

**В. Б. Смирнов
Л. В. Смирнов**

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПЕЧАТЬ
В РОБОТОТЕХНИКЕ**

**РАЗДЕЛ 2: ПРОГРАММЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ**

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
2025**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

**В. Б. Смирнов
Л. В. Смирнов**

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПЕЧАТЬ В РОБОТОТЕХНИКЕ

РАЗДЕЛ 2: ПРОГРАММЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

Учебно-методическое пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2025

УДК 004.94
ББК 32.9741.3
С 50

Рецензенты:

кандидат педагогических наук, доцент Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена

С. В. Ильинский;

кандидат технических наук, доцент Высшей школы технологий и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

В. И. Сидельников

Смирнов, В. Б.

С 50 3D-моделирование и печать в робототехнике. Раздел 2: Программы проектирования 3D-моделей: учебно-методическое пособие /
В. Б. Смирнов, Л. В. Смирнов. — СПб : ВШТЭ СПб ГУПТД, 2024. — 43 с.

Учебно-методическое пособие соответствует программам и учебным планам дисциплины «3D-моделирование и печать в робототехнике» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». В тексте учебно-методического пособия приводятся не только теоретические аспекты 3D-моделирования, но и наглядные примеры для выполнению практических работ.

Учебно-методическое пособие предназначено для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения. Отдельные разделы пособия могут быть полезны бакалаврам, магистрам и аспирантам смежных специальностей.

УДК 004.94
ББК 32.9741.3

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2025
© Смирнов В. Б., Смирнов Л. В., 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1. ПРОГРАММА BLENDER. ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАММЫ BLENDER. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТЫХ ОБЪЕКТОВ	5
РАЗДЕЛ 2. ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАММЫ CURA. НАСТРОЙКА 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ ПЕЧАТИ	27
2.1. 3D-принтер Anet A8	27
2.1.1. Процесс установки филамента для 3D-принтера Anet A8	28
2.1.2. Выбор типа пластика для дальнейшей печати	31
2.1.3. Калибровка стола	32
2.1.4. Подстилающая поверхность для печати	35
2.1.5. Формат файлов, поддерживаемый 3D-принтером	36
2.2. 3D-принтер Anycubic Photon M3	37
2.2.1. Особенности Anycubic Photon M3 Max	38
2.2.2. Экран управления и передача данных	38
2.2.3. Программное обеспечение	39
2.2.4. Технические характеристики	39
2.2.5. Монохромный экран 7,6 4K+	39
2.2.6. Печатная пластина с лазерным травлением	40
2.2.7. Одиночная линейная направляющая для оси Z	40
2.2.8. Потребляемая мощность	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», изучающих дисциплину «3D-моделирование и печать в робототехнике», отдельные разделы пособия могут быть полезны бакалаврам, магистрам и аспирантам смежных специальностей. В учебно-методическом пособии описываются некоторые функциональные особенности принтеров, предназначенных для трехмерного создания объектов, а также визуализируется процесс создания трехмерного объекта для дальнейшего вывода на печать.

РАЗДЕЛ 1. ПРОГРАММА BLENDER. ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАММЫ BLENDER. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТЫХ ОБЪЕКТОВ



Рисунок 1 – Исходная деталь

В качестве объекта исследования представляется деталь с девятью отверстиями конструктора (рис. 1). Обычные такие детали служат как перемычки для объектов конструктора. Именно такая деталь была взята за основу для дальнейшего моделирования в трехмерном пространстве.

Перед тем, как приступить к процессу трехмерного моделирования, необходимо установить истинные размеры изделия, для этого используется штангенциркуль. Результат измерения обработан в программе для трехмерного моделирования «Компас-3D» и представлен на рисунке 2. Высота изделия составляет 7,8 мм.

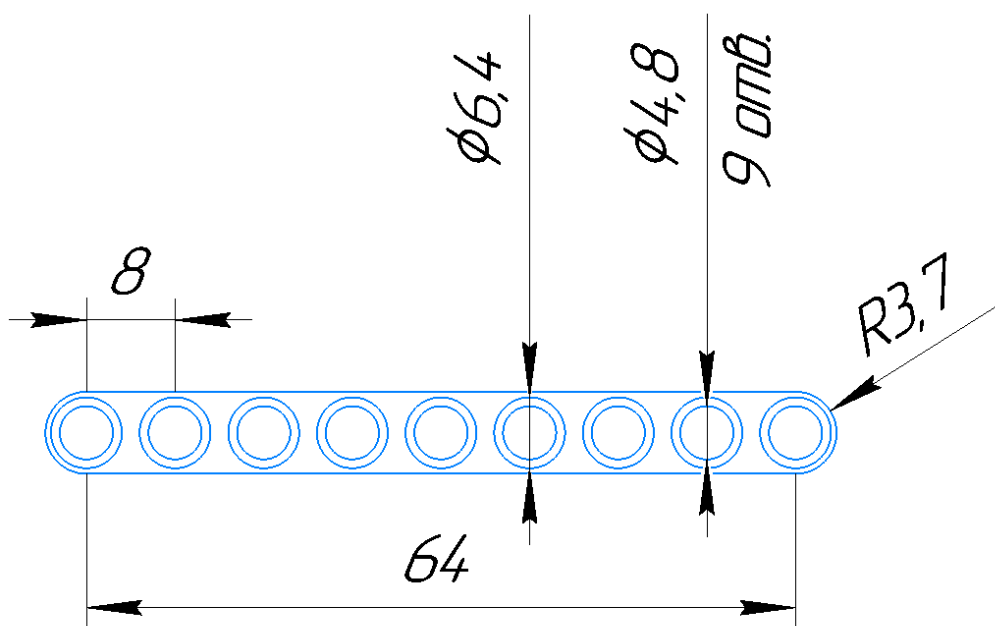


Рисунок 2 – Размеры блока

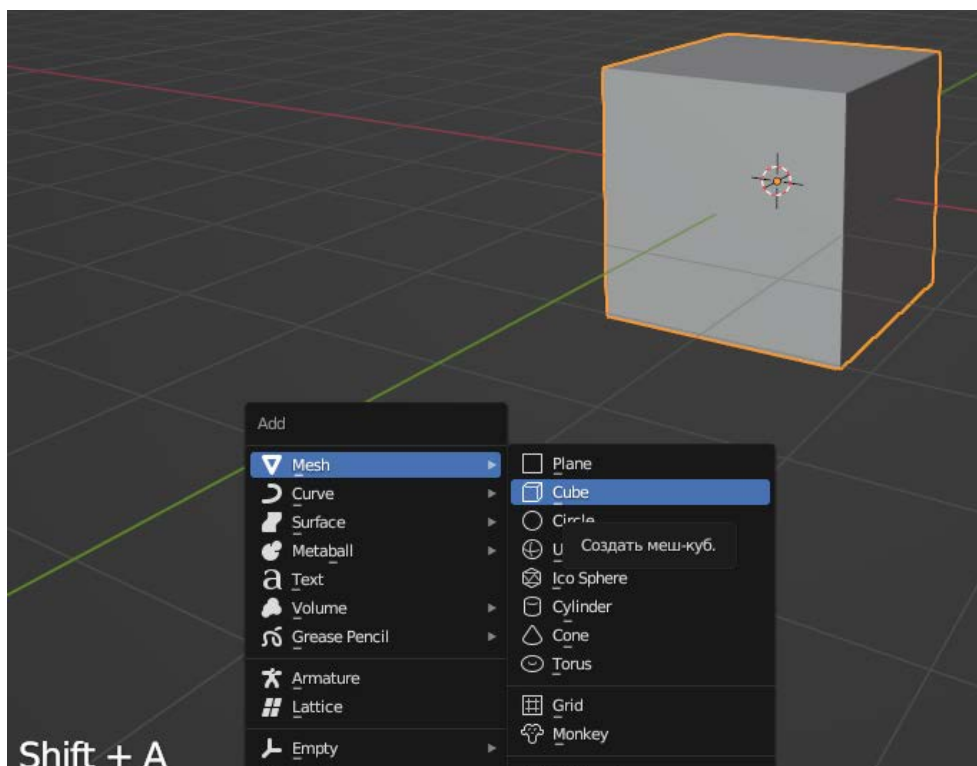


Рисунок 3 – Процесс создания куба

Процесс создания трехмерной модели по образцу происходит в программе для трехмерного моделирования «Blender». Первоначально необходимо создать трехмерную модель куба, которая является заготовкой для будущего изделия. Для этого нужно воспользоваться вкладкой «Add» на панели инструментов или сочетанием клавиш «Shift + A». Следующим действием предстоит выбрать элемент «Cube» во вкладке «Mesh», как показано на рисунке 3.

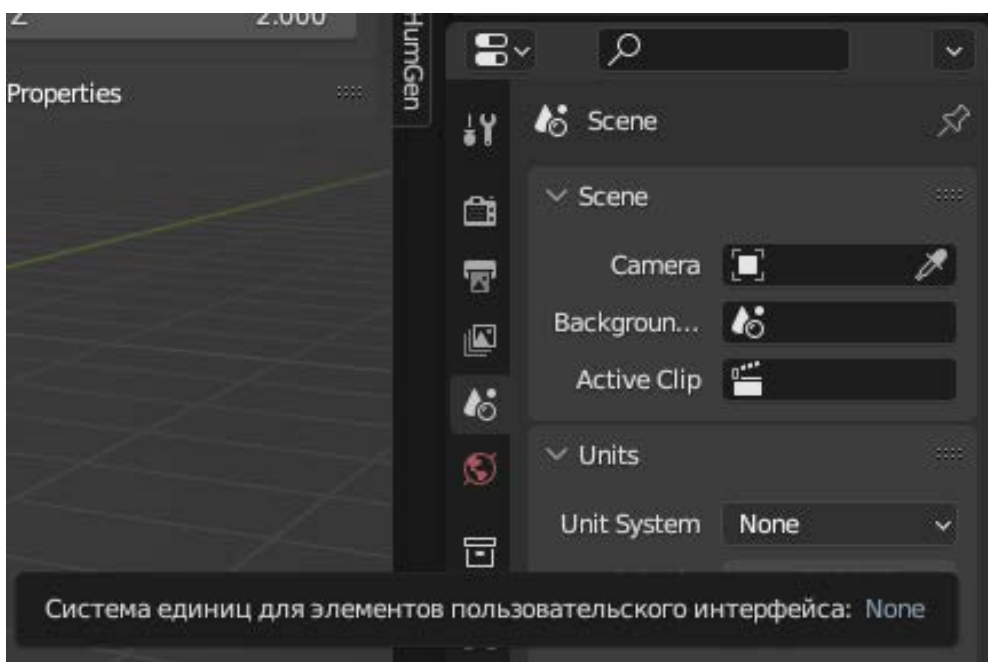


Рисунок 4 – Изменение системы единиц

По умолчанию в программе для трехмерного моделирования используются настройки, позволяющие выполнять моделирование в метрах. Для комфортной работы и последующего взаимодействия с программой для трехмерной печати и 3D-принтером необходимо изменить метрическую систему координат на абсолютную. Для этого на панели инструментов в правом нижнем углу следует зайти во вкладку «Scene» и найти вкладку «Units», в которой предстоит изменить значение параметра «Units System» с «Metric» на «None», как показано на рисунке 4.

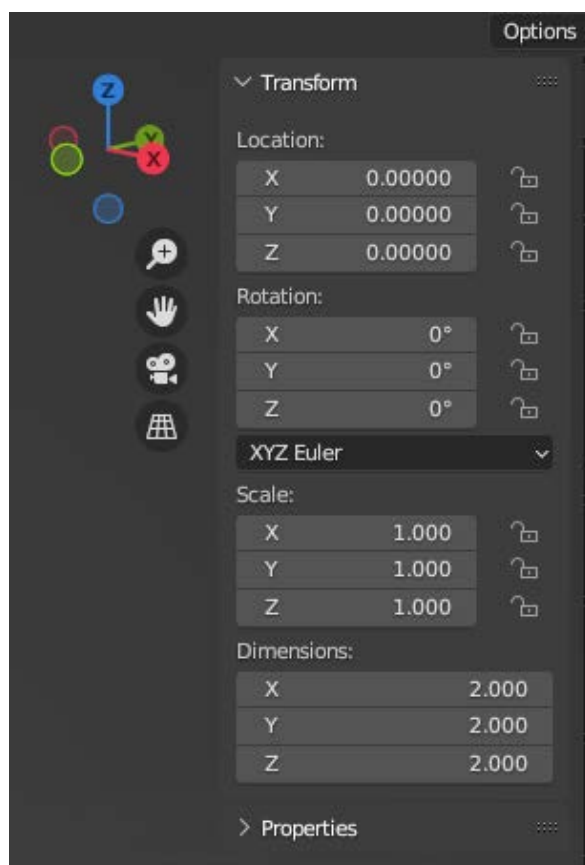


Рисунок 5 – Параметры трансформации

При создании куба по умолчанию задаются размеры сторон, равные 2 ед, как представлено на рисунке 5. Для того, чтобы создать нужный объект, предстоит изменить значения параметра «Dimensions». По оси OX нужно ввести 7,4, данный параметр будет отвечать за ширину изделия. По оси OY вводится параметр 64, и он будет отвечать за длину. По оси OZ вводится значение 7,8, которое отвечает за высоту. Изменение формы куба происходит автоматически вводимым значениям, результат изменения формы представлен на рисунке 6.

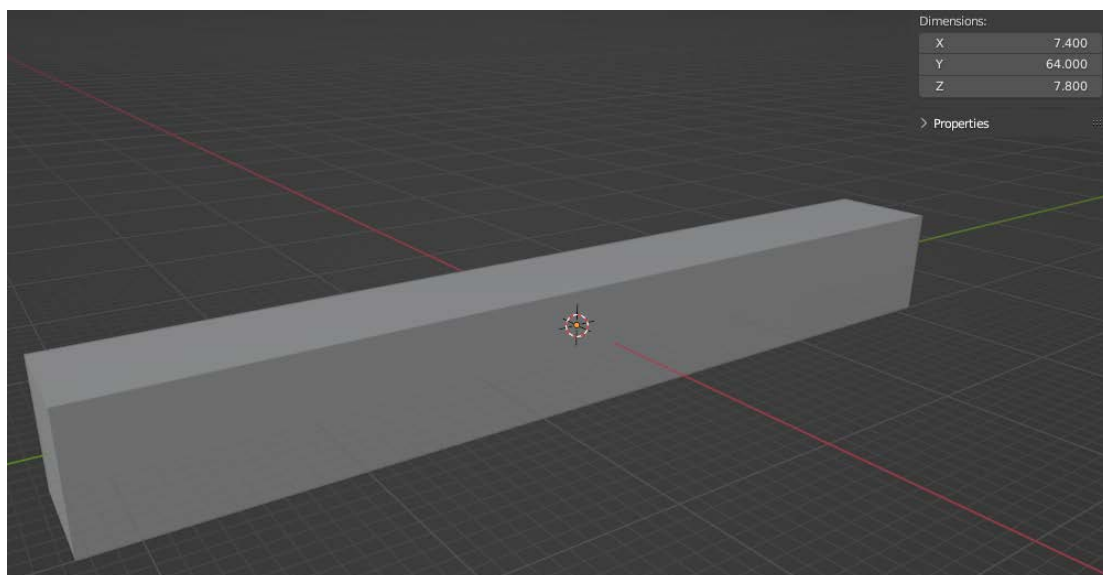


Рисунок 6 – Создание заготовки для изделия

Видно, как преобразился куб. Однако для дальнейшей корректной работы программы необходимо вернуть размеры объекта в базовое положение. Для этого все значения, находящиеся во вкладке «Scale», должны равняться 1.

