставка под карандаши»	3	-
12.	Практическая работа «Скрепка»	3	-
13.	Практическая работа «Надпись мой любимый город»	6	-
14.	Практическая работа «Рисование по клеточкам»	3	-
15.	Практическая работа «Ракета»	3	-
16.	Самостоятельная работа.	3	-
	ИТОГО:	**51**	-

Тема 3. Проектирование первых деталей

Призматические тела – инструмент Extrude. Основной инструмент создания объёмных тел. Практическая работа «Игровой кубик».

Тела вращения – инструмент Revolve. Практическая работа «Ваза». Практическая работа «Шахматная фигура».

Тела со сложной геометрией – инструмент Loft. Практическая работа «Башня». Практическая работа «Стакан».

Тела со сложной геометрией – инструмент Sweep. Практическая работа «Кружка». Знакомство с командой Sweep.

Инструменты модификации. Практическая работа «Стол и табурет».

Практическая работа «Двухкомпонентная модель елки».

Практическая работа «Вырубка для печенья».

Практическая работа «Объемная звезда».

Практическая работа «Параметрическая коробочка».

Практическая работа «Подставка под карандаши».

Практическая работа «Скрепка».

Практическая работа «Надпись мой любимый город».

Практическая работа «Рисование по клеточкам».

Практическая работа «Ракета».

Самостоятельная работа.

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
Итоговое занятие			
1.	Итоговое занятие	3	-
	ИТОГО:	**3**	**-**

2-ой год обучения (117 ч)

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
4. Сборки в программе Fusion 360			
1.	Работа со сборками в Autodesk Fusion 360	-	3
2.	Особенности сборок в Autodesk Fusion 360	-	3
3.	Практическая работа «Пирамидка»	-	6
4.	Преобразование тел в компоненты	-	3
5.	Практическая работа «Грузовичок»	-	9
6.	Вставка компонентов из библиотеки стандартных элементов	-	9
7.	Практическая работа «Спинер»	-	9
8.	Наложение сборочных зависимостей	-	3
9.	Практическая работа «Катапульта»	-	9
	ИТОГО:	**-**	**54**

Тема 1. Сборки в программе Fusion 360

Работа со сборками в Autodesk Fusion 360.
Особенности сборок в Autodesk Fusion 360.
Практическая работа «Пирамидка».
Преобразование тел в компоненты.
Практическая работа «Грузовичок».
Вставка компонентов из библиотеки стандартных элементов.
Практическая работа «Спинер».
Наложение сборочных зависимостей.
Практическая работа «Катапульта».

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
5. Среда рендеринг			
1.	Общие сведения о среде рендеринга. Особенности рендеринга. Интерфейс модуля «рендер» в Fusion 360	-	3
2.	Источники света. Облачный рендеринг. Работа с текстурами. Создание текстур. Изменение существующих текстур	-	6
3.	Применение текстур к своим готовым работам. Создание рендерного изображения. Публикация	-	9
	ИТОГО:	**-**	**18**

Тема 2. Среда рендеринг

Общие сведения о среде рендеринга. Особенности рендеринга. Интерфейс модуля «рендер» в Fusion 360.

Источники света. Облачный рендеринг. Работа с текстурами. Создание текстур. Изменение существующих текстур.

Применение текстур к своим готовым работам. Создание рендерного изображения. Публикация.

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
6. Анимация			
1.	Рабочая область модуля анимации		3
2.	Раскадровка. Создание действий. Управление видом камеры.		3
3.	Публикация анимации		3
	ИТОГО:		**9**

Тема 3. Анимация

Рабочая область модуля анимации.

Раскадровка. Создание действий. Управление видом камеры.

Публикация анимации.

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
7. Создание чертежей			
1.	Среда оформления чертежей. Стандарты.	-	3
2.	Создание чертежей к практической работе «Грузовичок»	-	9
	ИТОГО:	**-**	**12**

Тема 4. Создание чертежей

Среда оформления чертежей. Стандарты.

Создание чертежей к практической работе «Грузовичок».

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
8. Подготовка деталей к печати. Печать изделия			
1.	Основные настройки для выполнения печати на 3D принтере	-	3
2.	Слайсеры. Подготовка к печати	-	3
3.	Печать 3D модели	-	3
4.	Самостоятельная работа над проектом по созданию трехмерной модели для итоговой аттестации	-	12
	ИТОГО:	**-**	**21**

Тема 5. Подготовка деталей к печати. Печать изделия.

Основные настройки для выполнения печати на 3D принтере.

Слайсеры. Подготовка к печати. Печать 3D модели.

Самостоятельная работа над проектом по созданию трехмерной модели для итоговой аттестации.

№ п/п	Тема/раздел	Количество часов	
		1 год обучения	2 год обучения
9. Итоговое занятие			
2.	Итоговое занятие	-	3
	ИТОГО:	**-**	**3**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПЕДАГОГА

1. Большаков В.П. Основы 3D-моделирования/В.П. Большаков, А.Л. Бочков.-СПб.: Питер, 2013.-304 с.
2. Буске. М. «3D Модерирование, снаряжение и анимация в Autodesk»
3. Дмитрий Горьков. Студия 3D-печати с нуля - Издательство 3D-Print- nt.ru, 2015 г.
4. Канесса Э., Фонда К., Дзеннаро М. Доступная 3D печать: для науки, образования и устойчивого развития - Издательство Станция трёхмерной печати, 2014 г. - 194 с.
5. Твердотельное моделирование и 3D-печать.7 (8) класс: учебное пособие/ Д. Г. Копосов. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017.
6. 3D-печать. Моделирование методом наплавления (FDM). В. Комаров, Методическое пособие. Санкт-Петербург 2019 г.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Дистанционный курс «Системы автоматизированного проектирования на сайте openedu.ru.
2. www.sense.com
3. www.grapher.com
4. www.wanhao.com
5. https://3dtoday.ru/wiki/ - энциклопедия 3D печати

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Учебные пособия образовательного портала autodesk.com
2. Твердотельное моделирование и 3D-печать.7 (8) класс: учебное пособие/ Д. Г. Копосов. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017.
3. https://3dtoday.ru/wiki/ - энциклопедия 3D печати.
4. 3D-печать. Моделирование методом наплавления (FDM). В. Комаров, Методическое пособие. Санкт-Петербург 2019 г.
5. Дмитрий Горьков. Студия 3d-печати с нуля - Издательство 3D-Print- nt.ru, 2015 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ РОДИТЕЛЕЙ

1. 3D-печать. Моделирование методом наплавления (FDM). В. Комаров, Методическое пособие. Санкт-Петербург 2019 г.
2. https://3dtoday.ru/wiki/ - энциклопедия 3D печати
3. Учебные пособия образовательного портала autodesk.com
4. Твердотельное моделирование и 3D-печать.7 (8) класс: учебное пособие/ Д. Г. Копосов. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017.
5. Дмитрий Горьков. Студия 3d-печати с нуля - Издательство 3D-Print- nt.ru, 2015 г.

Приложение 1

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

1.1. К самостоятельной работе с 3D–принтером допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста и изучившие настоящую инструкцию при работе на 3D –принтере.

1.2. Во время работы на 3D–принтере влияют следующие опасные и вредные факторы:

– испарения пластика;

– температура;

– шум.

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

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

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

1.6. Обо всех выявленных во время работы неисправностях оборудования необходимо сообщать учителю, в случае поломки необходимо остановить работу до устранения аварийных обстоятельств.

1.7. При обнаружении возможной опасности предупредить окружающих и немедленно сообщить преподавателю;

1.8. Содержать в чистоте рабочее место и не загромождать его посторонними предметами.

2. Требования безопасности перед началом работы на 3 D–принтере

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

2.2. Проверить наличие и надёжность защитного заземления оборудования.

2.3. Проверить состояние электрического шнура и вилки.

2.4. Проверить исправность выключателей и других органов управления 3D–принтером.

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

2.6. 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%.

3. Требования безопасности во время работы на 3 D –принтере

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

3.2. Запрещается снимать защитные устройства с оборудования и работать без них, а также трогать нагретый экструдер и стол.

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

3.4. Запрещается перемещать и переносить 3D–принтер во время печати.

3.5. Запрещается во время работы 3D-принтера пить рядом какие–либо напитки, принимать пищу.

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

3.7. Запрещается оставлять включенное оборудование без присмотра.

3.8. Запрещается класть предметы на или в 3D–принтер.

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

3.10. Самостоятельно разбирать и проводить ремонт 3D–принтера категорически запрещается. Эти работы может выполнять только специалист.

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

5. Требования безопасности после окончания работы с 3 D–принтером

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

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

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

4.4. Тщательно проветрить помещение с 3D–принтером.

История развития объемной печати

История 3Д-печати насчитывает уже несколько десятилетий, однако основной технологический всплеск пришелся лишь на последние 10 лет.

Разработка целевых технологических решений и специализированного оборудования, оснастки и материалов в области объемной печати начались еще в конце 70-х годов прошлого века. При этом, первые образцы оборудования и материалов для 3D-печати появились уже в 80-х годах.

В 1981 году Хидео Кодама, сотрудник Муниципального промышленного исследовательского института в Нагое (Япония) изобрел два новых метода изготовления трехмерных моделей из пластика и реактопластов, выступавших в качестве отвердителя.

16 июля 1984 года французские ученые Ален Ле Меают, Оливье Де Витте и Жан Клод Андре подали заявку на регистрацию патента на процесс стереолитографии. К сожалению, данный патент вскоре был приостановлен компаниями General Electric Company (теперь Alcatel-Alsthom) и CILAS (The Laser Consortium) по причине, что интересно: «из-за отсутствия деловой перспективы».

Примечательно, что всего 3 недели спустя на другом берегу Атлантики Чак Халл (компании 3D System Corporation) подал свой собственный патент на систему стереолитографической обработки, в которой слои добавлялись путем отверждения фотополимеров при помощи ультрафиолетовых световых лазеров. Халл обозначил этот процесс как “систему для создания трехмерных объектов путем формирования у них структуры поперечного сечения».