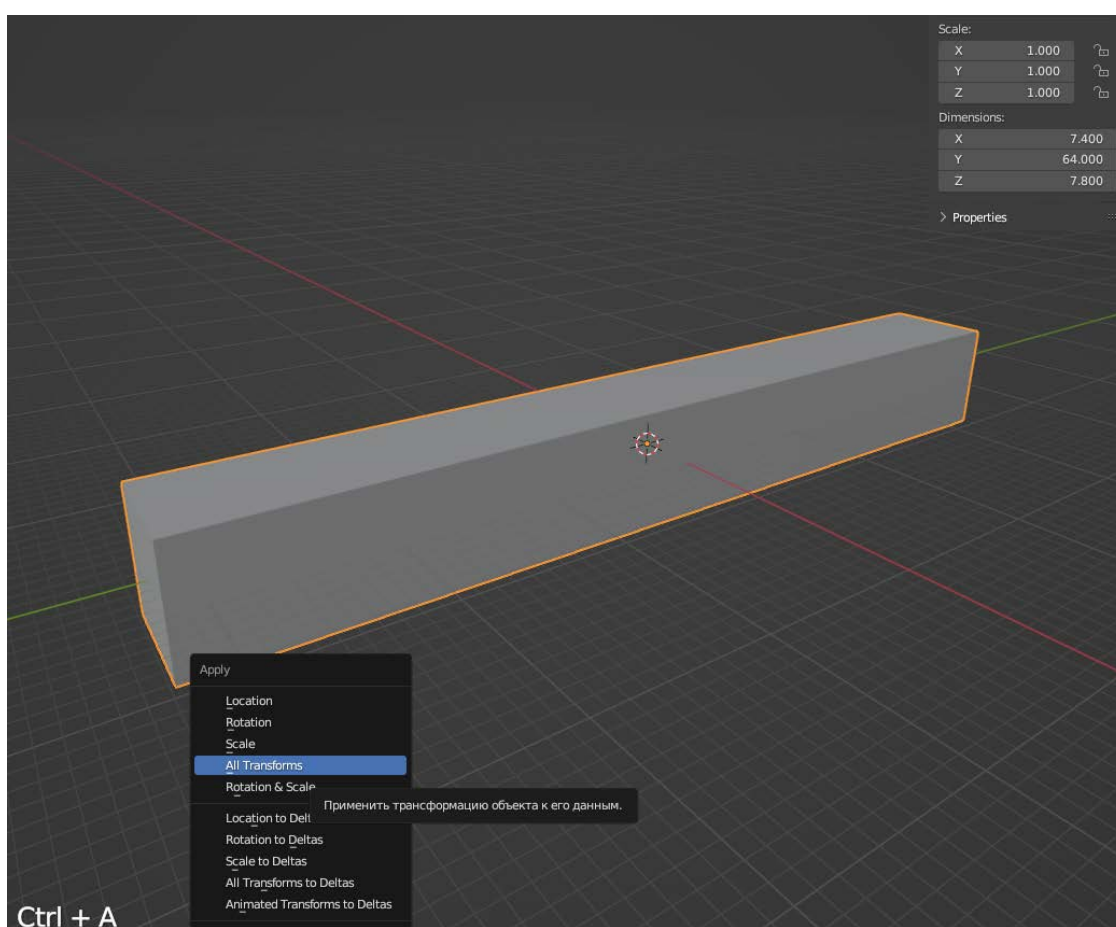


Рисунок 7 – Применение трансформаций объекта

На рисунке 6 показан процесс применения трансформаций объекта для сброса к исходным настройкам. Чтобы добиться такого результата, необходимо вызвать контекстное меню с помощью сочетания клавиш «Ctrl + A» и в появившемся меню выбрать параметр «Scale» или применить все трансформации, нажав на кнопку «All Transformation». Для достижения данного результата необходимо сделать объект активным; при нажатии клавишей мыши на объект, он подсвечивается оранжевым по контуру, как показано на рисунке 7. В ином случае трансформации не применятся, т.к. объект не задан.

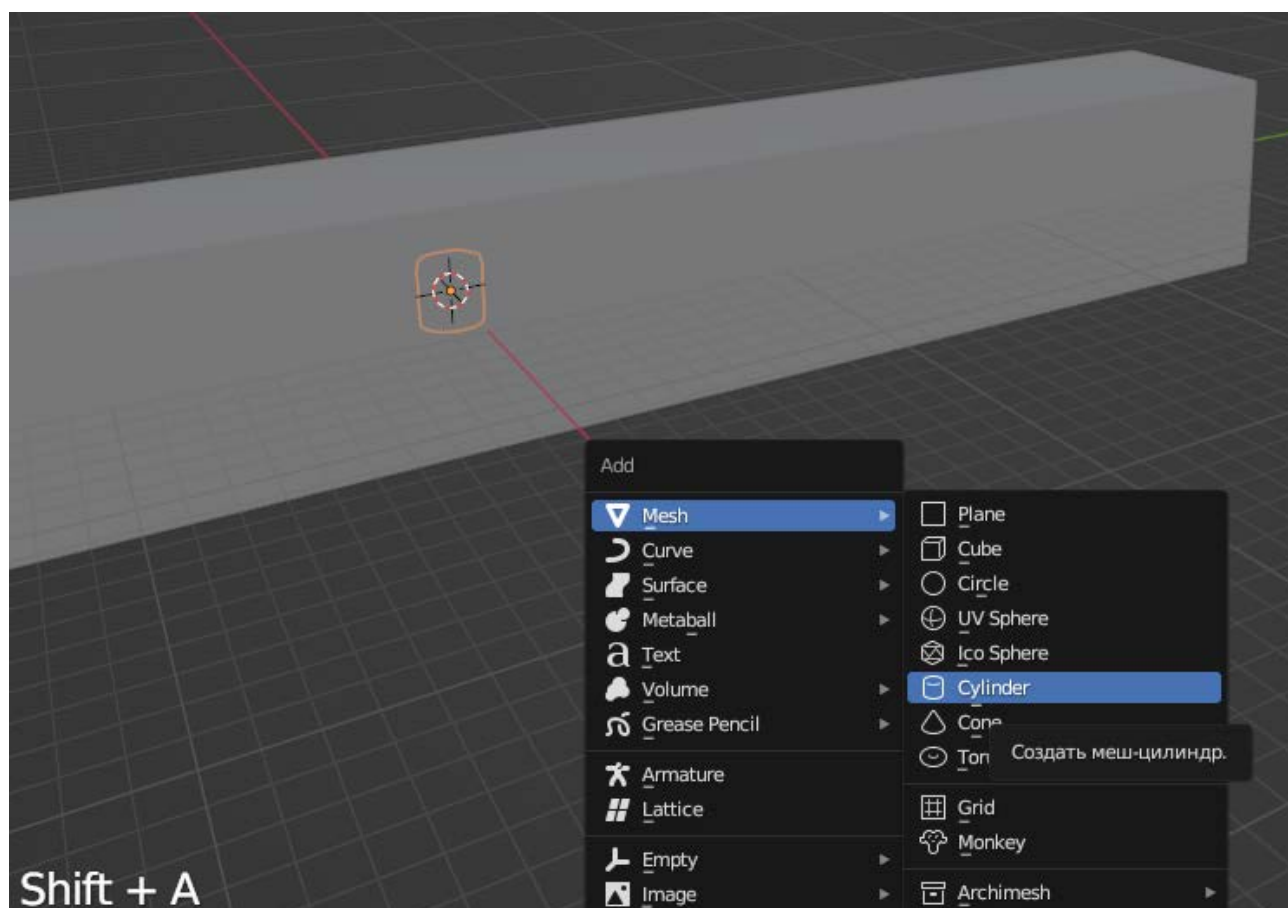


Рисунок 8 – Создание цилиндра

Для получения формы, представленной на рисунке 1, предстоит создать еще один объект, которым является цилиндр. Процесс создания цилиндра аналогичен созданию куба, результат применения процедуры представлен на рисунке 8. Созданный цилиндр подсвечивается оранжевым цветом. Как говорилось ранее, объект создан с размерами в 2 единицы по каждой оси. Необходимо задать ему нужные размеры, как это было сделано с кубом.

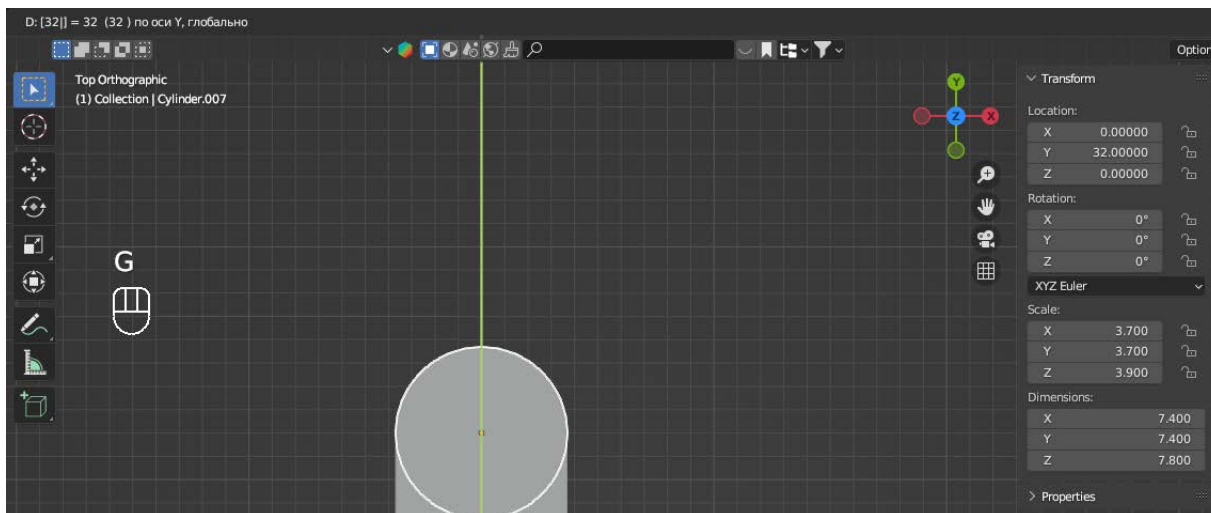


Рисунок 9 – Перемещение цилиндра в нужное положение

Для того, чтобы повторить форму изделия, цилиндр с измененными размерами предстоит переместить в пространстве. Для перемещения объекта в пространстве стоит воспользоваться клавишей «G», которая позволяет перемещать объект в любом направлении. Однако для перемещения только по одной оси предстоит нажать клавишу «Y», которая и позволит переместить объект по оси ОУ в нужную сторону. Для точного перемещения объекта необходимо ввести координаты. В нашем случае цилиндр перемещается на 32 единицы, т.к. середина созданного куба располагается в начале координат. Процесс перемещения цилиндра продемонстрирован на рисунке 9.

После перемещения цилиндра в нужное положение пространства необходимо применить к нему все трансформации, как это было сделано с кубом, но в данном случае кроме размера необходимо сбросить до исходных настроек еще и положение в пространстве.

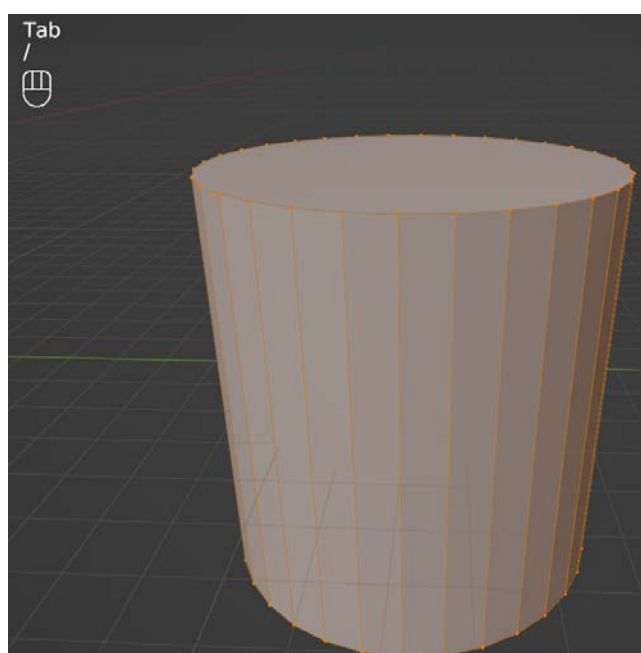


Рисунок 10 – Редактирование цилиндра

Для того, чтобы получить нужную форму, соответствующую исходному изделию, цилиндр необходимо изменить. Это возможно в режиме редактирования объектов «Edit Mode». Для быстрого переключения между режимами взаимодействия с объектами необходимо нажать клавишу «Tab». А для удобства редактирования стоит изолировать объект, применив нажатие клавиши «/». Результат выполнения данных операций представлен на рисунке 10.

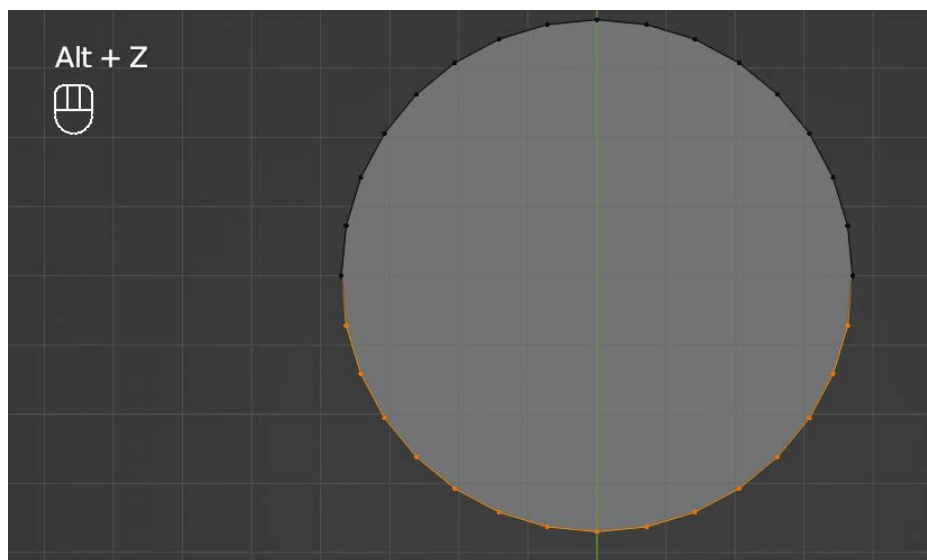


Рисунок 11 – Удаление нижней части цилиндра

Исходная форма подразумевает, что с двух сторон располагается по половине цилиндра, для этого в режиме редактирования необходимо удалить нижнюю половину объекта. Для удобства взаимодействия предстоит перейти на вид сверху, для этого на дополнительной клавиатуре нажимается клавиша «7», и включить режим полупрозрачности сочетанием клавиш «Alt + Z». Затем прямоугольной областью выделяется нижняя часть цилиндра, для дальнейшего удаления.