Фактически, вкладом Чака Халла в мировую индустрию объемной печати является создание формата файлов **STL**, разработка элементов программного обеспечения 3D-печати и ряда ключевых элементов технологических решений в вопросе использования материалов.

Первые образцы оборудования были крайне громоздкими, а сам процесс 3д-печати оставлял очень много вопросов к скорости работы и качеству прототипирования. Изменить эту ситуацию решил Скотт Крамп, который в 1988 году разработал технологию и 30 октября 1989 года подал заявку на патент изобретения, обозначенного как: аппарат для создания трехмерных объектов методом послойного наплавления.

Тут следует упомянуть еще один интересный факт о 3D-печати: свой путь в области данной технологии, ныне весьма состоятельный человек и признанный эксперт индустрии объемной печати и аддитивных технологий, Крамп начал с того, что решил использовать горячий клеевой пистолет, чтобы сделать маленького лягушонка в качестве игрушки для собственной дочери.

Технология, которую разработал Крамп получила название «моделирование методом наплавления (FDM)» и на сегодняшний день является самой используемой технологией 3D-печати. Сам разработчик

приступил к ее промышленному освоению в том же 1989 году, учредив для этих целей (вместе с супругой) одного из нынешних лидеров индустрии – компанию Stratasys. Свой первый 3д-принтер (3D Modeler) компания продала в 1992 году.

Сам термин 3Д-печать (3d– printing) впервые появился в 1993 году и (первоначально) относился к технологии нанесения порошкового слоя с использованием стандартных и струйных печатающих головок, разработанных в Массачусетском технологическом институте (MIT).

К 1993 году относится и еще одно, весьма важное для индустрии объемной печати, событие – в этом году была основана и начала свою работу компания Solidscape, представившая на рынок высокоточное оборудование 3D-печати, работающее по технологии “точка к точке” (“dot-on-dot”).

Технологии аддитивного производства, предназначенные для спекания или плавки материалов (например, селективное лазерное спекание, прямое металлическое лазерное спекание и селективное лазерное спекание) в 80-х и 90-х года прошлого века были известны под своими собственными названиями. В то время вся металлообработка осуществлялась методами, ныне именуемыми, как «неаддитивные» (литье, штамповка, механическая обработка). Не глядя на то, что для этих методов характерна глубокая автоматизация технологических процессов (например, станки с ЧПУ) идея движущейся рабочей головки, перемещающейся в трехмерном пространстве и преобразующей рабочее сырье и (или) материал в заданную форму, в металлообработке применялась лишь в процессах, удаляющих «лишнее» (например, фрезерование). Учитывая это обстоятельство, классификация данных методов в качестве аддитивного производства, оспаривается разработчиками технологических решений, основанных на добавлении материалов. Так, к середине 90-х годов в Университете Стэнфорда и Университете Карнеги-Меллоун были разработаны новые методы осаждения материалов: микрокастинг и распыление материалов. Со временем свое развитие получили не только технологии обработки, но и сами материалы, используемые в 3д-печати. Это позволило существенно продвинуть индустрии и расширить возможную геометрию получаемых объектов.

Знаменательной датой в мировой истории 3д-печати является 29 мая 2008 года. В этот день появился первый 3D-принтер, способный частично распечатать сам себя. Машина, получившая название Darwin, была разработана в рамках проекта RepRap (сокращение от Replicating Rapid Prototyper – самовоспроизводящийся механизм для быстрого изготовления прототипов), основанного Эдрианом Боуэром из университета Бата (Bath University). Проект был впервые анонсирован за 3 года до этого в виде идеи, предполагавшей создание 3d-принтера, способного воспроизводить самого себя. При этом, ключевым принципом проекта явилось то условие, что вся техническая документация по оборудованию и программное обеспечение для 3D-печати должны находиться в свободном доступе.

Крайне важное событие для общемировой индустрии аддитивных технологий свершилось в 2010 году – когда окончательно истекли сроки действия патентов уже упомянутых компаний-первопроходцев 3D System и Stratasys. Это обстоятельство открыло двери для широкого круга сравнительно небольших компаний и частных лиц, ринувшихся изобретать новые решения и оборудование в области печати 3D. В итоге цены на оборудование пошли вниз, а само оборудование, материалы и технологии стали более надежными и эффективными.

Начиная с 2010 года индустрия аддитивных технологий развивается едва ли не в геометрической прогрессии, совершенствуя технологические решения, основное и вспомогательное оборудование, а также, проникая в новые сферы производства, бизнеса и общественной жизни.

Какие проблемы существуют в 3D печати

Самые основные проблемы:

- качество напечатанных моделей, далекое от совершенства
- невысокая скорость печати моделей (подходит для прототипов, но не позволяет оперативно производить партии изделий.

Приложение 3

ABS пластик

Акрилонитрил-бутадиен-стирол

(АБС) занимает второе место по популярности среди нитей для 3D печати после PLA. Что касается свойств материала, ABS на самом деле умеренно превосходит PLA несмотря на то, что печать на нем несколько сложнее. Именно по этой причине ABS встречается во многих промышленных, бытовых и потребительских товарах, включая LEGO!

Изделия из АБС отличаются высокой прочностью и способностью противостоять высоким температурам, но нужно помнить о высокой температуре 3D печати, склонности к деформации при охлаждении и неприятном запахе во время печати. Обязательно печатайте в хорошо проветриваемом помещении. Из-за высокой токсичности запрещено использовать в работе с детьми.

Технические характеристики

- Температура плавления — 175-210°C
- Температура размягчения — 100°C
- Температура эксплуатации — -40+80°C

Плюсы:

- Хорошее сочетание прочности и упругости позволяет использовать его для изготовления механических изделий, рассчитанных на долгий срок эксплуатации.
- Широкий диапазон используемых температур позволяет эксплуатировать изделия из него в технических целях.
- Простота механической обработки, в комплексе с химическим сглаживанием (оплавлением) поверхности («ацетоновой бани») растворителями типа ацетона, позволяют делать декоративные изделия или корпуса с высоким качеством поверхности.

Минусы:

- Плохо переносит воздействие ультрафиолетового излучения, желтеет на солнечном свете.
- Не любит сквозняков при печати.
- Из-за относительно высокой усадки склонен к расслоению
- В процессе печати образовывается неприятных запах.
- Детали из ABS пластика вязкие и плохо поддаются механической обработке.
- Тяжело склеиваются детали.
- Изделия долго остывают, что не позволяет рисовать ручкой вертикальные линии.

Когда использовать ABS пластик?

ABS пластик прочен, способен выдерживать высокие нагрузки и температуру, умеренно гибкий.

Например - чехлы для телефонов, износостойкие игрушки, ручки для инструментов, компоненты автомобильной отделки и корпуса.

PLA пластик

Полимолочная кислота (PLA, полиактид)

Является самым популярным типом нитей для 3D печати, его часто сравнивают с АБС пластиком.

Прежде всего, с ним легко работать. PLA имеет более низкую температуру печати, чем ABS и не деформируется. Еще одним преимуществом использования PLA является то, что он не выделяет неприятный запах во время печати. Это биоразлагаемый термопластик, PLA более экологичен, чем большинство типов нитей для 3D печати он производится из кукурузного крахмала или сахарного тростника.

Технические характеристики:

- Температура плавления — 175-180°C
- Температура размягчения — 50°C
- Температура эксплуатации изделий — -20+40°C

Плюсы:

- Не дает усадки при печати, что позволяет получить точное соответствие размеров напечатанного изделия смоделированному.
- Не боится сквозняков при печати, при обдуве позволяет изготавливать вертикальные детали.
- Нетоксичен. Во время печати приятно и несильно пахнет.
- Твердый, прочный и скользкий, широкий диапазон применений.
- Производится из натуральных компонентов, может использоваться для контакта с пищевыми продуктами.
- Биоразлагаемый, вещи из данного пластика не наносят вреда окружающей среде.

Минусы:

- Под воздействием воздуха и ультрафиолета, как и любой натуральный материал, со временем становится более хрупким, вследствие

чего не рекомендуется для долговременного применения при больших физических нагрузках или использования без защитного покрытия на открытом воздухе.

- Низкая температура размягчения (50°C) — в салоне машины, оставленной на солнце в жаркий день, легко размягчается и потеряет форму.
- Узкий температурный диапазон использования (-20 — +40°C).
- Высокая твердость пластика затрудняет его механическую обработку.

Когда использовать PLA пластик?

По сравнению с другими типами нитей PLA является хрупким, избегайте его использования при изготовлении предметов, которые могут изгибаться, скручиваться или падать - это чехлы для телефонов, износостойкие игрушки или ручки для инструментов.

Для всех других применений PLA обеспечивает хорошие эксплуатационные свойства. Обычные — это мастер модели, игрушки, прототипы.

Приложение 4

Устройство 3D-принтера

В основном принтеры трехмерной печати состоят из одинаковых деталей и по устройству похожи на обычные принтеры. Главное отличие — очевидное: 3D-принтер печатает в трех плоскостях, и кроме ширины и высоты появляется глубина.

Вот из каких деталей состоит 3D-принтер, не считая корпуса:

- экструдер, или печатающая головка — разогревает поверхность, с помощью системы захвата отмеряет точное количество материала и выдавливает полужидкий пластик, который подается в виде нитей;
- рабочий стол (его еще называют рабочей платформой или поверхностью для печати) — на нем принтер формирует детали и выращивает изделия;
- линейный и шаговый двигатели — приводят в движение детали, отвечают за точность и скорость печати;
- фиксаторы — датчики, которые определяют координаты печати и ограничивают подвижные детали. Нужны, чтобы принтер не выходил за пределы рабочего стола, и делают печать более аккуратной;
- рама — соединяет все элементы принтера.