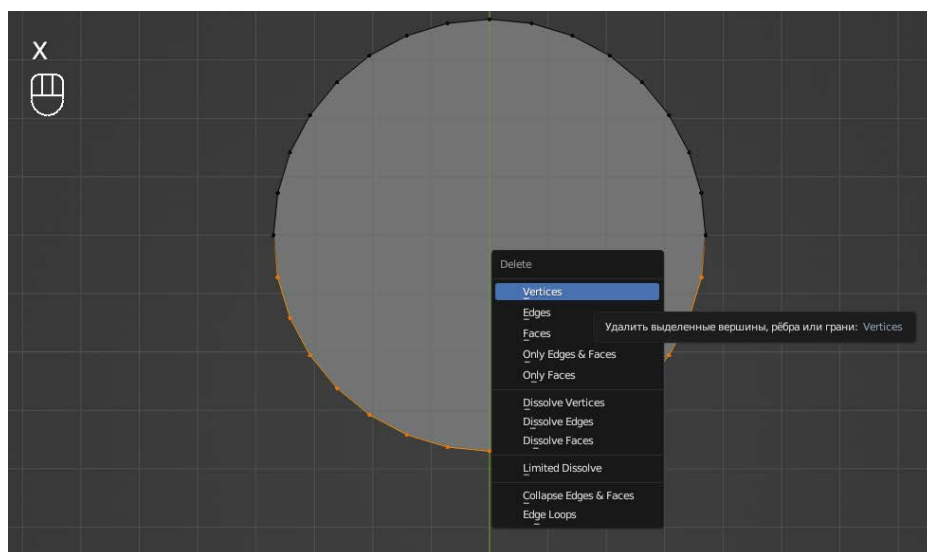


Рисунок 12 – Удаление точек

При удалении ненужной части цилиндра предстоит воспользоваться клавишей «X» и в контекстном меню выбрать «Vertices». В этом случае будут удалены все полигоны и точки, граничащие с выбранной областью, рисунок 12.

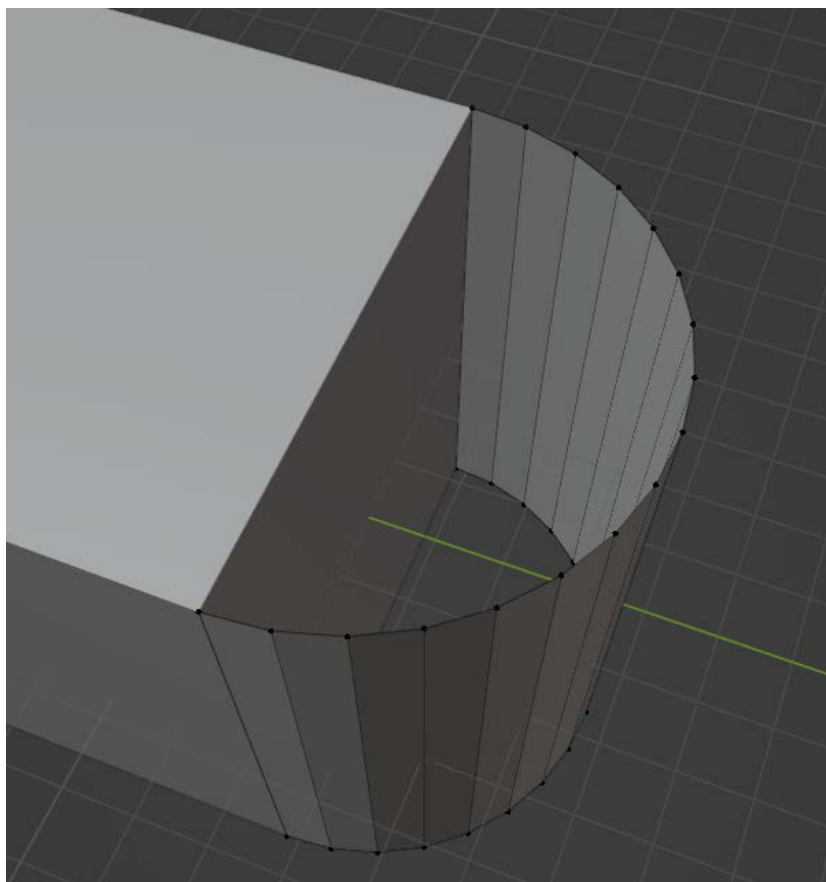


Рисунок 13 – Результат формообразования

В результате удаления ненужных вершин образуется половина цилиндра, которую в дальнейшем предстоит присоединить к исходной форме измененного куба (рис. 13). После выполнения процедур по преобразованию цилиндра нужно вернуться к остальным объектам, для этого снова нажимается клавиша «/».

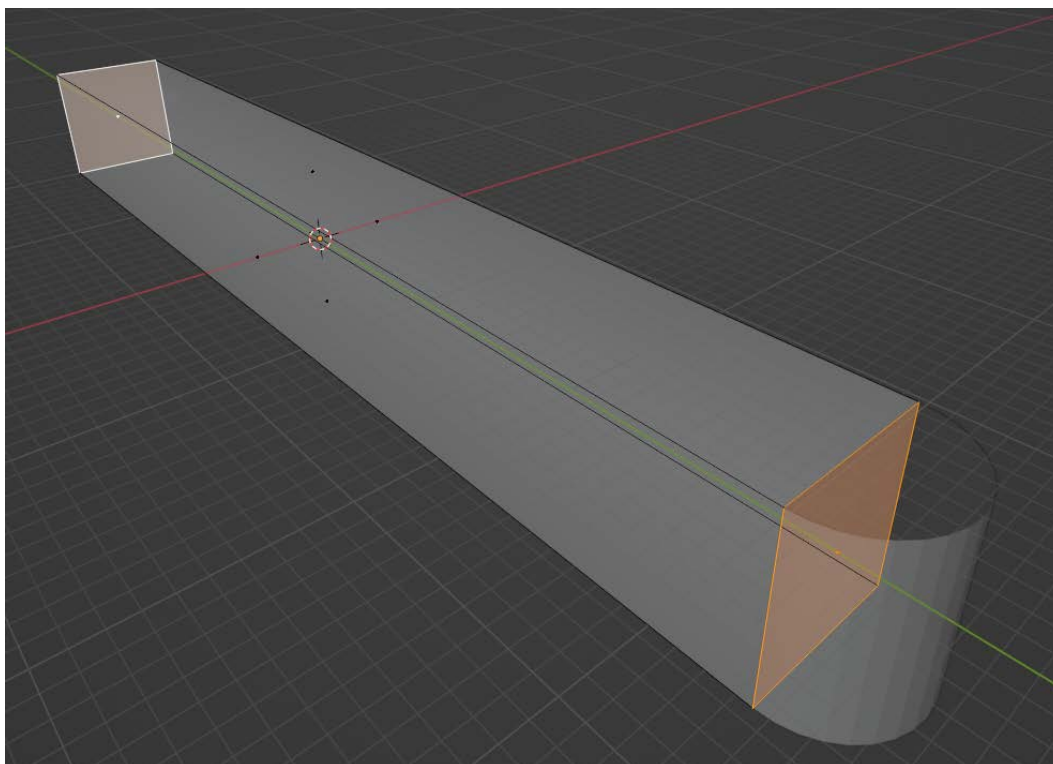


Рисунок 14 – Редактирование куба

После того, как редактирование цилиндра завершено, наступает очередь куба. В режиме редактирования необходимо выделить и удалить боковые полигоны, в том месте, где прилегает половина цилиндра, как показано на рисунке 14. Для удобства также можно использовать режим полупрозрачности. В отличие от удаления точек, как в итерации с цилиндром, у куба нужно удалить только «Faces».

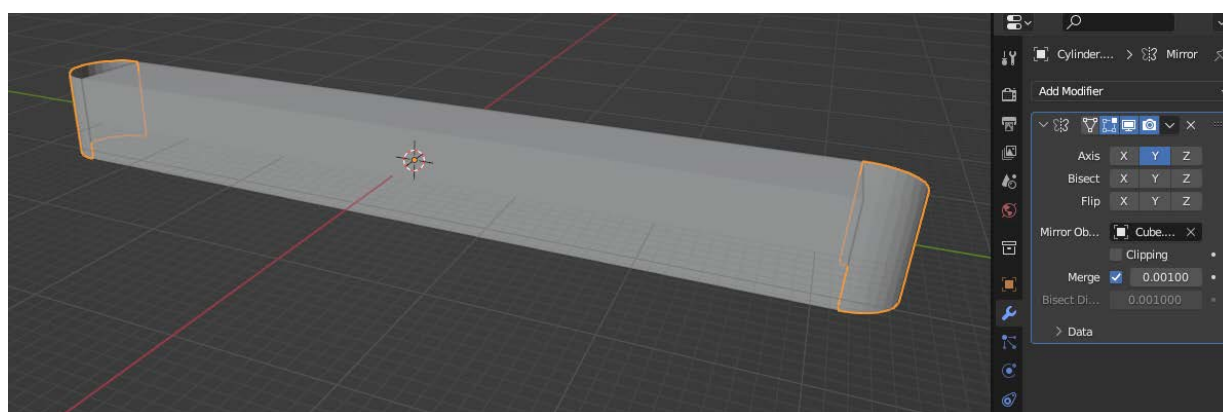


Рисунок 15 – Применение модификатора

Исходное изделие с обеих сторон имеет форму половины цилиндра, можно создать новый цилиндр и повторить предыдущие итерации, можно создать дубликат имеющейся части цилиндра, развернуть ее и переместить в нужное положение, а можно воспользоваться модификатором «Зеркало», который позволит создать идентичную часть цилиндра в нужном месте. Для создания данного модификатора необходимо на панели инструментов в правом нижнем

углу найти гаечный ключ и раскрыть список доступных модификаторов, щелкнув на «Add Modifier». В раскрывшемся списке найти модификатор «Mirror», который находится в столбце «Generate». Затем в созданном модификаторе необходимо произвести настройки. Первоначально нужно задать положение по оси Y в пункте «Axis», как показано на рисунке 15. Потом для достижения нужного результата предстоит с помощью пипетки, находящейся в пункте «Mirror Object», указать созданный ранее куб, после чего половина цилиндра образуется на противоположной стороне куба.

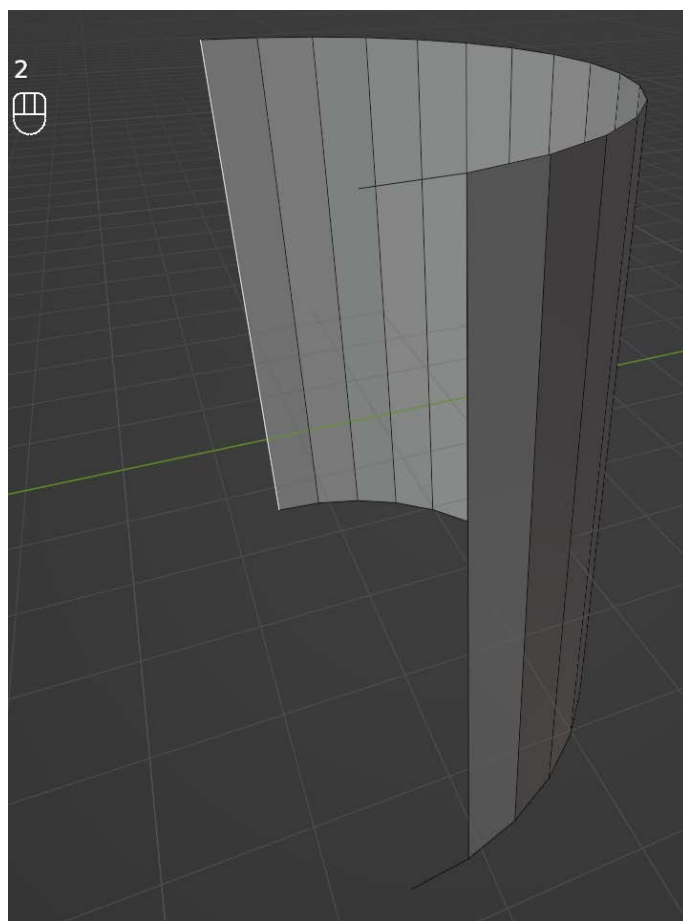


Рисунок 16 – Редактирование половины цилиндра

Перед тем, как применить модификатор, стоит немного отредактировать форму объекта. Для этого в режиме редактирования предстоит удалить два передних ребра, которыми половина цилиндра будет прилегать к кубу. Для перехода в режим выделения ребер стоит нажать цифру «2» или выбрать соответствующий режим редактирования. Стоит отметить, что удалять нужно «Edges».

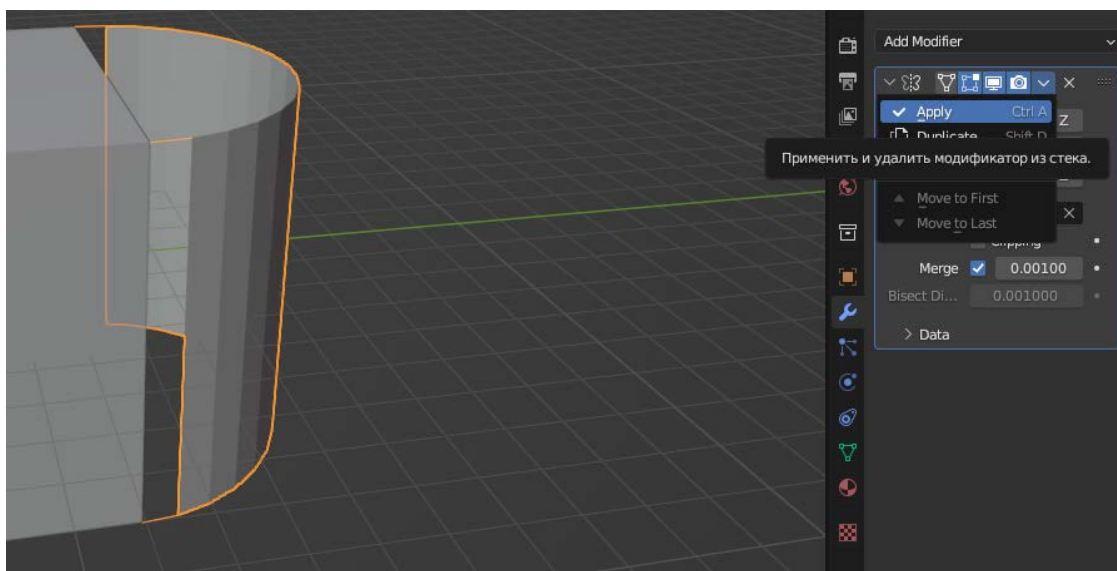


Рисунок 17 – Применение модификатора

Исходный объект представляет собой единую деталь, следовательно, в дальнейшем предстоит объединить все объекты и получить нужную форму. Первым шагом на этом пути является применение модификатора зеркала, использованного для создания симметричной части половины цилиндра. Это можно сделать следующим образом: в настройках данного модификатора нужно нажать стрелку вниз и из выпадающего списка выбрать команду «Apply», что позволит применить данный модификатор, как показано на рисунке 17. При применении модификатора появляется возможность редактировать каждую часть отдельно.