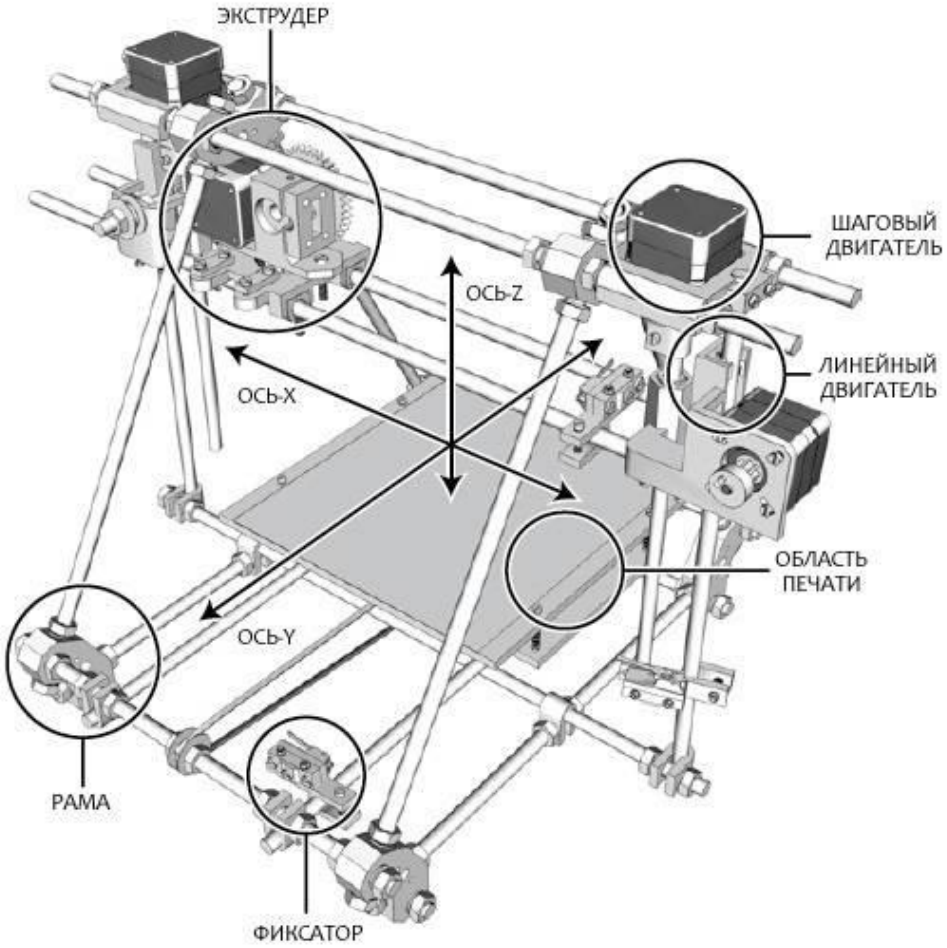


Схема 3D-принтера.

Принтеры FDM

Все разнообразие бытовых 3D-принтеров сводится к очень малому количеству вариантов: как движется стол, как движется печатающая голова и как осуществляется подача пластика, какие пластики может использовать.

1. Стол

Неподогреваемые столы устарели. Стол может быть текстолитовый или алюминиевый с нагревателем. Алюминий значительно тяжелее, менее подвержен изгибам и лучше распределяет тепло по своей поверхности. В качестве покрытия стола часто используют:

• Гладкое стекло/зеркало, полимерное покрытие для адгезии, магнитные съемные столы.

Не все пластики надежно липнут к покрытию горячего стола. На сегодняшний день, наиболее эффективным сочетанием является печать по стеклянной поверхности с применением клея (спиртовые и водные растворы ПВА, ПВП или БФ2).

2. Экструдер

Экструдер условно делится на печатающую голову и систему подачи (фидер). Фидер тяжелый, печающая головка легкая.

• Экструдер выполненный единым блоком с фидером— называется **Direct** — прямая подача — выше точность подачи материала, лучше работа с эластичными филаментами, ниже скорость печати (больше вибраций из-за подвижной массы).

• Экструдер с раздельным фидером — называется **Bowden** — раздельная подача — ниже точность подачи филаментов, лучше механика (меньше вибраций при той же скорости).

Функция печати несколькими материалами кратно утяжеляет и усложняет экструдер и тем усиливает дефекты при печати, иногда значительно уменьшает рабочую область. Иногда значительно увеличивает стоимость.

3. Кинематика 3d-принтера.

Prusa. Иначе «дрыгостол» - жаргонное название из-за особенности движения стола по оси. Самая хлипкая рама, самая большая подвижная масса (стол с деталью). Отсюда самые большие вибрации во время печати, от того ниже скорость печати, чем у других систем. Наименее компактный размер принтера.

Ultimaker. Система с опускающимся столом и печатающей головой подвижной в двух осях. Часто имеет закрытую камеру печати. Имеет меньшую подвижную массу и более высокую жесткость рамы. Качество изделий и скорость печати выше. Используют разные приводные механизмы печатающей головы.

Дельта-принтер. Самая высокая скорость печати при прочих равных. Значительно опережает, декартовы кинематики за счет неподвижного стола.

Скара-робот. Подвижная рука. Мало применим к FDM, но отлично эксплуатируется с иными инструментами для аддитивных действий.

Интерфейс Autodesk Fusion 360

Autodesk Fusion 360 – это САПР нового поколения. Программный продукт представляет собой средство 3D-проектирования и разработки изделий на основе облачных технологий, в котором сочетаются возможности совместной работы, цифрового проектирования и механической обработки в одном пакете.

Включает в себя модули:

- **CAD** (САПР) - система автоматического проектирования. Позволяет создавать гибко редактируемые конструкции, с очень большой долей автоматизированности этого создания.
- **CAM** - процесс (и ПО) подготовки детали под обработку на станках с числовым программным управлением (ЧПУ).
- **CAE** - расчёт и симуляция физических процессов, учитываемых при проектировании изделий. Например, анализ напряжения, кинематики, огнеупорности и др.

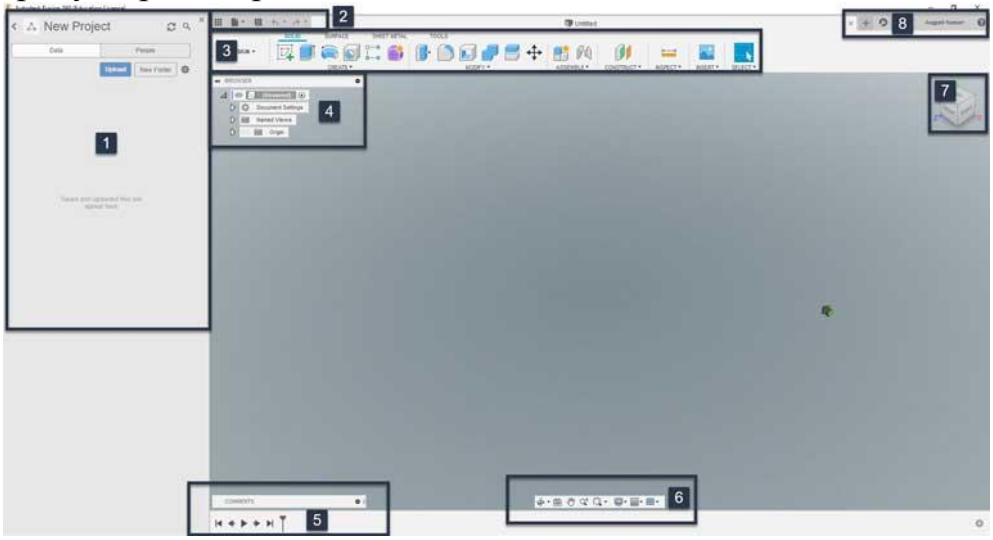
Fusion 360 может выполнять ресурсоемкие операции в облаке, включая рендеринг, моделирование, оптимизацию формы и генеративный дизайн. Это означает, что работа над сложным продуктом может не требовать высокопроизводительного оборудования, т.к. все ресурсоемкие операции выполняются в облаке.

Основы и интерфейс Fusion 360

Workspaces в Fusion 360 вы можете переключаться между шестью различными рабочими пространствами. Каждое рабочее пространство имеет свой набор инструментов и функций:

- **Проектирование:** для отрисовки трехмерных моделей и поверхностей с использованием эскизов, выдавливаний, вращений и многих других стандартных инструментов САПР.
- **Визуализация:** создание фотореалистичных визуализаций деталей и конечных продуктов
- **Анимация:** анимируемые сборки, чтобы увидеть, работают ли они должным образом или продемонстрировать функциональность и работоспособность конечного продукта потенциальным клиентам.
- **Моделирование:** компьютерная инженерия для выполнения различных анализов напряжений и нагрузок в конструкциях, чтобы убедиться, что они могут работать в заданных условиях эксплуатации
- **Производство:** автоматизированное производство (CAM) подготовка к производству деталей с использованием различных цифровых инструментов, таких как фрезерные станки с ЧПУ, токарные станки с ЧПУ, лазерные и гидроабразивные станки.
- **Чертеж:** создание рабочих чертежей конструкций для изготовления деталей в традиционном ручном механическом цехе или для сопровождения G-кода для деталей, обработанных на станках с ЧПУ.

Рабочая область Fusion 360 разделена на семь основных разделов: панель инструментов, панель приложений, навигация, временная шкала, браузер, куб просмотра и меню.



1. **Панель данных.** Позволяет взаимодействовать с проектами, сохранять их, отрывать. Получать или предоставлять публичный доступ при работе в команде.

2. **Панель управления приложением Fusion 360**

1. Панель данных (Data Panel) - скрывает/показывает панель данных
2. File - основное меню программы
3. Save - сохраняет проект
4. Undo, Redo - отмена и возврат последнего действия

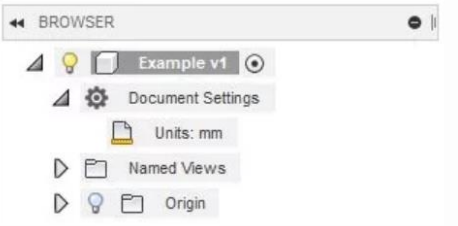
Панель приложения позволяет пользователю открывать существующие проекты, создавать новые, сохранять проекты вручную и получать доступ к панели данных.

Панель данных — это пространство, в котором дизайны могут быть сохранены и организованы в удобном для навигации формате. Панель данных позволяет создавать папки проекта по этапам, а также место, где можно найти образцы деталей и учебные пособия.

3. **Панель контекстозависимых инструментов** (тулбар) **Fusion 360**

Панель инструментов содержит все инструменты и функции доступные в рабочей области. Эти инструменты помогают создавать и изменять 3D-модели, поверхности деталей и сборок.

4. **Браузер (аутлайнер) Fusion 360**



Браузер содержит все компоненты, элементы, тела, эскизы и строительную геометрию проекта. Браузер принимает форму древовидной структуры.

5. **Таймлайн** (панель истории).

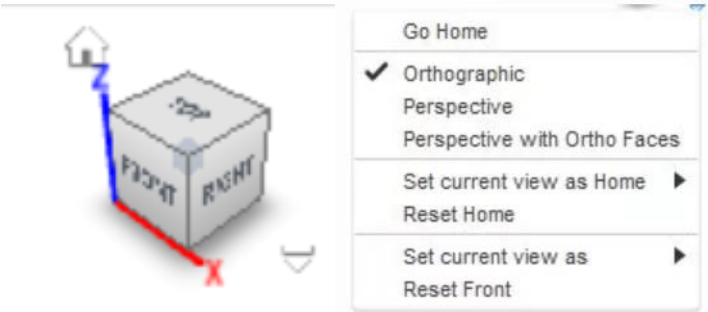
Содержит хронологию всех операций с деталями. Позволяет интерактивно взаимодействовать с шагами (менять местами, вносить изменения). Любую функцию или шаблон можно изменить, щелкнув правой кнопкой мыши на временной шкале. Временная шкала также может быть использована для поиска этого конкретного шаблона в дереве браузера.

6. **Навигация Fusion 360**

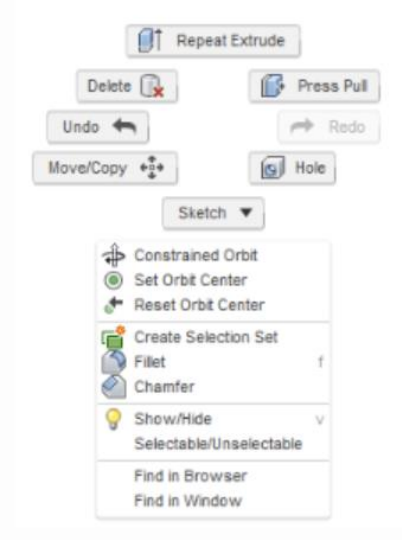
Панель навигации содержит все инструменты для поворота, перевода и изменения визуального стиля модели. Есть также варианты разбить холст на подразделы, каждый из которых указывает на свой стиль модели.

7. **View Cube Куб просмотра Fusion 360 -** видовая проекция сцены, выполненная в виде интерактивного куба, которая позволяет ориентироваться во вьюпорте (видовое пространство) Отвечает за интерактивное позиционирвование. Можно выбирать измометрические виды (за углы и рёбра куба), а так же определённые проекции (сверху, снизу, сбоку). Кнопка с домом вернёт вьюпорт в изначальное положение по мировым осям.

Выпадающий список под ViewCube. Содержит дополнительные видовые настройки, такие как вид камеры, установка домашней позиции или определённых проекций из текущего вида



Меню Fusion 360



Меню — это всплывающее меню для конкретной ситуации, которое содержит часто используемые функции, к нему можно получить доступ, щелкнув правой кнопкой мыши на модели или на холсте.

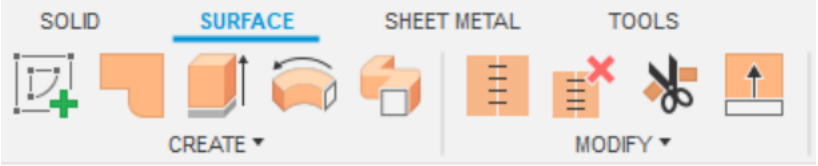
Функции, отображаемые в меню, определяются тем, что нажимается и какая рабочая область активна в данный момент. Это меню помогает увеличить скорость и удобство моделирования.

Особенности Fusion 360 для 3D-печати

Формы

Элемент формы, обозначенный фиолетовым кубом, позволяет создавать сложные органические формы. Это открывает новое рабочее пространство, которое имеет широкий спектр функций для скульптинга сложных форм. Эта функция идеально подходит для создания органических и художественных моделей для 3D-печати.

Поверхности

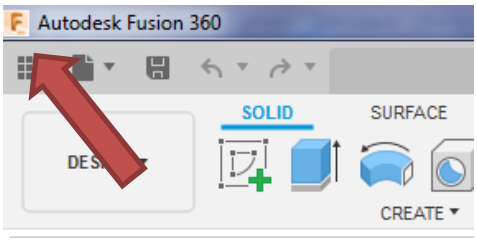


Инструменты для редактирования поверхностей позволяют пользователю ремонтировать модели для 3D-печати. Поверхности могут быть замкнуты, вытянуты, сдвинуты, чтобы изменить форму детали.

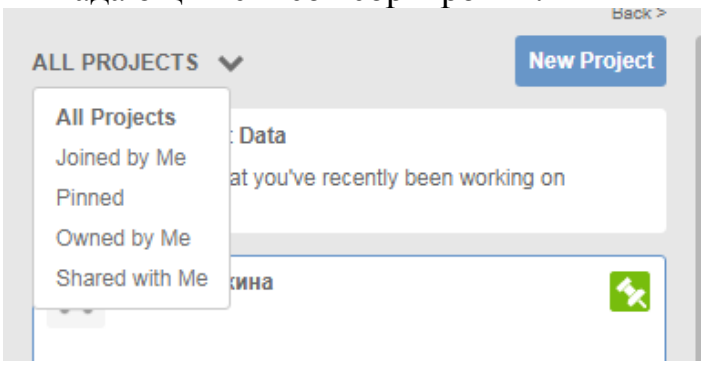
Проект Fusion 360

Это основная рабочая единица производственного процесса. Проект может содержать детали (дизайны), а так же инициативные группы людей, совместно работающие над ним.

Чтобы создать проект, нужно раскрыть панель данных



Выпадающий список сортировки:



All Projects - все проекты**.**

Joined By Me - присоединились ко мне**.**

Pinned - прикреплённые проекты (частые)**.**

Owned By Me - собственные проекты**.**

Shared With Me - проекты, которыми со мной поделились**.**

My Recent Data - последние использованные файлы. Это могут быть обучающие уроки, дизайны, проекты, примеры**.**

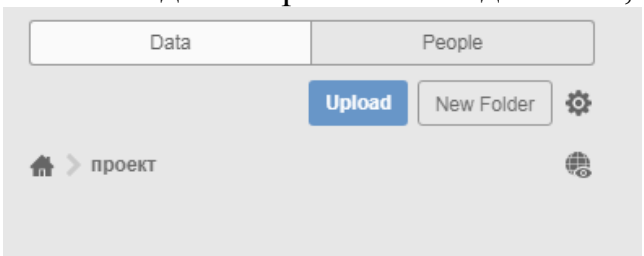
Samples - это примеры дизайнов, конструкций, симуляций**.**

Синяя кнопка New Project позволяет создать новый проект с указанием названия. После создания он появится в списке. После создания проекта в него можно войти двойным кликом и продолжать работу.

Ещё один способ создания проекта, это сохранить текущий дизайн. При выходе диалогового окна выбрать новый проект и указать его название**.**

Структура проектов

После создания проекта и входа в него, мы можем увидеть разделы:



Data - включает все данные проекта**.**

People - люди, работающие над проектом.

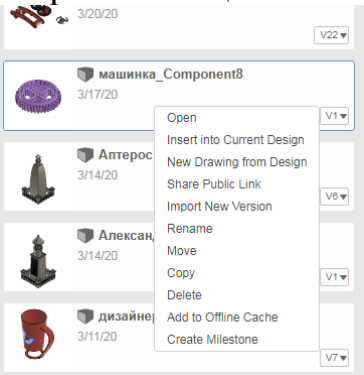
Upload - загрузка контента в проект.

New Folder - создать тематический каталог внутри проекта.

Settings - настройки отображения.

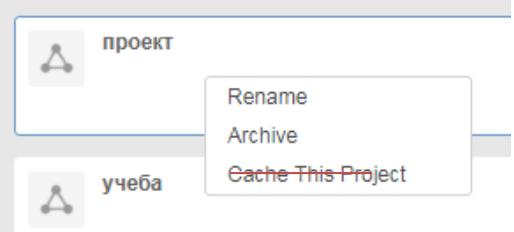
Зелёная кнопка Pin позволяет закрепить проект, чтобы быстро получать доступ к активным проектам.

После создания первого дизайна, в панели данных появляется новая сущность. По ПКМ на карточке детали, открывается меню, где можно выбрать разные опции взаимодействия с деталью.



Удалить дизайн можно из той же панели данных.

Чтобы удалить проект, его сначала нужно заархивировать: ПКМ по проекту → Archive. Архивные проекты можно найти в облачном сервисе, доступ к которому можно получить из панели настроек, кликнув по имени учётной записи и выбрав - My Profile. В облачном профиле можно восстановить проект или удалить его окончательно.



Автономный режим позволяет продолжать работу без доступа к интернету, при этом теряются следующие функции:

Создание каталогов проектов

Кэширование файлов

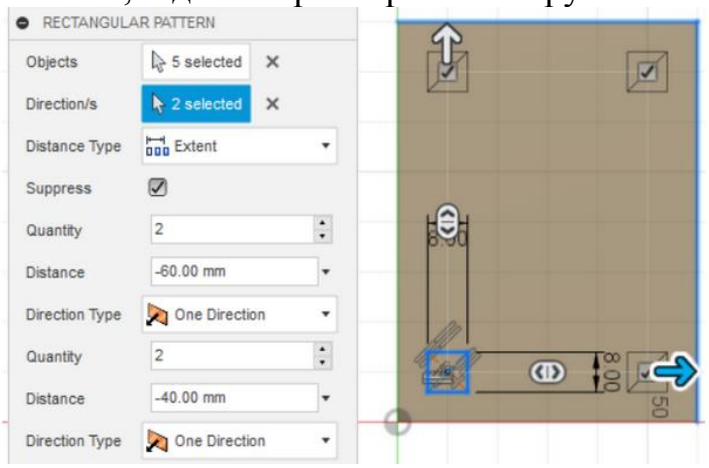
Загрузка файлов

Автономный режим автоматически включается при отключении интернета или профилактических работах сервисов Autodesk. Но может быть включён и вручную, с панели настроек, кликом по иконке часов и переключением тумблера.