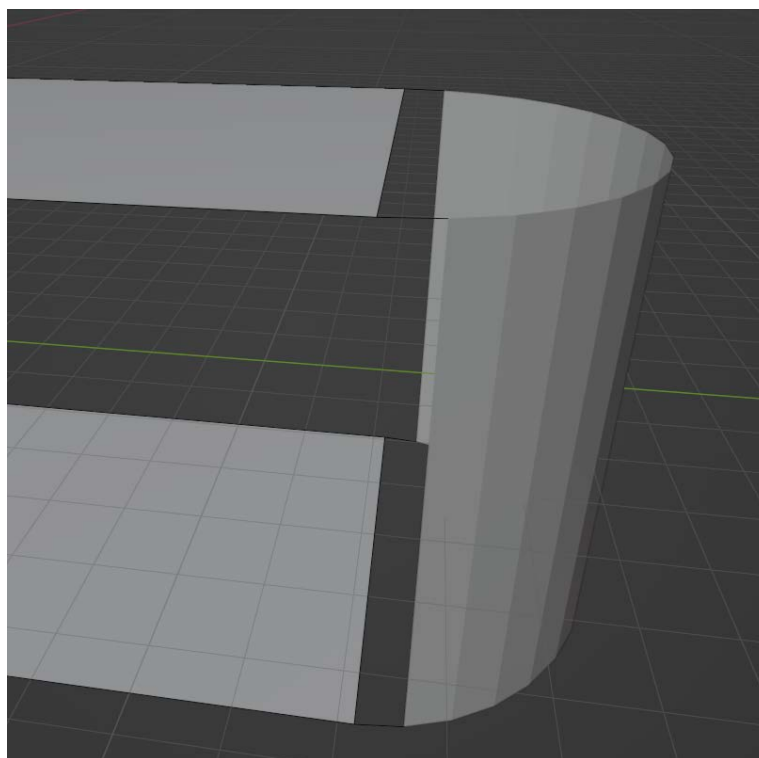


Рисунок 18 – Удаление ребер куба

Аналогично удалению ребер у половины цилиндра необходимо удалить ребра куба с каждой стороны, с которой будет находиться половина цилиндра. В дальнейшем будет создана общая сетка.

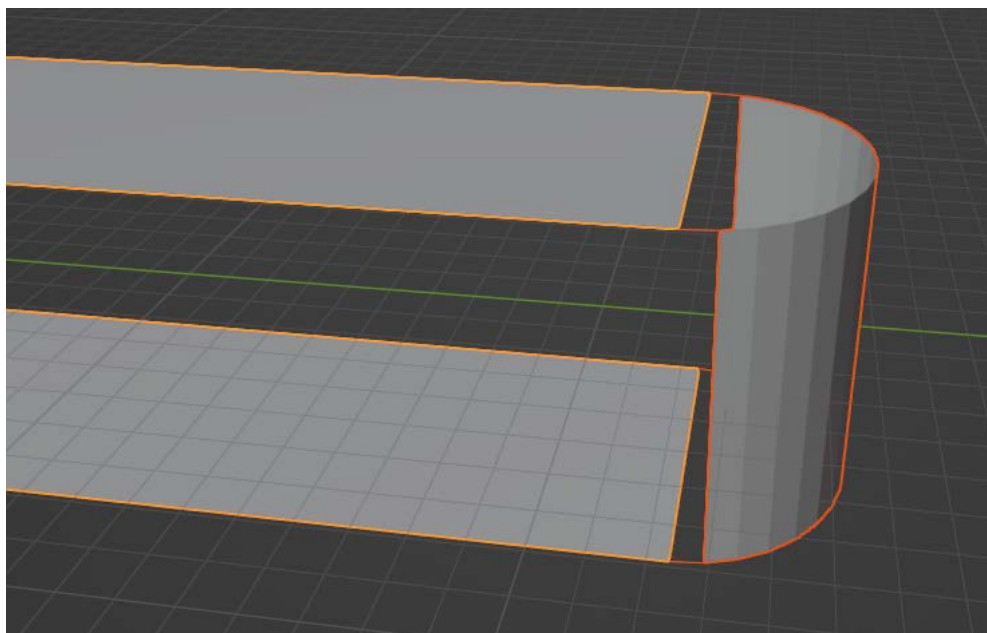


Рисунок 19 – Объединение объектов

Для объединения нескольких объектов в единую фигуру их нужно последовательно выделить. Тот объект, который горит светло-оранжевым, будет ведущим, т.е. к нему присоединится другой объект, как показано на рисунке 19.

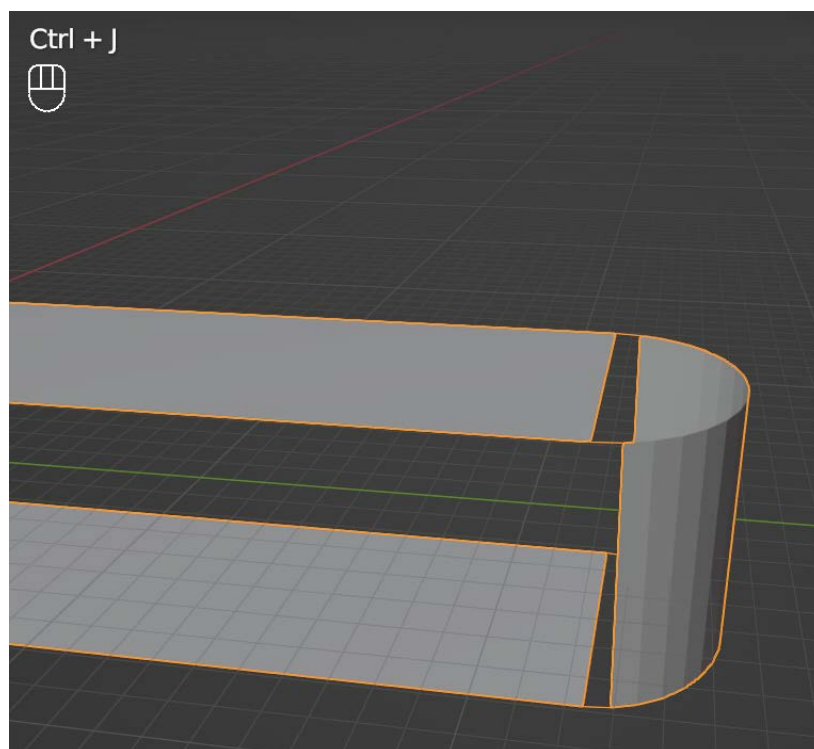


Рисунок 20 – Объединение объектов в один

Процедурное объединение объектов возможно при использовании комбинации клавиш «Ctrl + J». Результат такого объединения показан на рисунке 20.

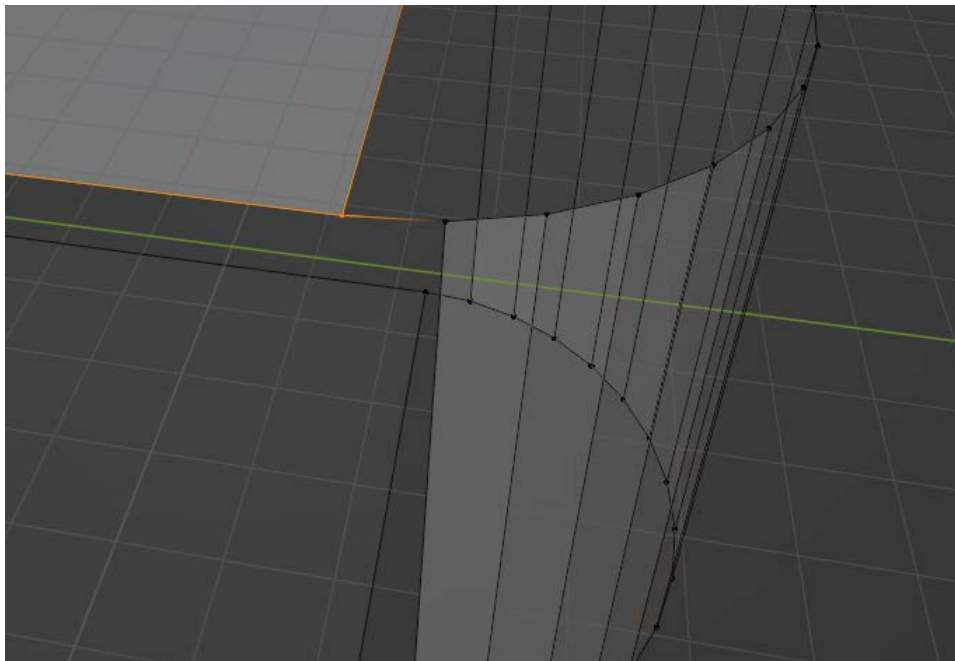


Рисунок 21 – Объединение вершин

В режиме полупрозрачности предстоит выделить и в дальнейшем объединить вершины соприкосновения плоскостей, которые остались от куба и вершин, принадлежащих половине цилиндра. До того, как вершины будут объединены, в каждой такой точке находится по 2 точки, т.е. происходит наложение точек фигур.

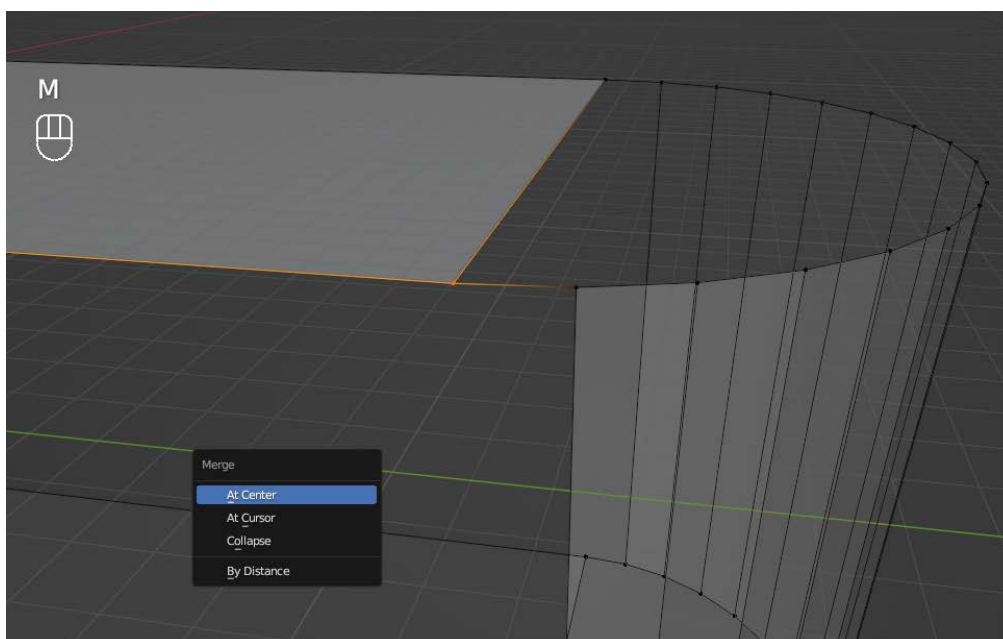


Рисунок 22 – Процесс объединения вершин

Для того, чтобы успешно объединить точки, предстоит нажать клавиш «М», и из контекстного меню выбрать команду «At Center», как показано на рисунке 22. Подобную операцию необходимо повторить 4 раза, т.е. для каждой вершины.

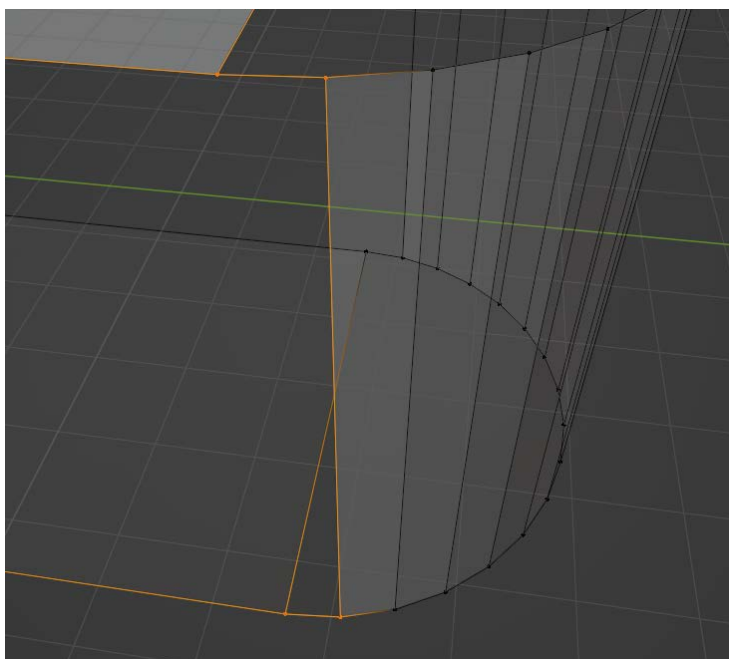


Рисунок 23 – Создание полигонов

После того, как фигуры имеют общие точки соприкосновения, предстоит восстановить форму, а именно создать новые полигоны в пустых местах. Для этого, находясь в режиме редактирования, предстоит выделить необходимые точки, пример выделения группы для создания полигона представлен на рисунке 23.

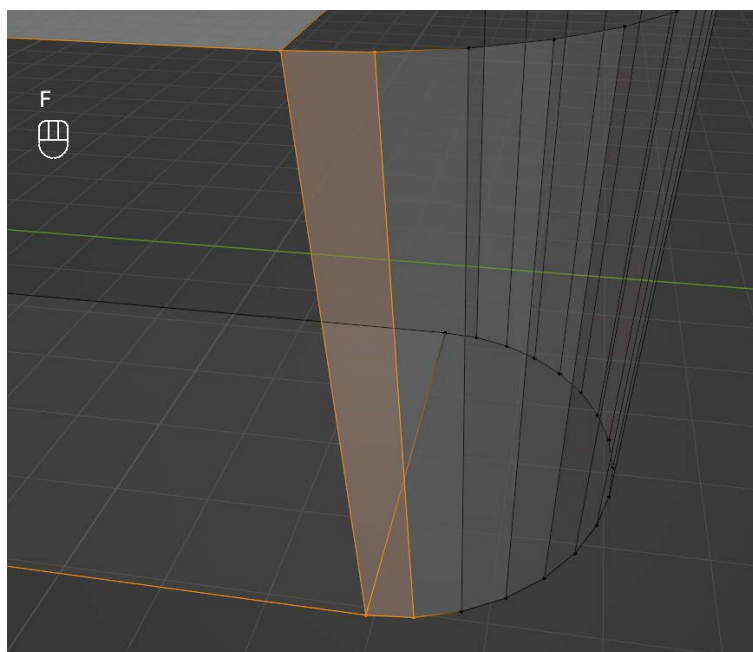


Рисунок 24 – Создание полигональной сетки

Создание полигонов по выделенным точкам происходит путем нажатия клавиши «F» на клавиатуре, после чего программа автоматически создает связь между указанными точками. На рисунке 24 показан результат создания полигона по точкам. Аналогичная операция продлевается с каждой стороны модели.

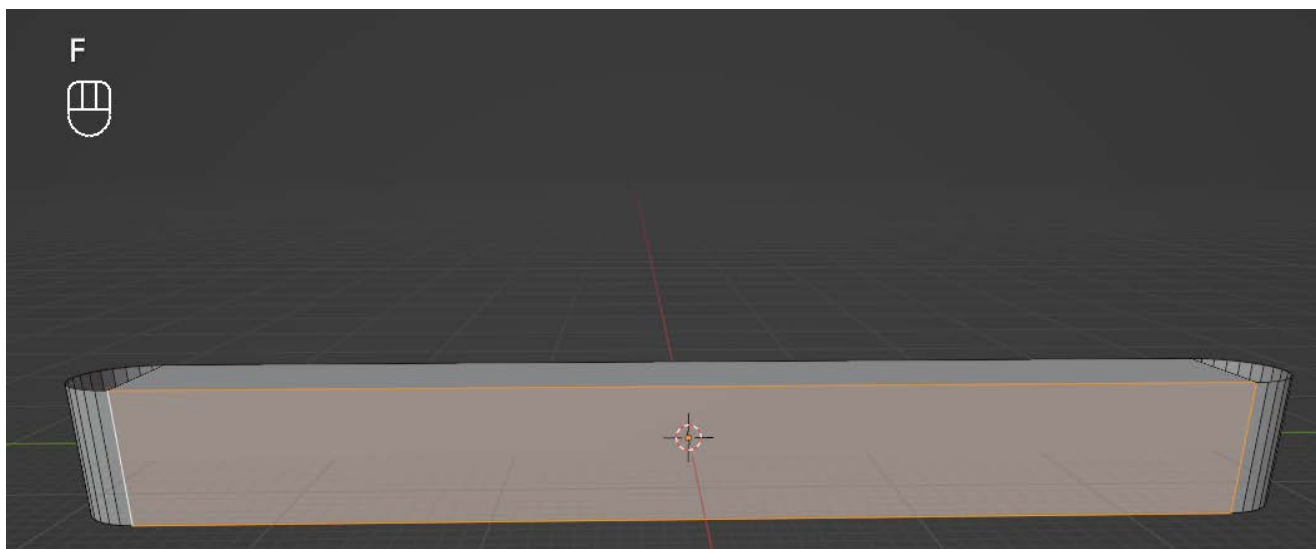


Рисунок 25 – Создание боковых полигонов

После создания полигонов у половин цилиндра, которые граничат с кубом, предстоит создать боковые грани куба. Для этого в режиме редактирования нужно нажать цифру «2» на клавиатуре или выбрать соответствующий режим выделения ребер «Edge» на панели инструментов, которая располагается в левом верхнем углу. Выделив все четыре ребра, аналогичным образом необходимо создать грань. Результат представлен на рисунке 25. Создав первую боковую сторону, аналогичным образом нужно создать вторую с другой стороны объекта.

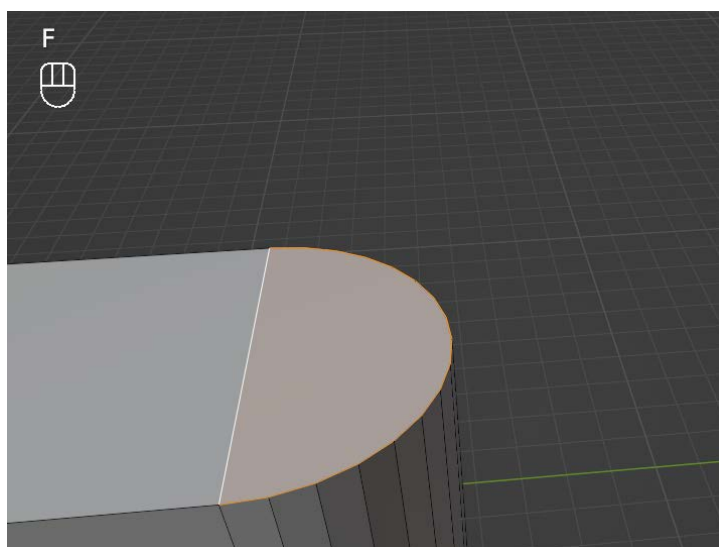


Рисунок 26 – Создание полигонов на открытых частях половины цилиндра

Аналогично предыдущей итерации создаются полигоны на незакрытых частях цилиндра, контур такого полигона представлен на рисунке 26. Данную

операцию предстоит проделать четыре раза, с каждой из сторон детали. Для ускорения процесса выделения можно воспользоваться комбинацией клавиш «Shift + Ctrl + Numpad +».

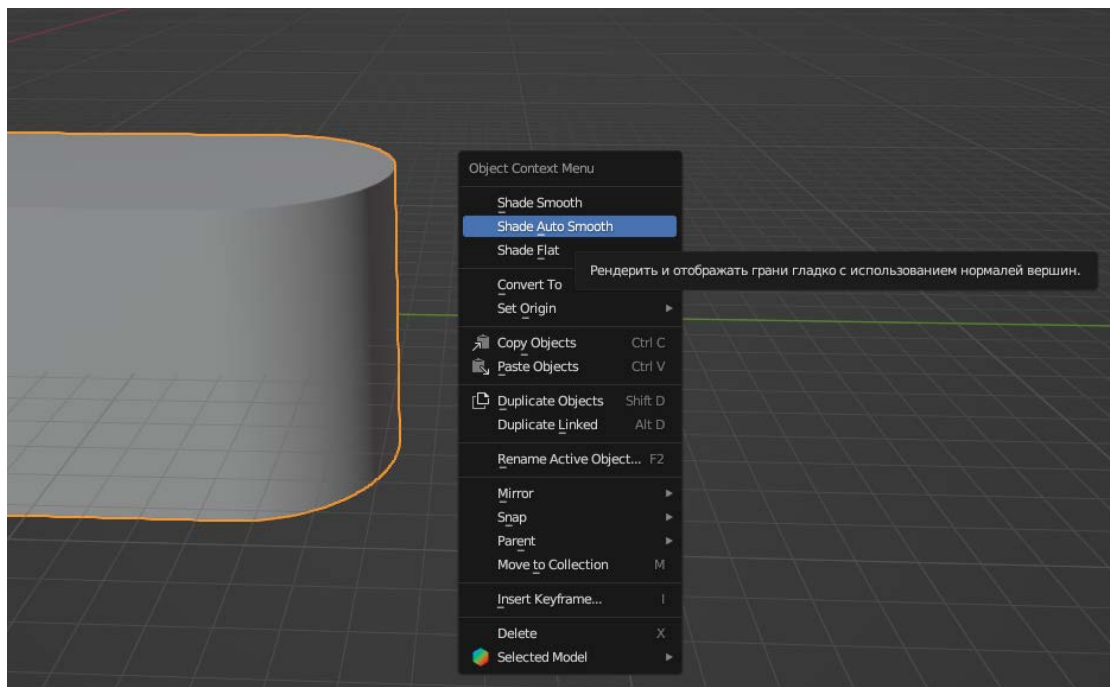


Рисунок 27 – Создание гладкой формы

Завершив создание полигонов на открытых участках детали, предстоит вернуться в режим «Object Mode», выбрать деталь и нажать в любое место пространства правой клавишей мыши. В открывшемся контекстном меню нужно выбрать «Shade Auto Smooth», данный режим позволит сгладить шероховатости объекта, но при этом оставит четкие линии формы. Результат выполнения команды представлен на рисунке 27.

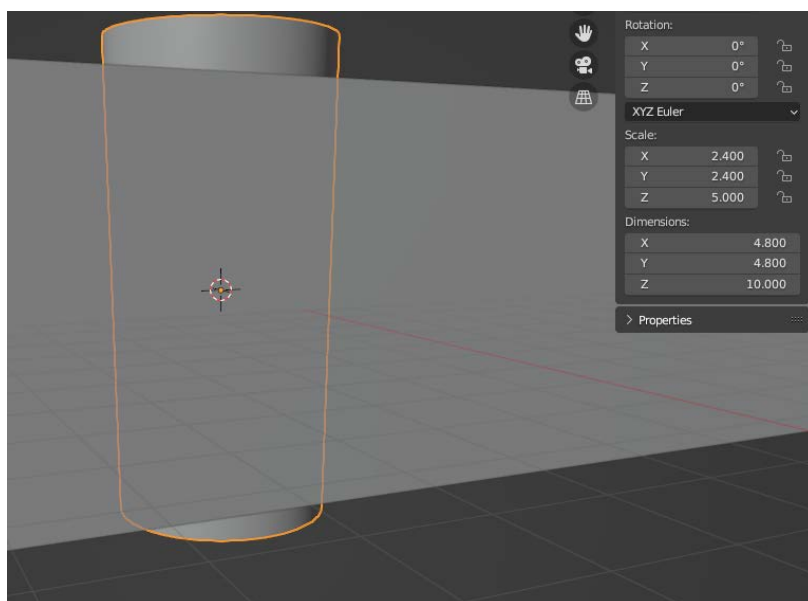


Рисунок 28 – Создание цилиндров

Самым простым и быстрым способом создания отверстий является создание дополнительных цилиндров. Именно такой способ в дальнейшем позволит получить нужную геометрию. Размеры цилиндра по оси ОХ и ОУ соответствуют чертежу на рисунке 2. Высота берется произвольной, но важно, чтобы значение было больше или равно значению высоты детали. Создание такого цилиндра представлено на рисунке 28. К этому цилиндру также применяется автоматическое сглаживание, как показано на рисунке 27. Это выполняется для получения гладкой формы отверстий в финальном изделии. К цилиндру также применяются все трансформации, как показано на рисунке 7.

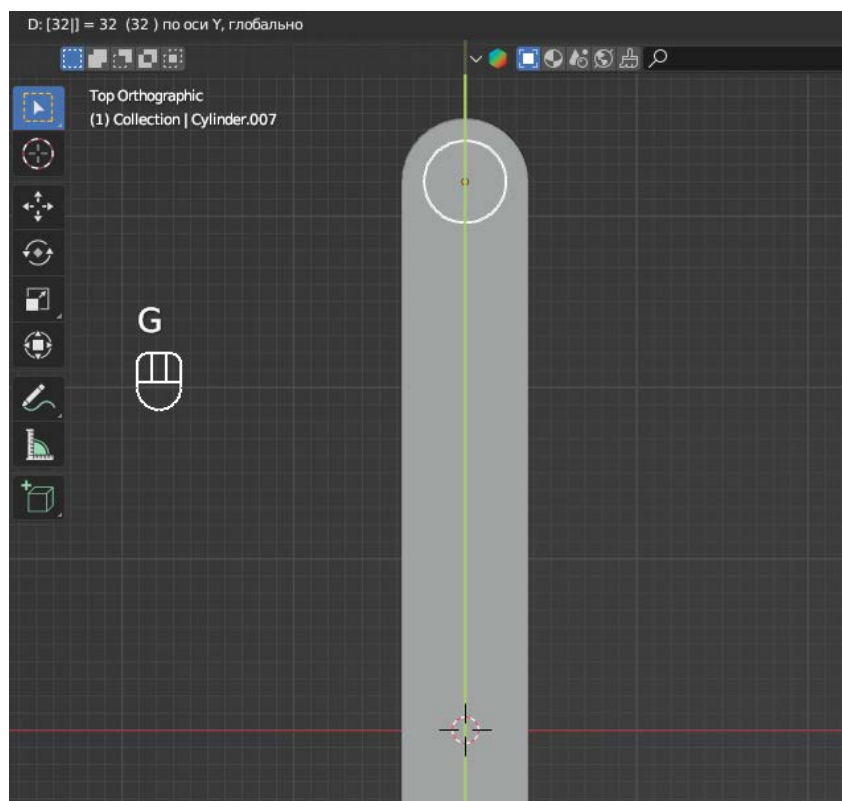


Рисунок 29 – Перемещение цилиндра

Созданный цилиндр необходимо переместить в место, предназначенное для сквозного отверстия. Для перемещения вновь используется клавиша «G» и выбирается ось ОУ. Цилиндр перемещается на нужное расстояние равное 32, т.к. весь куб имел значение 64.

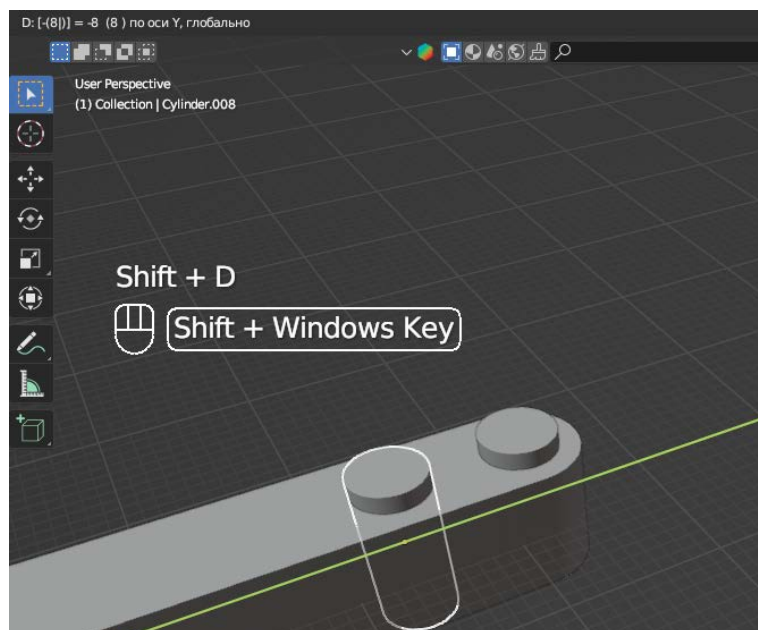


Рисунок 30 – Создание дубликата цилиндра

В изделии должно быть 9 отверстий, следовательно, необходимо создать такое же количество цилиндров. Для того, чтобы избежать повторения действий и ускорить процесс создания нужного изделия, предстоит воспользоваться функцией, позволяющей создавать дубликат объекта с такими же свойствами и в том же месте. Перед тем, как создать дубликат, нужно выделить объект, он будет подсвечиваться оранжевым цветом. После выделения объекта нужно нажать комбинацию клавиш «Shift + D» и уже новый объект, который автоматически становится выделенным, предстоит переместить в место расположения следующего отверстия, как показано на рисунке 30. Шаг расположения отверстий равен 8. Данную операцию предстоит повторять до тех пор, пока не будет создано 9 цилиндров.

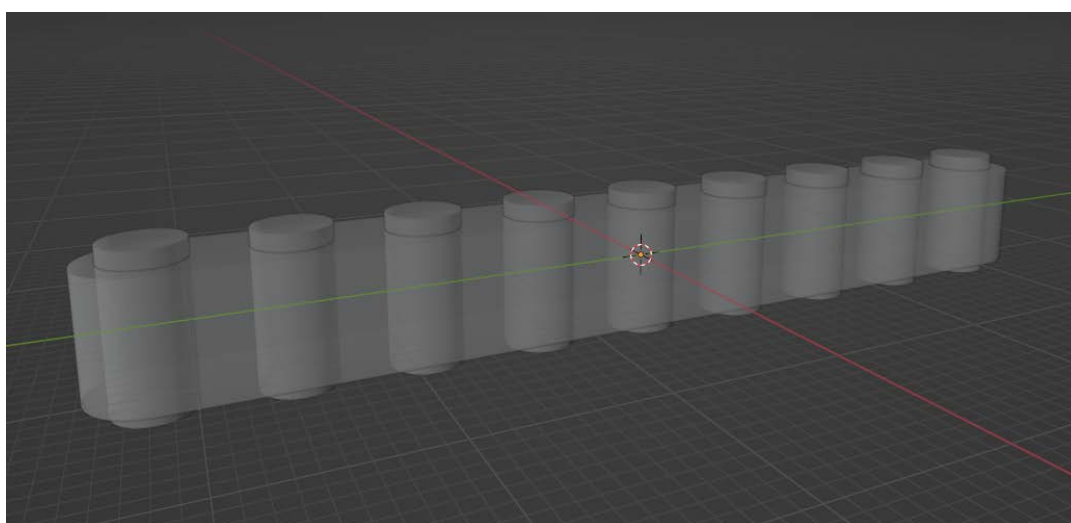


Рисунок 31 – Результат создания цилиндров

В результате процедурного создания цилиндров получается объект, представленный на рисунке 31. После того, как все цилиндры стоят на своих местах, необходимо воспользоваться логическим оператором, который отвечает за вычитание одного объекта из другого.