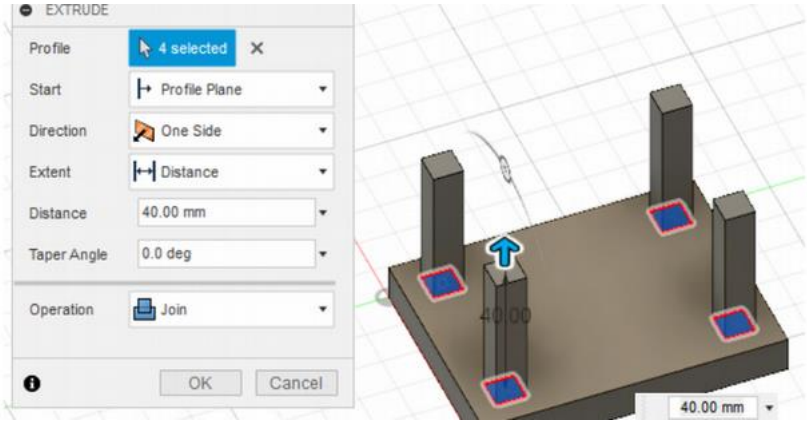
По сути, автономный режим не несёт особых ограничений - данные о проекте будут автоматически записываться и при закрытии программы. А синхронизация с облаком произойдёт уже после перехода в онлайн-режим. Однако, мы теряем возможность работать с версиями проектов, а так же загружать отдельные элементы проекта.

Практическая работа «Стол и табурет»

1. Создадим новый скетч **CREATE SKETCH**
2. Создаём объект Box из меню **CREATE** с размерами: 60x80x10
3. На поверхности стола создаём эскиз основания ножки с размерами 8x8
4. Применяем к этому эскизу инструмент **CREATE/RECTANGULAR PATTERNE.** Для этого сначала выделяем все 4 стороны эскиза, задаём параметры и копируем:



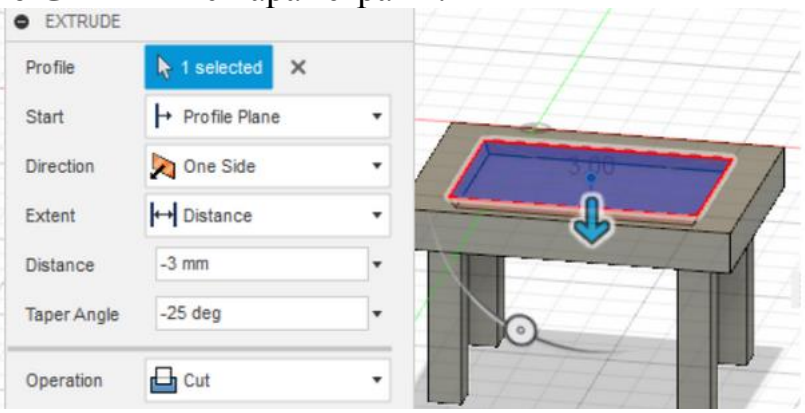
5. Нажимаем на кнопки OK, а затем на **FINISH SCATCH**.
6. Применяем ко всем ножкам инструмент **EXTRUDE** из меню **CREATE**:



7. Выделим весь стол и перевернём его с помощью инструмента **MOVE (ПКМ)**

8. Создадим эскиз прямоугольника посередине стола размером 40x60.

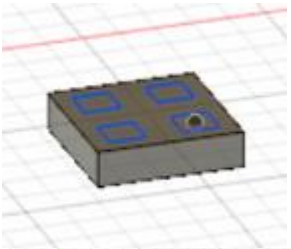
9. Применим к созданному прямоугольнику инструмент **EXTRUDE** из меню **CREATE** с параметрами:



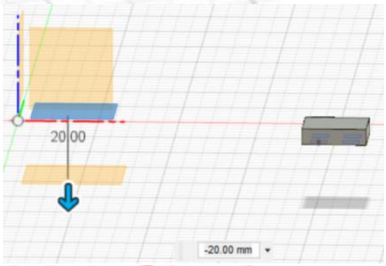
10. Задать материал стола можно в меню **MODIFY / PHYSICAL MATERIAL**. В открывшемся окне взять понравившийся материал и перетащить на стол.

Стол готов!

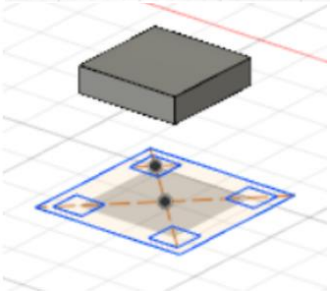
1. Наподобие столешницы создадим сиденье для табурета, в которое включим эскиз оснований ножек:



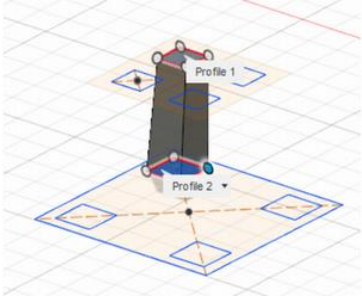
2. Создадим опорную плоскость параллельную сиденью табурета, через меню **CUNSTRUCT / OFFSET PLANE**:



3. На этой опорной плоскости создадим эскиз прямоугольника чуть больше, чем сиденье табурета с эскизами основания ножек



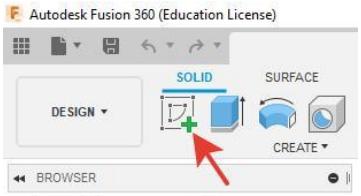
4. Осталось создать ножки. Для этого применим к каждой инструмент **LOFT** из меню **CREATE**



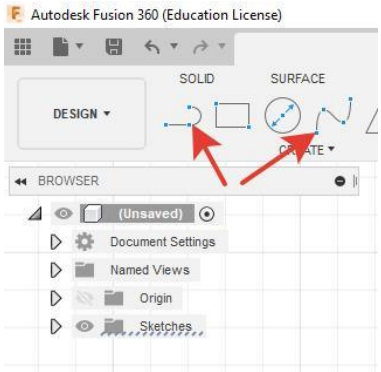
Приложение 8

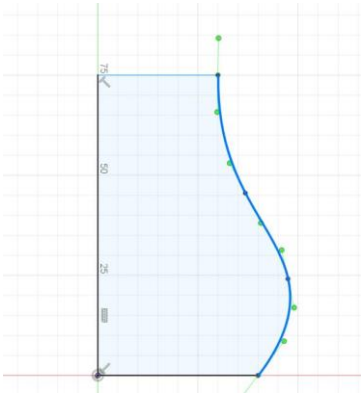
Практическая работа «Ваза»

1. Создаем новый скетч **Create Sketch**



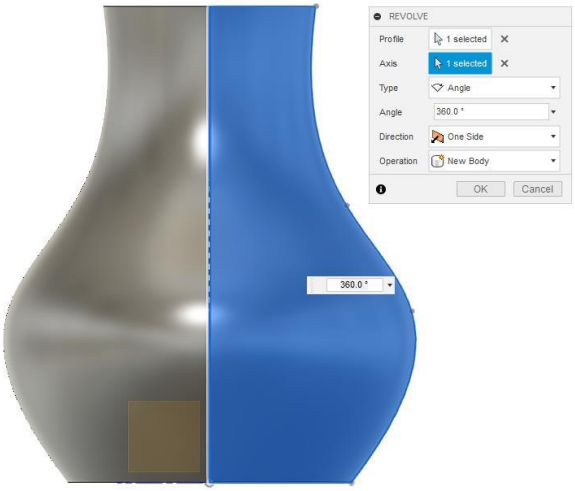
2. Используя инструмент **Line** и **Fit Point Spline** создаем контур будущей вазы. Контур должен быть замкнут.



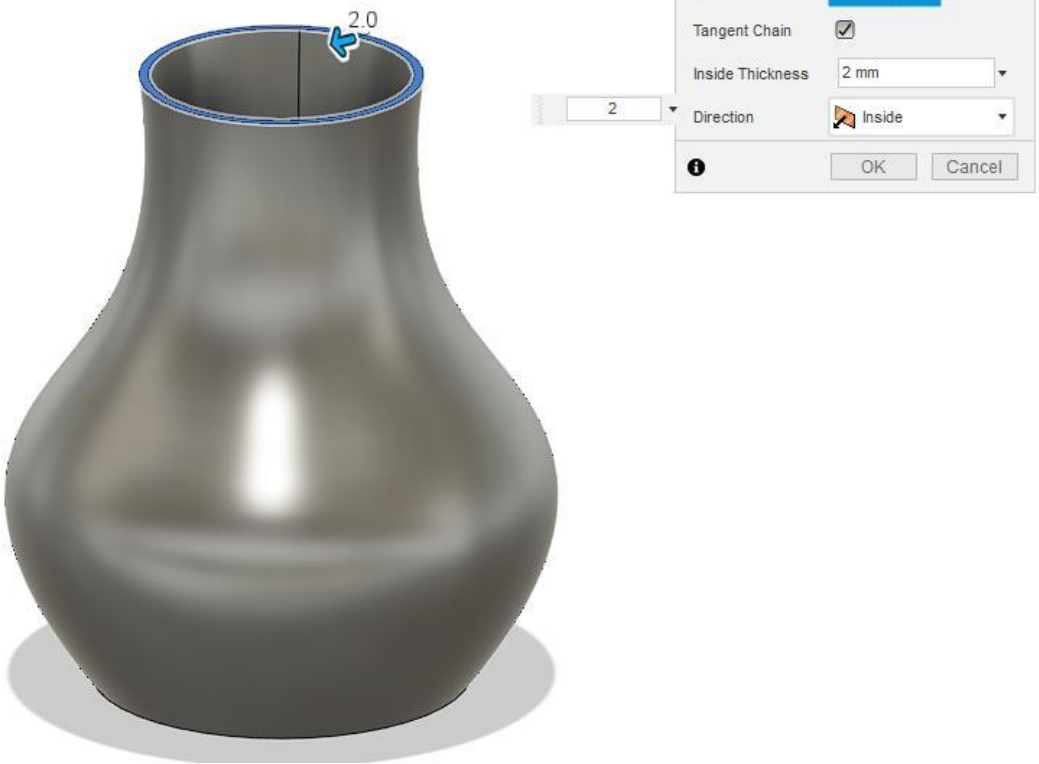


3. Закрываем скетч.