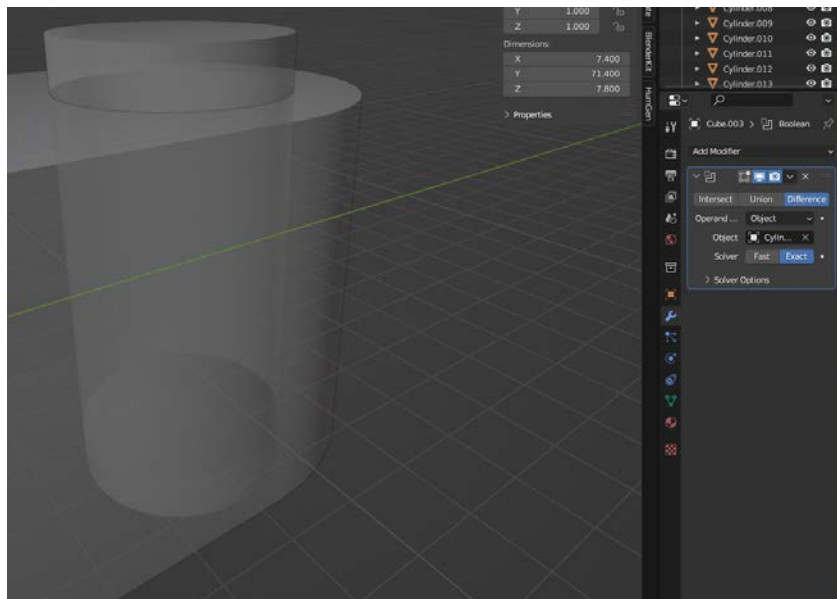


Рисунок 32 – Вычитание объектов

Перед применением модификатора вычитания для объектов необходимо раскрыть панель модификаторов, которая находится на панели инструментов справа и имеет вид гаечного ключа. Это модификатор не к цилиндру, а к образованной форме изделия. Для корректного выполнения функций логического оператора необходимо выбрать вкладку «Difference», а в качестве объекта выбрать первый из цилиндров.

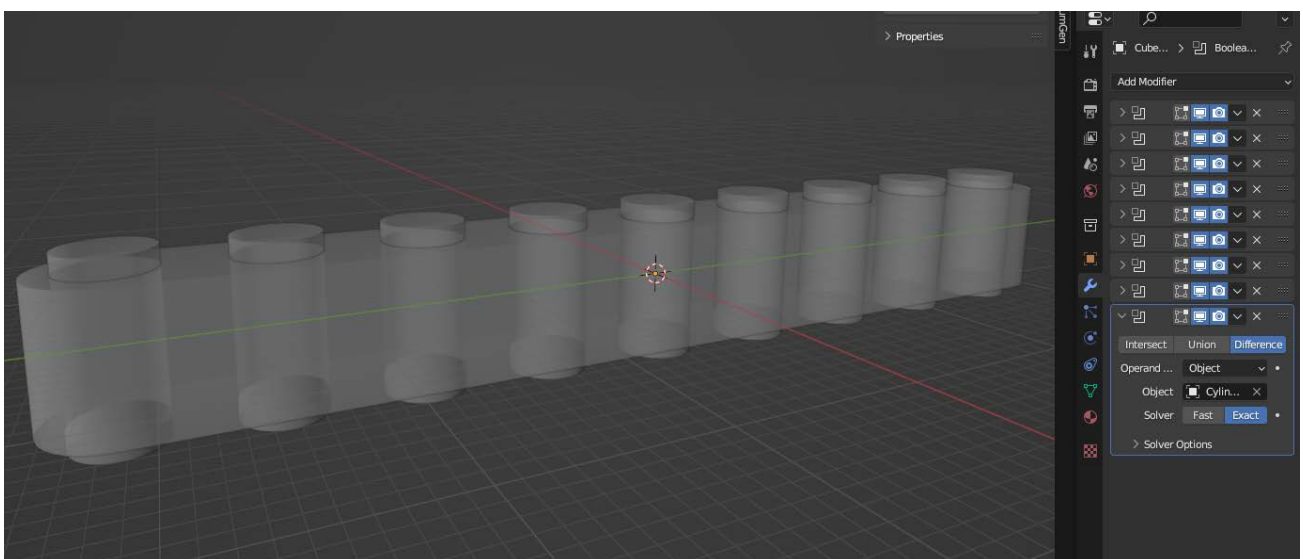


Рисунок 33 – Вычитание всех цилиндров

Для одного объекта можно применить неограниченное количество модификаторов. Главное потом не забыть применить все в нужной последовательности, от первого до последнего. На рисунке 33 демонстрируется процесс применения модификаторов в одном объекту.

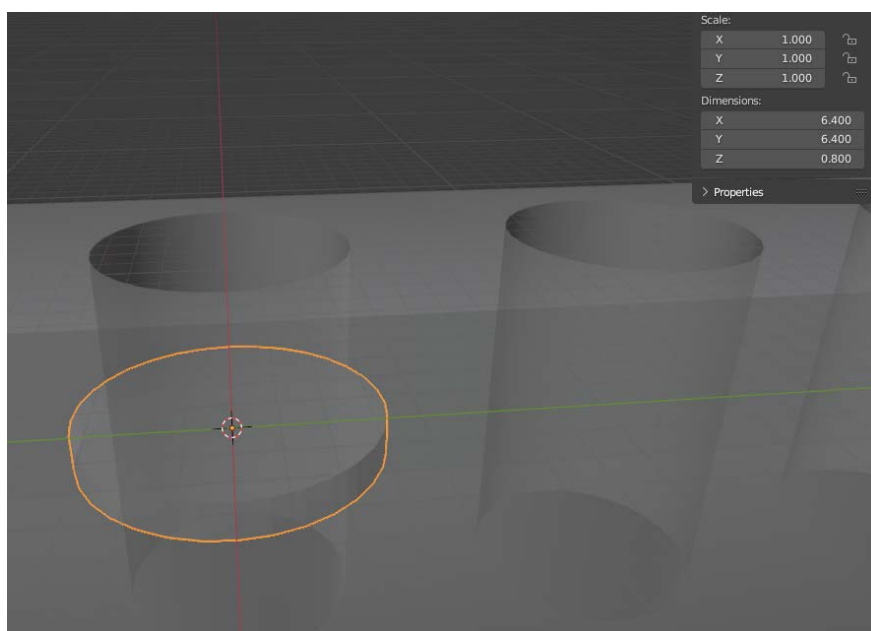


Рисунок 34 – Создание цилиндра большего диаметра и малой высоты

В каждом отверстии предстоит создать небольшое углубление для удобства дальнейшей стыковки объектов. Для этого необходимо создать цилиндр диаметром 6,4 и высотой 0,8, как показано на рисунке 34. После этого цилиндры размещаются над каждым отверстием и к исходному объекту снова применяются логические операторы вычитания.

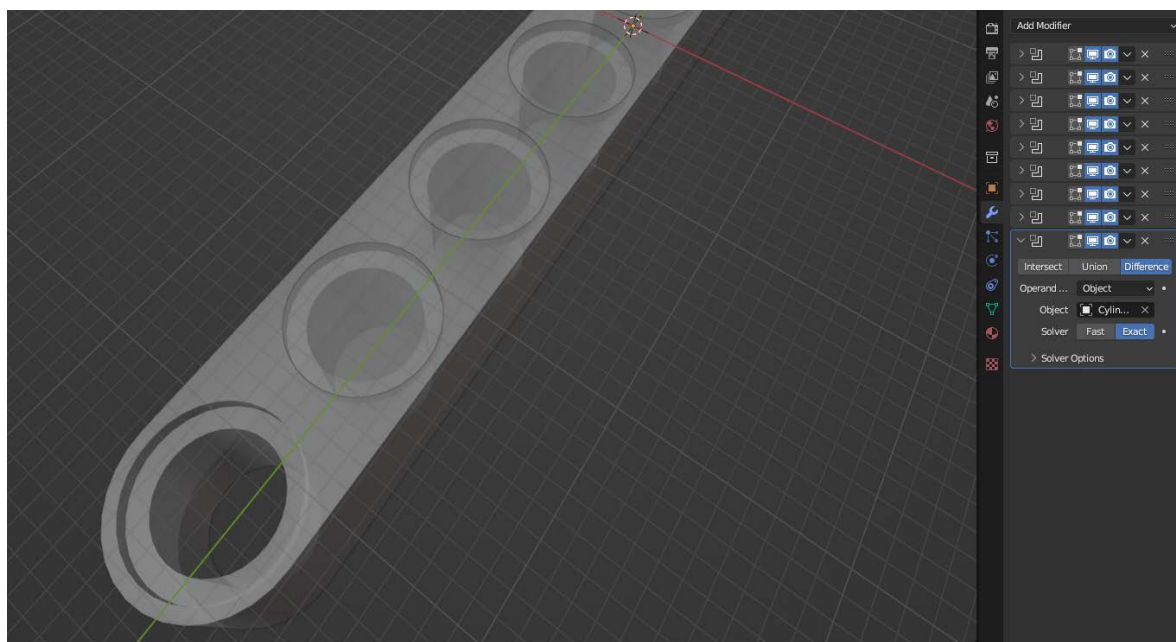


Рисунок 35 – Создание углублений

Каждый из плоских цилиндров поднят вверх на 3,5 единицы, а первый сдвинут на 32 по оси ОУ. Затем применено логическое вычитание, результат можно видеть на первом отверстии (рис. 35). Такая же последовательность проделывается и с другой стороны объекта.

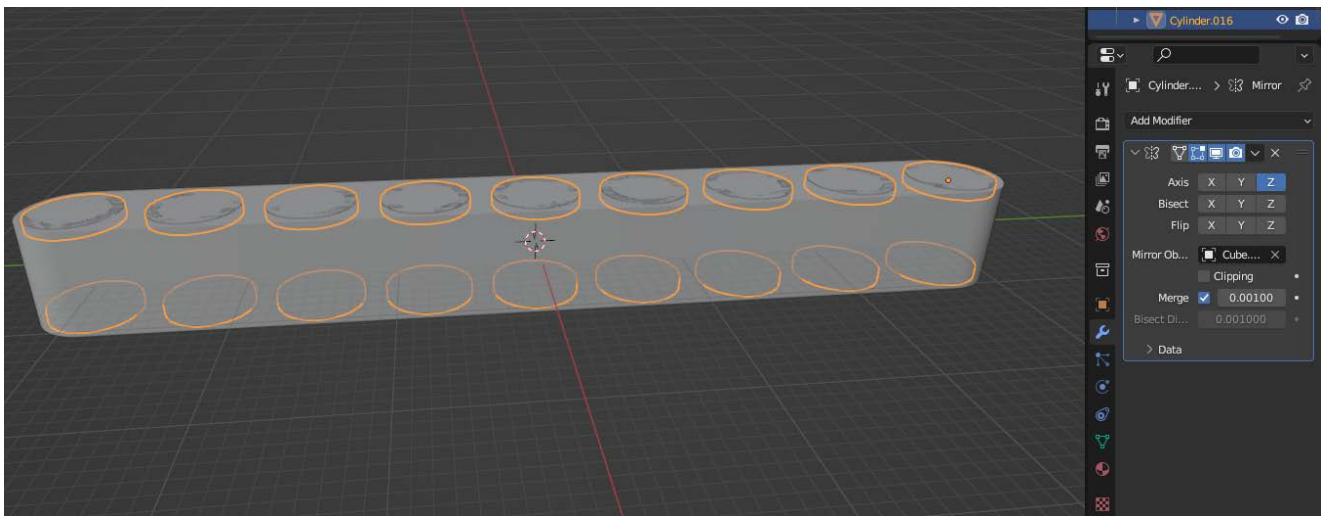


Рисунок 36 – Создание углублений, другой вариант

Другим способом создания углублений может служить предварительное объединение всех цилиндров в единый объект. К уже объединенному объекту применяется модификатор зеркального отражения, в качестве объекта выбирается исходная деталь, как показано на рисунке 36.

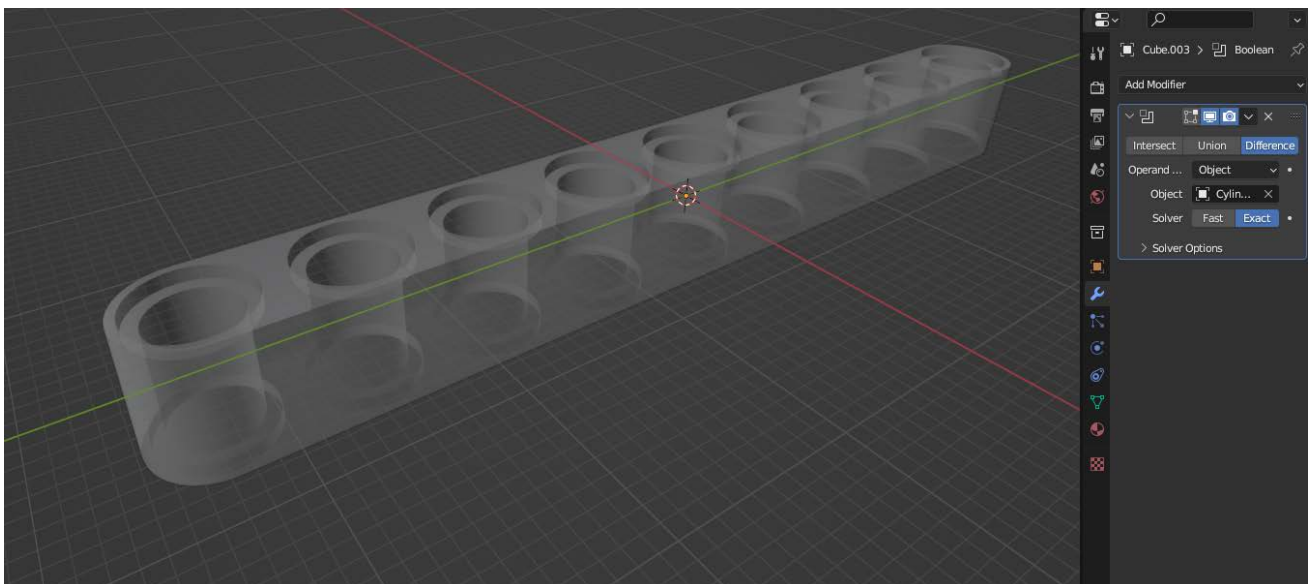


Рисунок 37 – Применение логического вычитания

Финальной итерацией является применение логического вычитания для всех цилиндров касательно исходной модели, финальный результат можно наблюдать на рисунке 37. После всего вышеперечисленного необходимо

применить все модификаторы для этого объекта и удалить все другие элементы со сцены, чтобы они не выводились на печать, при этом форма объекта не должна измениться. Если это произошло, значит какой-то из модификаторов не был применен.

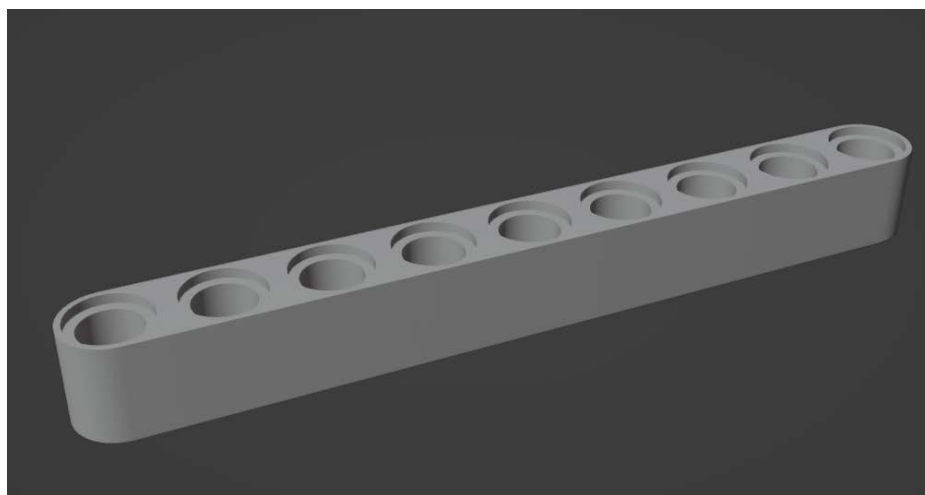


Рисунок 38 – Готовая трехмерная модель

На рис. 38 представлена законченная трехмерная модель исходной детали, которую в дальнейшем можно конвертировать в нужный формат файла и отправить на печать.

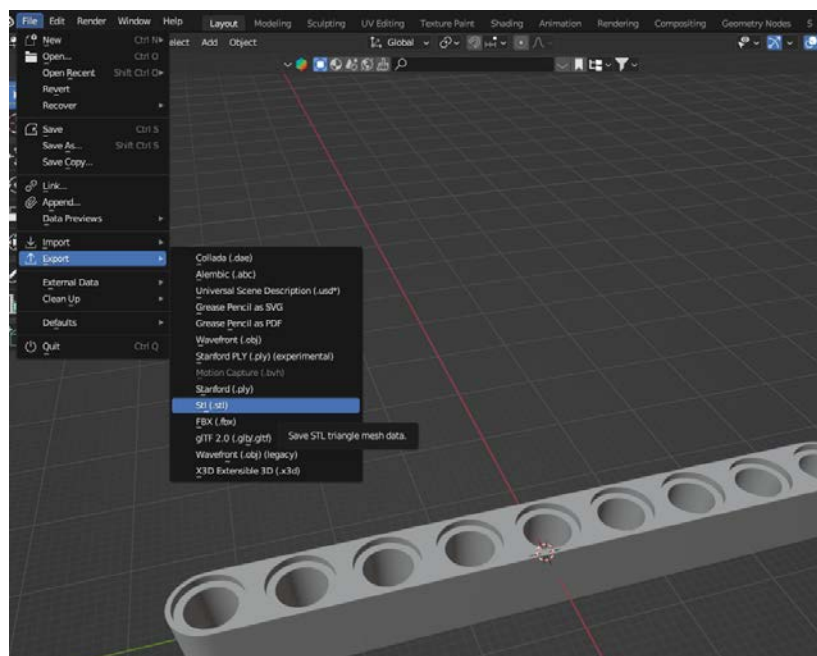


Рисунок 39 – Конвертация объекта в формат для трехмерной печати

Для перенесения трехмерной модели в 3D-принтер необходимо экспортировать созданный объект в «STL» формат. Для этого в меню нужно найти вкладку «File», там найти «Export» и выбрать нужный для печати формат (рис. 39).

РАЗДЕЛ 2. ЗНАКОМСТВО С ИНТЕРФЕЙСОМ ПРОГРАММЫ CURA. НАСТРОЙКА 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ ПЕЧАТИ

В этом разделе предстоит ознакомиться с некоторыми 3D-принтерами и программным обеспечением, позволяющим изготавливать 3D-модели.

2.1. 3D-принтер Anet A8



Рисунок 40 – Внешний вид принтера

Краткие характеристики:

- кол-во экструдеров: **1**;
- область построения (мм):**220x220x240**;
- толщина слоя: **100 микрон**;
- толщина нити: **1,75 мм**;
- расходные материалы: **ABS, PLA, HIPS, нейлон**;
- платформа: **с подогревом**.



Рисунок 41 – Рабочее информационное меню

Рассмотрим показатели на дисплее: Верхняя строчка показывает некоторые цифры, например, такие 169.0/190 и 49/50. Это индикация температур принтера.

Первая – 169.0/190 – означает текущую температуру экструдера и заданную температуру печати.

Вторая – 49/50 – означает текущую температуру стола, однако из-за большей площади поверхности температура стола может незначительно отличаться от температуры экструдера.

Строчка ниже Z: 0.00 Buf: 0. Первое значение – это положение экструдера по оси Z. В данный момент у принтера нет информации о том, где именно в пространстве находится сопло, поэтому дисплей показывает 0.00. Buf : 0 – это показания занятости буфера памяти. Обычно во время печати значение меняется от 0 до 16.

Третья строчка Mul:100 Flow:100. Первое значение – это процентное соотношение скорости подачи прутка. Второе значение – это процентное соотношение скорости печати. Оба значения показывают 100% – это значит, что принтер будет выполнять все команды, поступающие из GCODE, со 100% точностью. При желании эти показатели можно изменить.

Четвертая строчка гласит «Idle», что значит принтер готов к работе. В зависимости от ситуации строчка может меняться на другие надписи, оповещающая об исполнении операции.

2.1.1. Процесс установки филамента для 3D-принтера Anet A8

Для правильной установки пластиковой нити в экструдер достаточно соблюдать ряд условий. Для начала нужно определиться, каким пластиком будет произведена печать. Это нужно для определения температуры, до которой нужно нагреть сопло.

Для каждого пластика температура плавления своя. Рассмотрим PLA пластик. Температура плавления данного пластика находится в диапазоне от 185 до 220 градусов.

Установим приблизительно среднюю температуру в 210 градусов. Для этого нужно войти в меню принтера нажатием на центральную кнопку джойстика. Нам нужен пункт «Extruder». Выбираем данный пункт нажатием на правую кнопку. Перед нами две строчки «Bed Temp.: 0C» и «Temp. 0: 0C», Первая строчка отвечает за температуру стола, вторая за температуру экструдера. Соответственно нам нужна вторая. Выбираем вторую строчку нажатием на правую кнопку джойстика. Квадратик напротив строчки станет закрашенным. Это означает, что мы перешли в режим настройки температуры. Теперь нажатием на верхнюю кнопку мы поднимаем температуру до нужных 190 градусов.



Рисунок 42 – Меню установки температуры

Теперь, пока экструдер нагревается, нужно подготовить сам пластик. В наборе с принтером идут кусачки. С помощью этого инструмента нужно обрезать пластиковую нить под острым углом, так, чтобы получилась импровизированная игла. Эта операция позволит нити свободно пройти по каналу термобарьера до зоны расплавления и затем в сопло. Для того чтобы нить проще вставлялась в направляющее отверстие, небольшой ее участок, лучше аккуратно распрямить пальцами, до такой степени, чтобы нить стала приблизительно прямой.

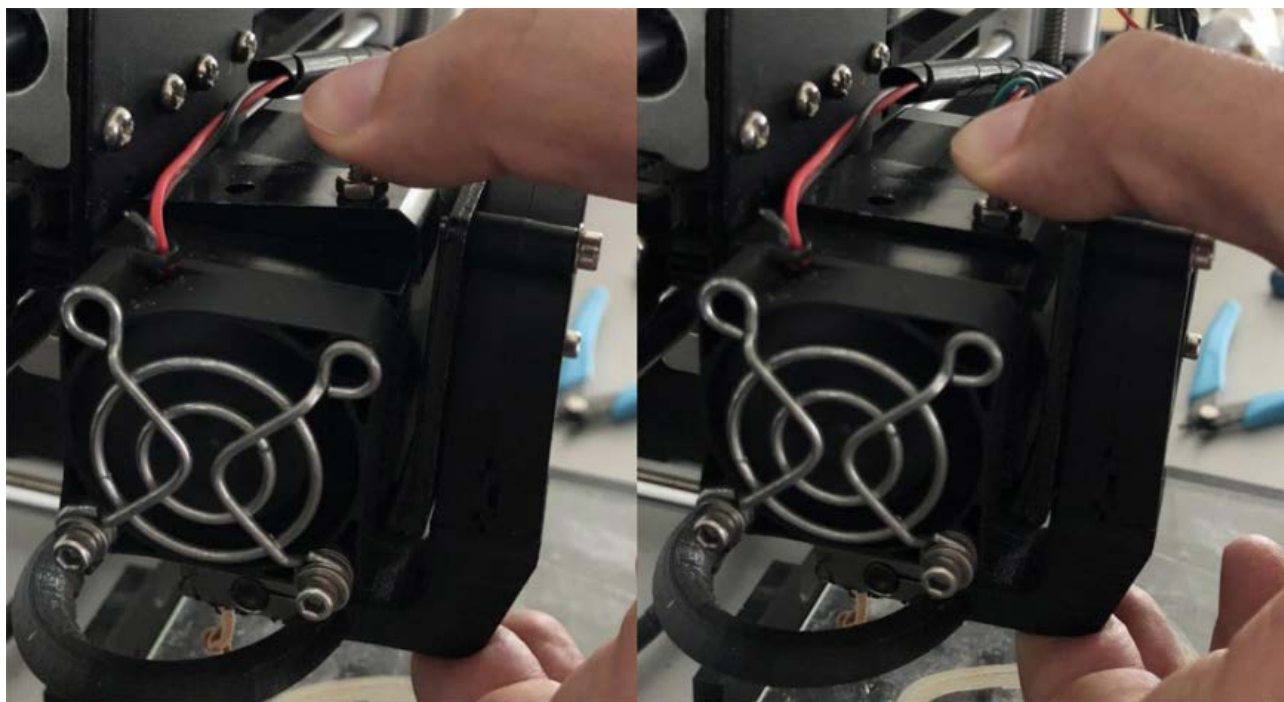


Рисунок 43 – Нажатие пружины для подачи филамента

Чтобы правильно вставить нить в экструдер, следует надавить на крепление со стороны пружины. Прижимной подшипник уйдёт в сторону. Затем нужно вставить нить в верхнее отверстие в креплении, провести между зубчатой шестерней и прижимным подшипником, и протолкнуть дальше, стараясь попасть в канал термобарьера, до тех пор, пока из отверстия экструдера не появится расплав нити. После этого требуется отпустить крепление. Установка пластика завершена.

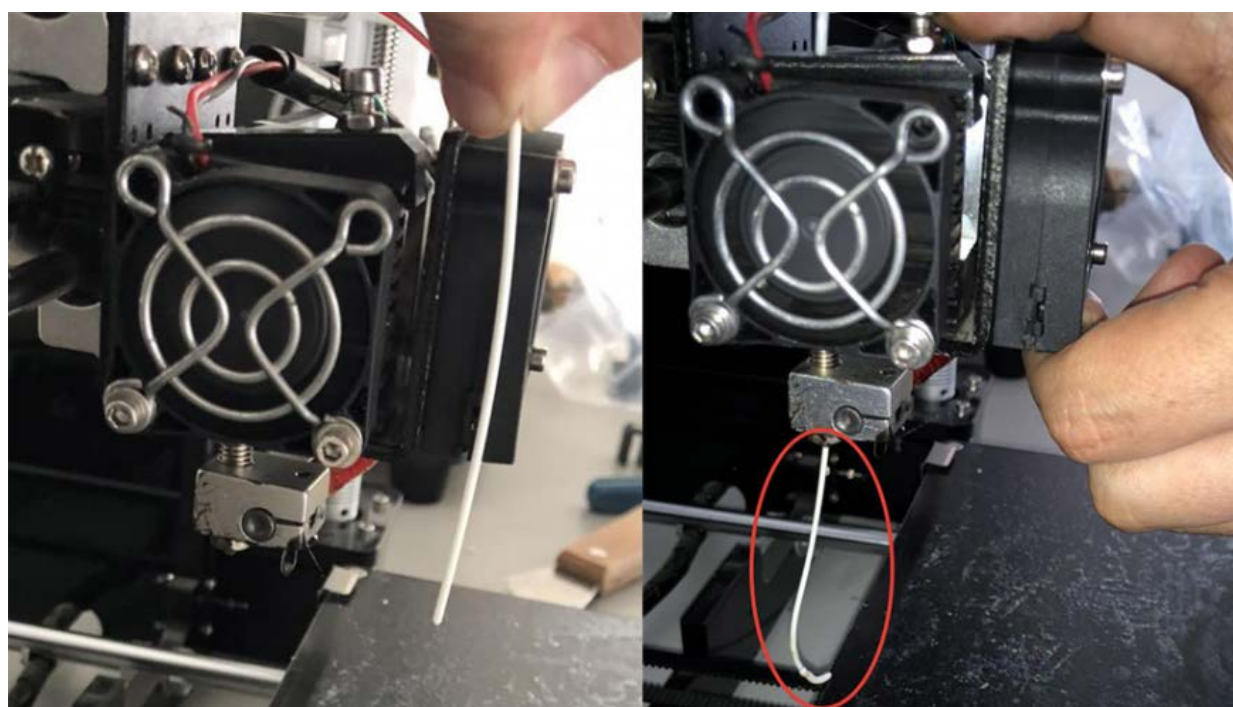


Рисунок 44 – Установка пластика

2.1.2. Выбор типа пластика для дальнейшей печати

Выбор пластика зависит от многих факторов. Здесь мы рассмотрим, какой пластик подойдет именно вам.

В первую очередь нужно определиться, есть ли у вас опыт в 3D-печати, это решающий фактор. Если нет, то конечно же вам понадобится пластик PLA. Этот пластик в первую очередь подойдет для начинающих 3D-печатников благодаря простоте использования. Он производится из растительного сырья и безопасен в использовании. У PLA практически нет усадки, он хорошо держится на рабочем столе принтера даже без подогрева, при печати этим пластиком не выделяются токсичные вещества, а готовая модель из PLA легко поддается механической обработке. Однако у этого пластика есть ряд минусов – готовую модель нельзя нагревать, при 50 градусах пластик размягчается и деформируется. Под воздействием ультрафиолета и окружающей среды PLA пластик структурно разрушается, и через некоторое время изделия из него приходят в негодность.

Для тех, кто уже имеет опыт в 3D-печати, не секрет что с ABS пластиком возникают некоторые трудности, и, перед тем как перейти на данный вид пластика, следует решить ряд проблем. Начнем с преимуществ – из ABS пластика хорошо печатать, например, шестерёнки, потому что ABS хорошо переносит механические нагрузки. Также ABS пластик показывает хорошую прочность на удар, растяжение и излом. Именно поэтому из ABS пластика производят корпуса для бытовой техники, детали автомобилей, корпуса аккумуляторов. Этот пластик очень легко обрабатывать как механически, так и химически. Отличным растворителем для ABS пластика является обычный ацетон. Модели, напечатанные из ABS пластика, долговечны и могут прослужить десятки лет. Так происходит из-за того, что наша атмосфера практически не оказывает влияния на ABS пластик, а вот долго держать модель из этого пластика на солнце не стоит.

А перейдем к недостаткам ABS пластика: Первый и главный из них – это токсичность при нагреве. Проблема в том, что производят ABS пластик из 3 мономеров, одним из которых является стирол. При обычных условиях пластик безопасен, потому что все его компоненты связаны и находятся в стабильном состоянии, однако стоит его нагреть – начинают выделяться токсичный стирол и ядовитый акрилонитрил. Поэтому нужно соблюдать технику безопасности при работе с этим пластиком.