4. Используя инструмент **Revolve** делаем развертку созданного ранее скетча на 360 градусов, для чего выбираем **Profile** – созданный ранее скетч, **Axis** – ось вокруг которой будет проходить вращение, **Type –Angle, Angle** – 360 град.

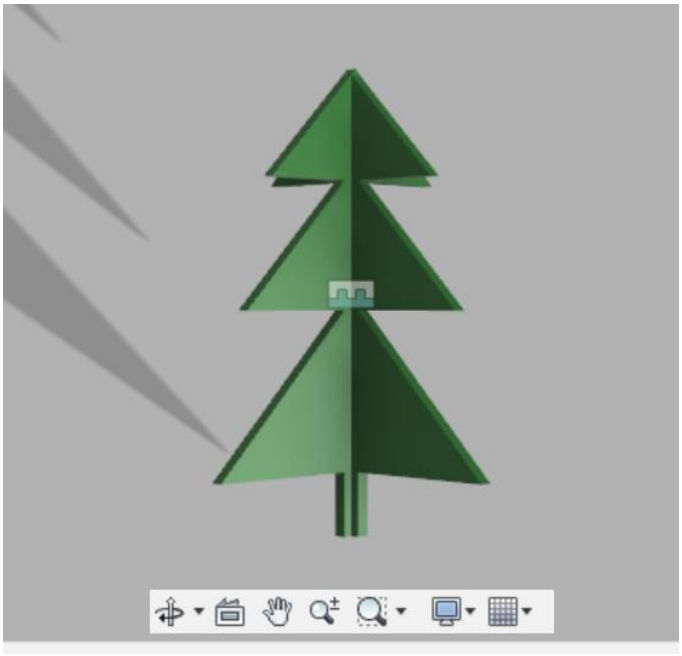


5. После указанных действий мы получим твердотельную модель, но нам нужно задать толщину вазы, для этого мы будем использовать инструмент **Shell**, далее выбираем поверхность(faces) и толщину (thickness).

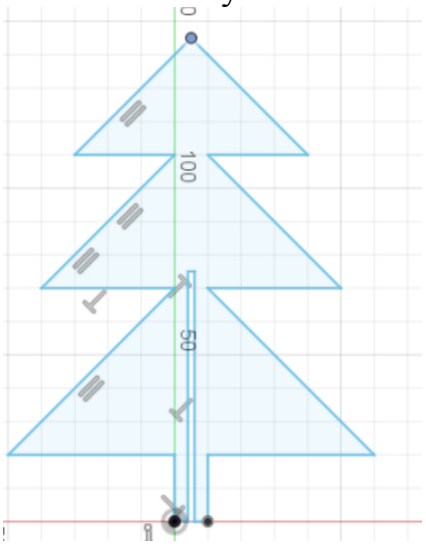


6. Ваза готова.

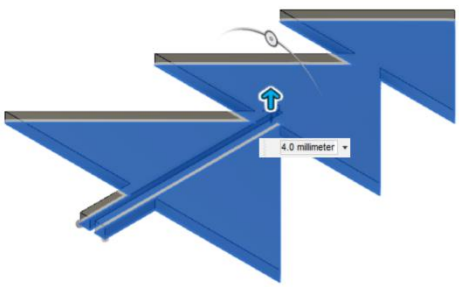
Практическая работа «Двухкомпонентная модель елочки»



1. Создадим новый скетч **Create Sketch**
2. Используя инструмент **Line** и **Spline** создаем контур елки. Контур должен быть замкнут. Высота 150 мм, Отверстие для вставки 75мм/2мм.

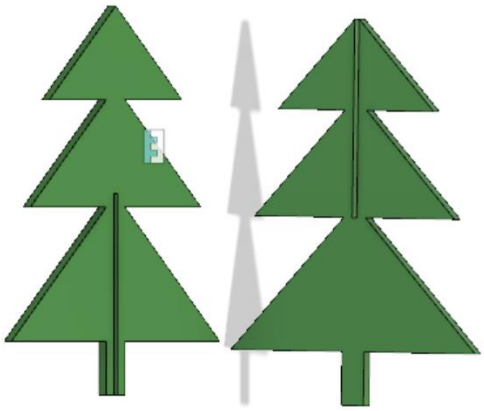


3. Используя инструмент Extrude, придаем толщину.

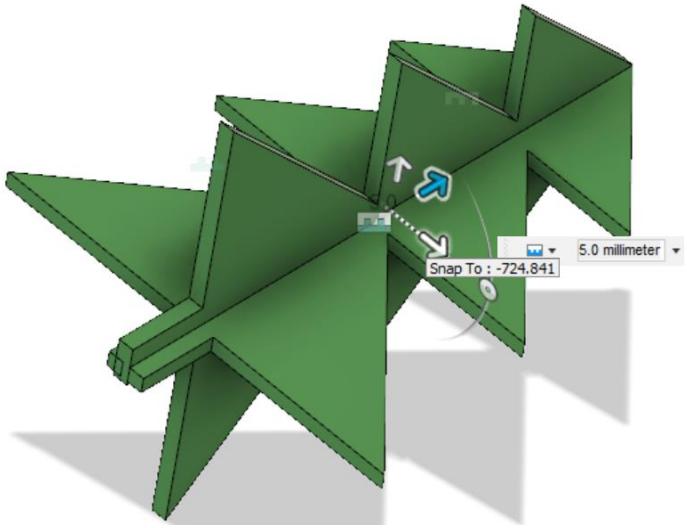


4. Создадим копию скетча, с зажатой клавишей Shift выбираем элементы фигуры, которые необходимо скопировать. ПКМ выбираем **Copy**, создаем новый скетч и нажимаем ПКМ **Paste.**

5. В новом скетче, дорисовываем отверстие вверху елочки. Используя инструмент Extrude, придаем толщину.

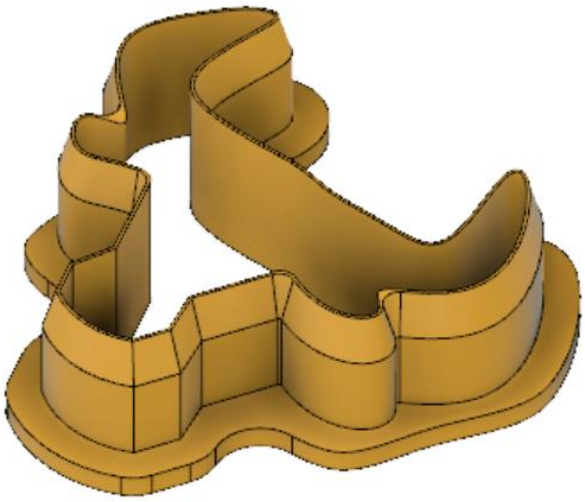


6. Для соединения компонентов применим инструмент Joint.



7. Двухкомпонентная модель елочки готова!

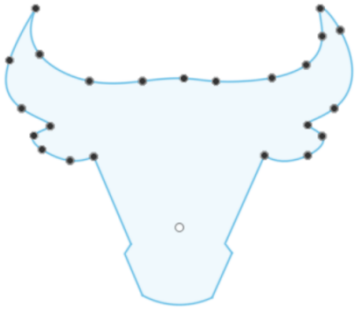
Практическая работа «Вырубка для печенья»



Мы будем изготавливать модель, по нарисованному эскизу или готовому изображению.

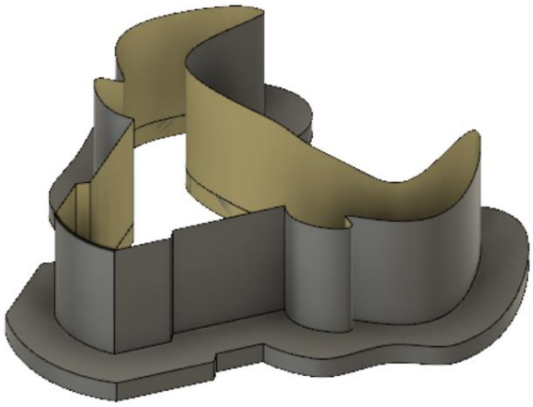
1. Откроем изображение в программе **Insert – Canvas**, выбираем изображение.
2. Создадим новый скетч **Create Sketch.**

3. Используя инструменты **Line**, **Fit Point Spline или 3-Point Arc** создаем контур нашего изображения. Контур должен быть замкнут.

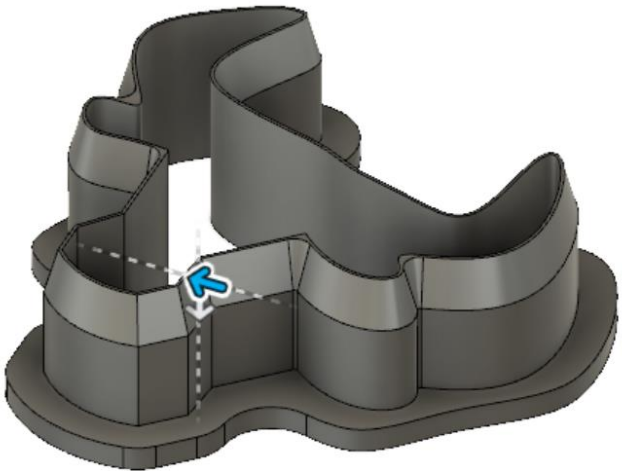


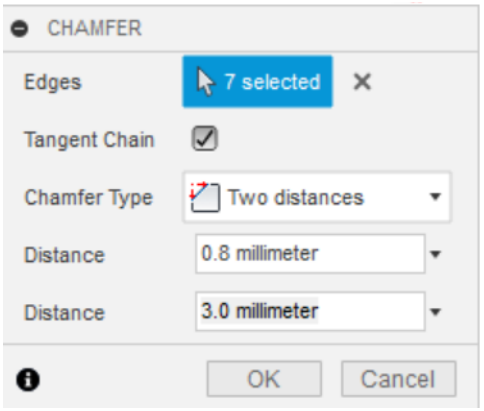
4. Используя инструмент Extrude, придаем высоту на 1,5 мм.
5. Инструментом **Thicken** придаем толщины 3-5 мм.

6. Включим видимость скетча, выберем его и выдавим на 10-12 мм.



7. Инструментом **Thicken** придаем толщины 1 мм.
8. Скруглим поверхности на верхушке модели. Инструментом **Fillet** выберем острые грани и скруглим на 3 мм.
9. Инструментом **Chamfer** добавим фаску.

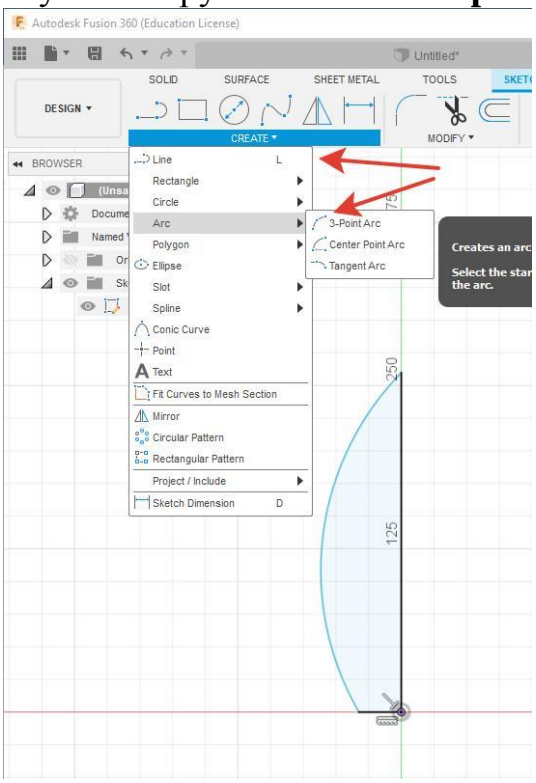




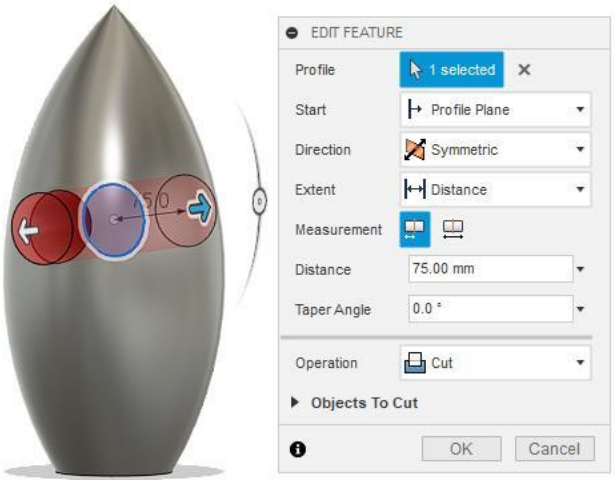
Вырубка для печенья готова.

Практическая работа «Ракета»

1. Создаем новый эскиз. Для построения корпуса ракеты используем инструменты **Line** и **3-point Arc, Revolve.**

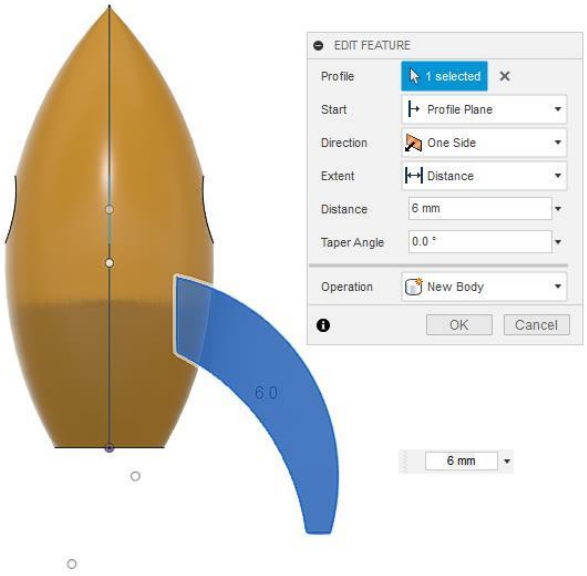


2. Создадим иллюминатор в корпусе ракеты, для чего создадим новый эскиз в той же проекции, что и корпус ракеты. Используем **Center Diameter Circle** и инструмент **Extrude** в 2 стороны.

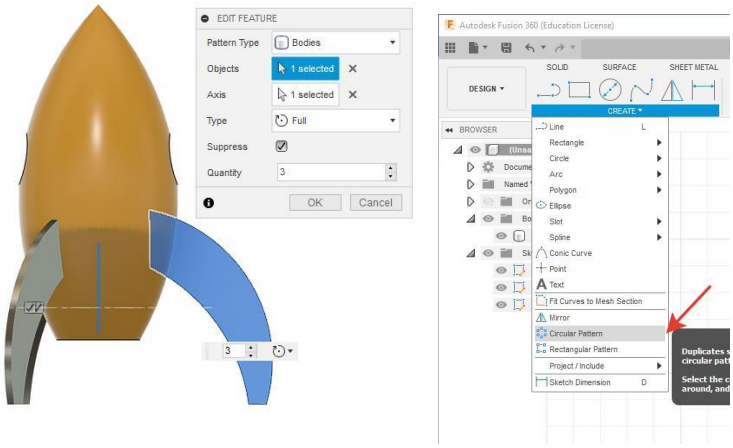


3. Создадим хвостовое оперение ракеты. Новый эскиз в плоскости перпендикулярной плоскости эскиза корпуса ракеты. Используем те же инструменты, что и для построения корпуса ракеты.

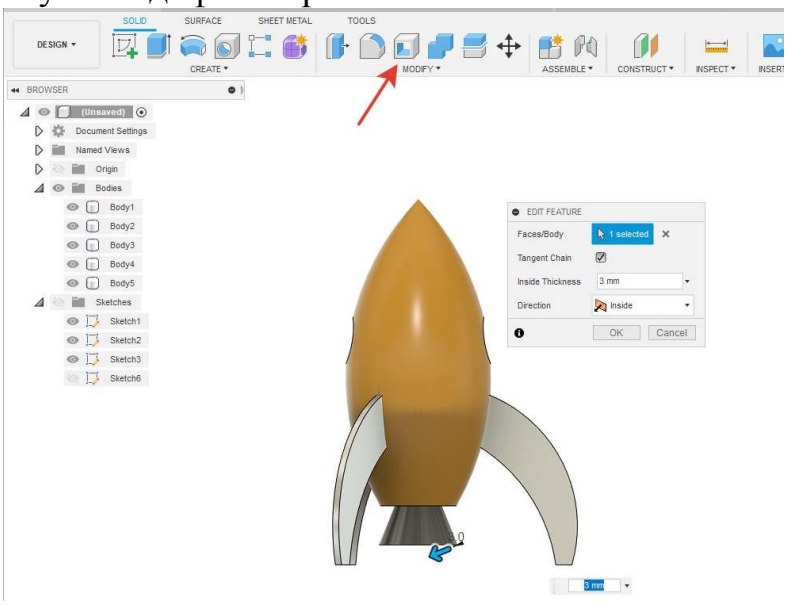
Для задания толщины оперения используем инструмент **Extrude**.



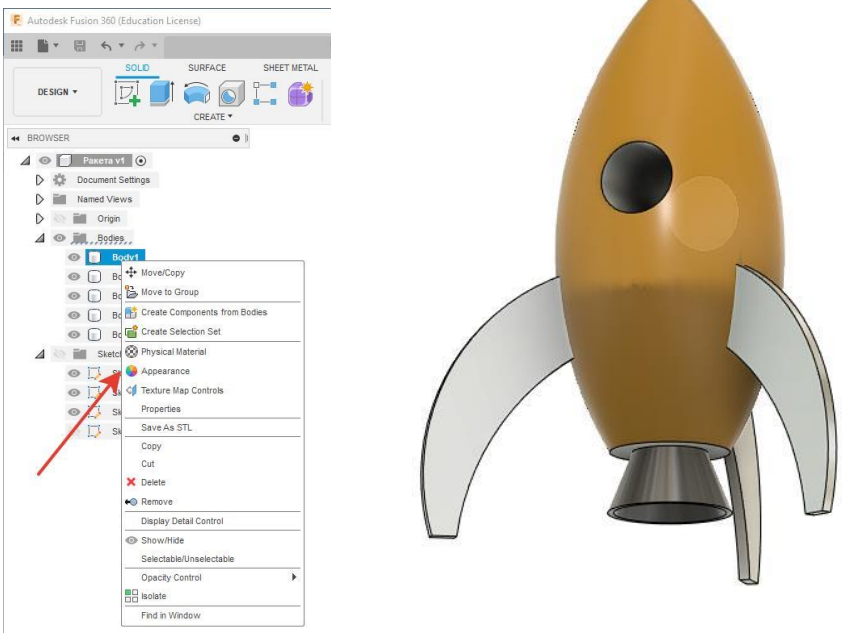
Для того чтобы увеличить количество хвостового оперения используем инструмент **Circular Pattern**.



4. Осталось сделать сопло. Создаем новый эскиз. Используя инструмент **Line и Revolve** создадим сопло. Для задания толщины сопла используем модификатор Shell.



5. Ракета готова. Вы можете раскрасить части ракеты используя команду Apperance.



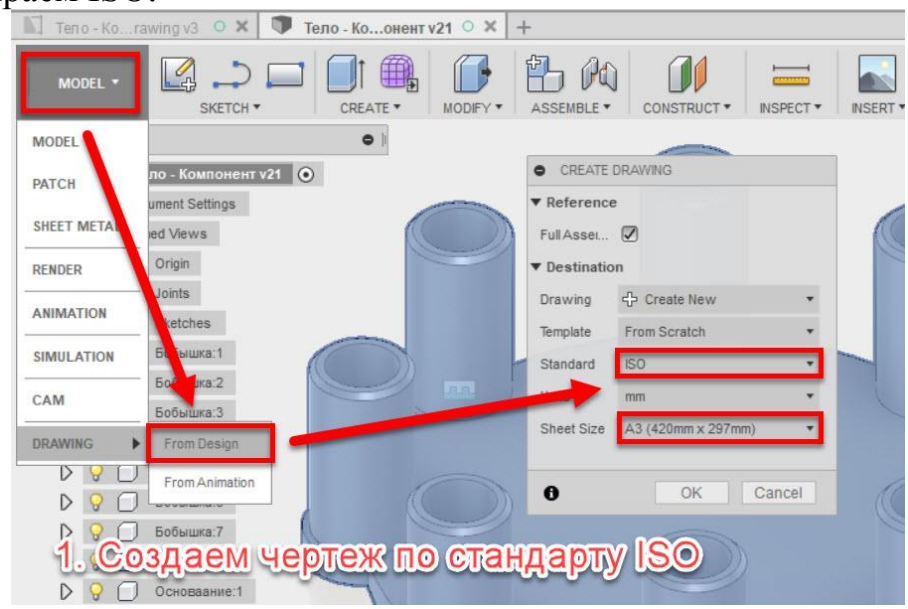
Всегда существует, как минимум еще один способ сделать данную модель!

Среда оформления чертежей. Стандарты

Можно создать 2D-чертеж на основе проекта Fusion 360 и экспортировать документацию модели в форматах PDF.

Чертеж, созданный как производный документ модели, отображается на панели данных в качестве уникального элемента активного проекта.

1. Откройте проект.
2. В разделе **Design** выберите создание чертежа на основе проекта. **Design – Drawing – From Design.** Создаем чертеж по стандарту ISO, устанавливаем формат чертежа А3, а в качестве стандарта оформления выбираем ISO.

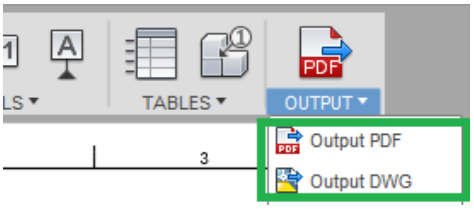


3. Выберите требуемые параметры в диалоговом окне создания чертежа.

В разделе ссылок выберите полную сборку для ее отображения в чертеже. Если этот параметр не задан, можно выбрать отдельные компоненты или тела для включения в новый файл чертежа.

В разделе назначения выберите параметры чертежа, шаблона, стандарта, единиц измерения и размера листа.

4. Используйте инструменты в рабочем пространстве чертежа для размещения в нем видов и аннотаций.
5. Создавать чертежи только с использованием элементов эскиза или поверхностных тел невозможно. Чертеж не будет заполняться автоматически.
6. Распечатайте или экспортируйте чертеж.



Базовые параметры печати

Толщина слоя Layer Height - толщина слоя - это требование к детализации модели. Толщину слоя можно выбирать в интервале 20-80% от диаметра сопла, чем тоньше слой - тем более гладкими будут стенки и более мелкие детали удастся воспроизвести. Но и время печати при этом увеличивается кратно. Чем толще слой - тем быстрее идет печать. Кроме внешнего вида, изделие из более толстых нитей выдерживает большие нагрузки. Но при этом, оптимальная межслойная прочность достигается на толщине слоя от 20 до 50% диаметра сопла.

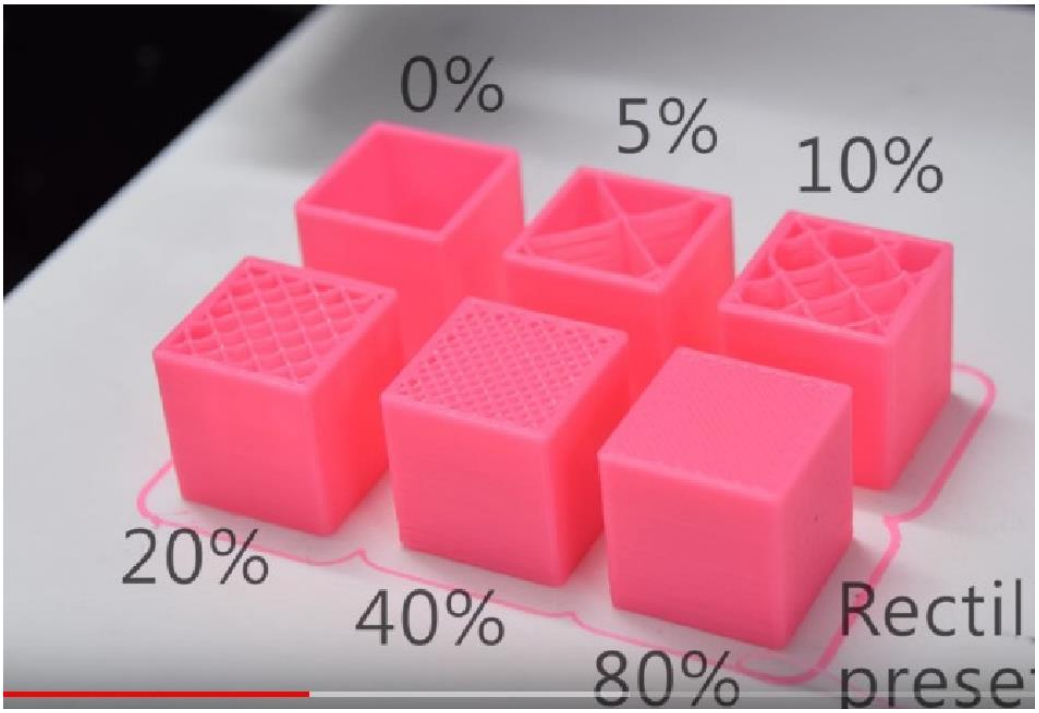
Толщина стен

Wall thickness, Top/bottom layers — отвечают за количество линий стенок. Это требование к прочности. Часто бывает недостаточно 2 линий, чтобы получить достаточно прочны детали.

Заполнение

Infill - это тоже параметр для успешной печати горизонтальных поверхностеей. И от части влияет на прочность детали. Заполнение можно выключить вовсе, если требования к изделию того позволяют. Изделие в один Толстый слой в некоторых случаях уже обладает достаточной прочностью.

•infill = 0 по возможности,
•0- 20% - базовое значение заполнения для большинства задач,
•20-40% -для изделий, подвергающихся значительным нагрузкам,
•40-80% -для ОЧень прОЧных изделий,
•80-100%- при необходимости



Постобработка

Тепловая обработка. Некоторые пластики, например PLA приобретают большую монолитность, прочность водонепроницаемость после спекания слоев на температуре около начала размягчения — температуре рекристаллизации - 70С.

Кроме того, локальным нагревом можно гнуть и деформировать отдельные части отпечатка. Сделать уголок из плоской детали, например. Такой уголок будет значительно прочнее, чем напечатанный с соблюдением формы.

Химическая обработка

Ванна из растворителя действует на поверхности пластиковых деталей размягчающе, сглаживающе. В целом деталь становится прочнее и монолитнее. Применяют метод окунания и метод паровой бани в герметичной таре. Подходящие растворители в памятке к пластикам.

Окунание. Деталь окунают в растворитель на несколько секунд, затем быстро сушат с помощью фена. Для ПЛА окунание вызывает излишние напряжения в наружном слое и может привести к растрескиванию. Полезно избегать глубокой пропитки растворителем.

Паровая баня дает более качественный результат, но требует больше времени. Небольшое количество растворителя в герметичной таре разогревают до температур ниже температуры кипения растворителя (чтобы не допустить появления росы конденсата). Затем в тару опускают платформу с обрабатываемой деталью. И оставляют на несколько минут. Например 15 минут. Далее деталь достают и сушат.

Абразивная обработка

Проводится наждаком, надфилями и т. д. PLA шкурится мокрым лучше Шкурка. Сначала 220, затем 400.

Окраска

Обычно окраска выполняется после ошкуривания и полировки. Часто требуется подбирать особенные материалы для успешного окрашивания.

Терминология 3D-печати

Аддитивные технологии — технологии создания изделия методом добавления материала. Является альтернативой методу откалывать лишнее. 3D-печать — это частный случай аддитивных технологий.

FDM — Fused deposition modeling — Моделирование методом наплавления — сплавление выдавливаемого расплавленного полимера.

SLA — Stereolithography — Стереолитография — фотополимеризация жидкого полимера с использованием ультрафиолетового лазера либо светодиодами. Встречаются варианты.

SLS — Selective laser sintering — селективное лазерное спекание — послойное спекание порошка (пластикового или металлического) мощным лазером.

Экструдер — extruder — часть 3d-принтера, подающая материал в требуемом количестве для печати детали.

Филамент — filament — материал для выдавливания/наплавления через экструдер. Обычно пластиковая нить.

Слайсер — slicer — Программное обеспечение для расчета движений экструдера и объемов подачи пластика.

Сопло — калиброванная деталь экструдера, для выхода линии пластика нужного диаметра.

Ретракт - втягивание филамента в сопло, для свободного перемещения экструдера к следующей области печати.

Поддержки - опоры для возможности напечатать модели с висящими в воздухе элементами. Поддержки печатаются одновременно с самой моделью.

Обдув — охлаждение только что напечатанного участка.

Концевик — концевой выключатель, работающий как ограничитель перемещения по оси.