Так же у ABS пластика происходит сильная деформация за счет усадки материала, поэтому печатать этим пластиком на холодном столе невозможно, да и простой нагрев до 100 градусов вряд ли поможет. Но и это ещё не все, из-за той же жуткой усадки ещё не допечатанная модель может трескаться из-за разницы температур между серединой модели, горячим столом и соплом.

Таким образом, печать ABS пластиком рекомендуется только в тех случаях, когда у вас есть опыт печати, желание создать что-то долговечное, а также есть возможность обезопасить место проведения печати.

Следующим в списке идёт SBS пластик. Строго говоря, SBS это не совсем пластик. Если посмотреть на пластики, которые описаны выше, то общее для них название – термопласты, а вот SBS является – термопластичным эластомером.

Термопласты – это полимерные материалы, способные обратимо переходить при нагревании в высокоэластичное либо вязкотекучее состояние. Эластомеры – это полимеры, обладающие высокоэластичными свойствами и вязкостью. Резиной или эластомером называют любой упругий материал, который может растягиваться до размеров, во много раз превышающих его начальную длину (эластомерная нить), и, что существенно, возвращаться к исходному размеру, когда нагрузка снята, а термопластичные эластомеры – это такие материалы, которые ведут себя как эластомеры при комнатной температуре, но при нагревании они поддаются обработке как пластмассы.

На практике SBS пластик обладает ограниченными свойствами как резины, так и пластмассы. Сам по себе пластик достаточно мягкий и эластичный, в чистой форме прозрачный, хотя бывают и не прозрачные прутки. Его коэффициент растяжения может составлять до 250%, но, в отличие от резины, он останется растянутым и не вернётся в первоначальную форму. Что касается свойств пластмассы, в затвердевшем состоянии SBS пластик очень стабильный, не ломкий, не хрупкий, однако его достаточно легко раздавить или растянуть. Как материал для печати хорошо подходит для печати ваз, плафонов, тарелок, больших шестерёнок, корпусов для электроники. Механически обрабатывается достаточно легко, но из-за вязкости быстро забивает шкурку или надфиль. Химией обрабатывается отлично и дёшево. Растворителем является обычный нефтяной Сольвент. Никаких бань устраивать не нужно: достаточно нанести кисточкой на модель, и она практически сразу приобретёт глянец и гладкую поверхность.

Еще одним вариантом пластиковой нити является PETG. С этим пластиком мы встречаемся каждый день. Из него изготавливают контейнеры, им армируют шины, отливают посуду, бутылки, канистры, PETG применяется в медицине, приборостроении и бытовой технике, его также используют в производстве плёнок, волокон и тканей на основе PET, и многое другое.

PETG – это тот же PET, но с добавлением гликоля. Эта добавка не даёт полимеру кристаллизироваться при застывании и придаёт пластику необходимую вязкость, в отличие от PET.

Для печати этот пластик подходит идеально, очень хорошо прилипает ко столу, межслойная слипаемость (адгезия) очень сильная, не боится сквозняков, не боится солнечного света и атмосферы, прекрасно обрабатывается механически. Химическая обработка несколько сложна из-за особенностей полимера, но тоже возможна. Химически обрабатывается кипящим ацетоном (что не рекомендуется), или парами дихлорметана (что рекомендуется) но достаточно долго.

2.1.3. Калибровка стола

В сети можно найти много способов калибровки принтера. В большинстве случаев рекомендуют калибровать принтер, используя в качестве калибра листок бумаги. Это не плохой способ, если под рукой нет точных калибров, однако у него есть ряд недостатков. Тем не менее рассмотрим этот способ в качестве пособия для калибровки принтера.

Перед тем, как приступить к калибровке стола, необходимо с помощью линейки вывести относительную соосность двигателей оси Z. Для этого нужно с помощью линейки, выставить одинаковое расстояние между двумя каретками оси Z.

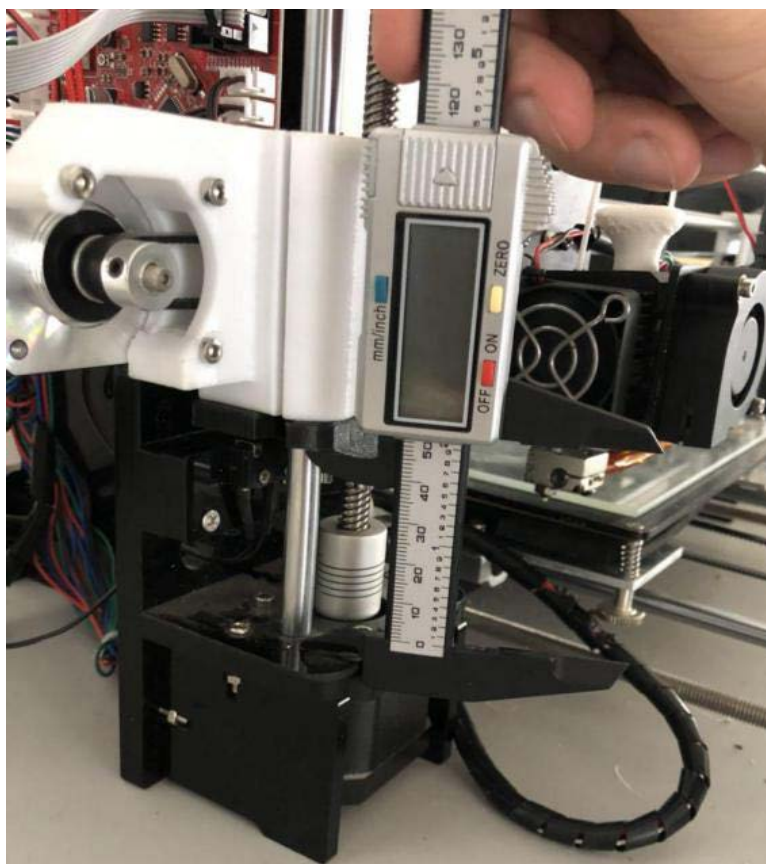


Рисунок 45 – Калибровка рабочего стола

Сам по себе стол подпружинен и опирается пружинами на металлический держатель стола. Через все четыре пружины, расположенные по углам стола, пропущены винты, на которые в свою очередь накручены «барашки». Именно с их помощью мы и будем проводить калибровку принтера. Для того чтобы полностью исключить касание соплом стола, закручиваем «барашки» до такой степени чтобы пружины полностью сжались на всех четырёх углах стола. Затем нужно на глаз определить линию между кнопкой концевого выключателя оси Z и горизонтом стола, и закрепить концевик оси Z приблизительно на 5-7 мм выше воображаемой линии горизонта стола.

Затем необходимо включить принтер и войти в меню нажатием центральной кнопки. Нас интересует строчка «Position». Выбираем данную строчку нажатием на правую кнопку. Перед нами меню позиционирования. Нас интересует строчка «Home All». После выбора данной функции принтер начнёт движение по осям в направлении концевиков. Сначала по оси X, затем по оси Y, и, наконец, по оси Z.



Рисунок 46 – Меню возврата в начальную точку

После окончания позиционирования принтера следует отключить питание двигателей. Для этого опять входим в меню принтера нажатием на центральную кнопку. На этот раз нам нужна строчка «Quick Settings», это меню быстрых настроек. В этом меню множество строчек, нам нужна самая последняя «Disable stepper». Нажимаем нижнюю кнопку до тех пор, пока не доберёмся до этой строчки. После активации этой функции питание двигателей будет отключено.



Рисунок 47 – Меню отключения двигателей

Теперь переходим непосредственно к калибровке стола. Вручную перемещаем сопло экструдера к переднему левому краю, берём листок бумаги, кладём на стол и начинаем откручивать «барашек» до тех пор, пока сопло не коснётся листка бумаги. Пружину нужно отпустить до такого предела, чтобы лист бумаги проходил между соплом и столом с небольшим усилием. Эту процедуру нужно повторить на всех четырёх углах стола.

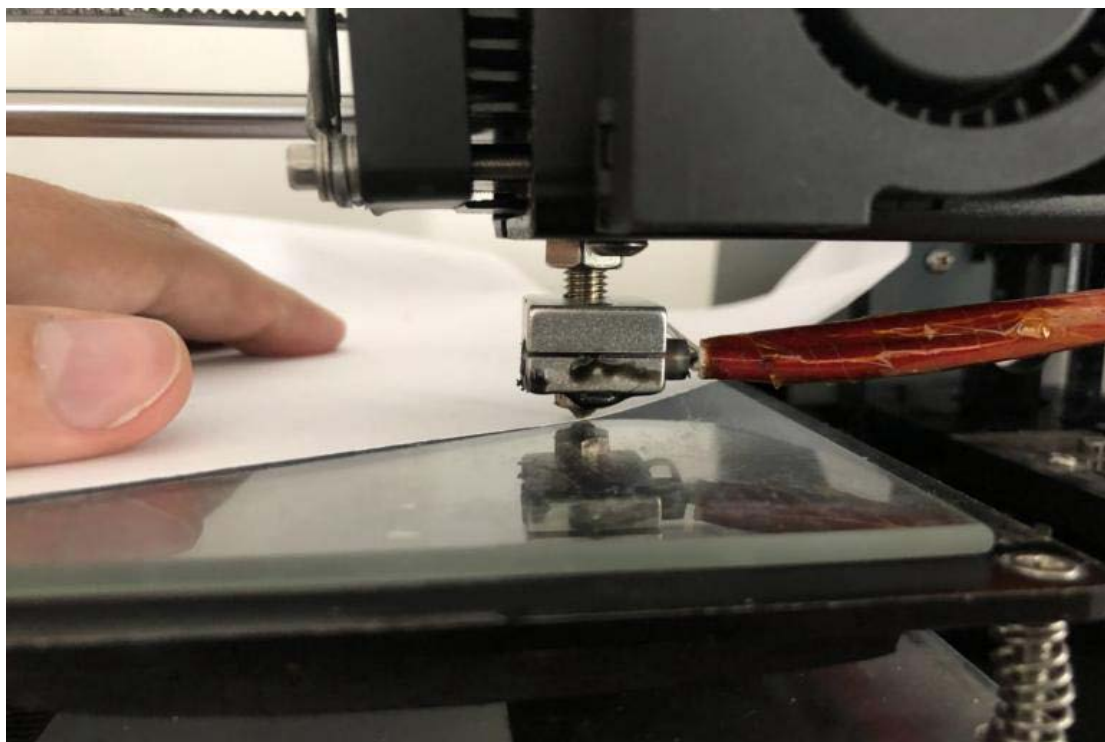


Рисунок 48 – Калибровка стола

Для более точной калибровки следует опять отправить принтер в «домашнее» положение с помощью функции «Home All». Снова отключаем питание двигателей с помощью функции «Disable stepper». На этот раз можно перевести экструдер в несколько произвольных точек на столе. Затем проверяем расстояние между столом и соплом с помощью листа бумаги. При необходимости можно отпустить либо натянуть пружины стола.

2.1.4. Подстилающая поверхность для печати

Мнения специалистов в области 3D-печати касательно вопроса необходимости использования подстилающей поверхности и того, какой именно она должна быть, расходятся. Ниже рассмотрены методы, реализация и результат.

Отдельно нужно упомянуть, что печатать на голый стол не стоит. На это несколько причин. Во-первых, это может повредить поверхность стола, что приведёт к его деформации и даже выходу из строя. Во-вторых, даже PLA пластик плохо прилипает к голому столу, не говоря уже о других типах пластика.

В комплекте с принтером идёт подогреваемый стол. По умолчанию стол обклеен бумажным скотчем. Это сделано для того чтобы пластик лучше

прилипал к поверхности стола, поэтому отклеивать его не нужно. Однако данная мера справедлива только для нескольких типов пластика, таких как PLA и SBS. Им не нужна высокая адгезия к столу, так как у этих пластиков практически отсутствует «усадка». Так что, если вы собираетесь печатать только PLA и SBS, этого метода будет вполне достаточно.

Существует специальное самоклеющееся покрытие для стола, которое вполне подходит для печати на нем такими пластиками как PLA, SBS, ABS и PETG. С оговоркой, что пластиком ABS можно печатать модели небольшой площади. В противном случае модели будут отклеиваться от поверхности стола, что испортит конечную модель.

Некоторые печатают на каптоновом скотче. Это тоже вполне приемлемый, хотя и дорогостоящий, вариант. Тем не менее печатать ABS пластиком на каптоне можно, опять же, модели небольшой площади. PLA, SBS и PETG пластик так же неплохо прилипают к каптону, но не так хорошо, как к самоклеющейся поверхности.

Многие 3D-печатники пользуются стеклом или зеркалом для печати. Плюсов в таком решении много. Во-первых, поверхность стекла ровнее, чем поверхность стола, а поверхность зеркала ровнее, чем поверхность стекла. Но просто так на стекле или зеркале печатать не получится. Для хорошей адгезии нужно использовать адгезивные составы. И тут начинается самое интересное. В сети очень много информации о том чем покрывать стекло. Среди них сахарный сироп, жжёный сахар, тёмное пиво, лак для волос, клей-карандаш, жидкое стекло (гвозди), клей «титан» и т. д. А так же есть состав, который хорошо подходит для адгезии, это клей БФ2 и этиловый или изопропиловый спирт. БФ2 разводится спиртом в пропорции 12 – 13 до жидкого состояния.

2.1.5. Формат файлов, поддерживаемый 3D-принтером

Принтер, как и большинство станков с ЧПУ, воспринимает только файлы в формате GCODE. Но давайте разберёмся, откуда они берутся и зачем вообще нужны.

Существует несколько программ для 3D-печати. Все эти программы называются слайсеры – от английского слова slice – кусочек, слой, часть или срез. То есть дословный перевод slicer – ломтерезка. Получается, что программа для 3D-печати – ломтерезка, и это действительно так. Программа как бы нарезает загруженную модель на заданные в программе слои. Это и есть главный принцип работы слайсера, и одновременно главный параметр печати. Каждый слайсер позволяет настроить различные параметры печати, такие как толщина слоя, температура сопла и стола, скорость печати, и т.д.

Обычно в слайсер загружаются файлы в формате STL, но бывают программы, читающие формат OBJ. В свою очередь эти форматы сохраняются из программ для 3D-моделирования, но здесь мы не будем их рассматривать. Файлы в формате STL и OBJ представляют собой облако точек, составляющих саму 3D-модель. В зависимости от настроек, слайсер заполняет модель от стенки до стенки и нарезает ее на слои. В тот момент, когда пользователь уверен во всех настройках слайсера, приходит время сохранить полученные результаты или

отправить готовый код на принтер. И в том и в другом случае информация из слайсера становится файлом в формате GCODE. По сути GCODE – это набор команд для электроники 3D-принтера. На компьютере его можно открыть обычным «блокнотом».

2.2. 3D-принтер Anycubic Photon M3

Краткие характеристики:

- большой объем печати (163,9 x 102,4 x 180 мм);
- 7,6-дюймовый монохромный дисплей с разрешением 4K;
- Источник света LightTurbo Matrix;
- Пластина с лазерной гравировкой;
- Быстрая печать (до 50 мм/ч).

Принтер является универсальным и может работать с различными фотополимерными материалами. Шариковый винт оси Z в сочетании с характеристиками матрицы позволяет создавать высококачественные и точные полимерные 3D-модели.

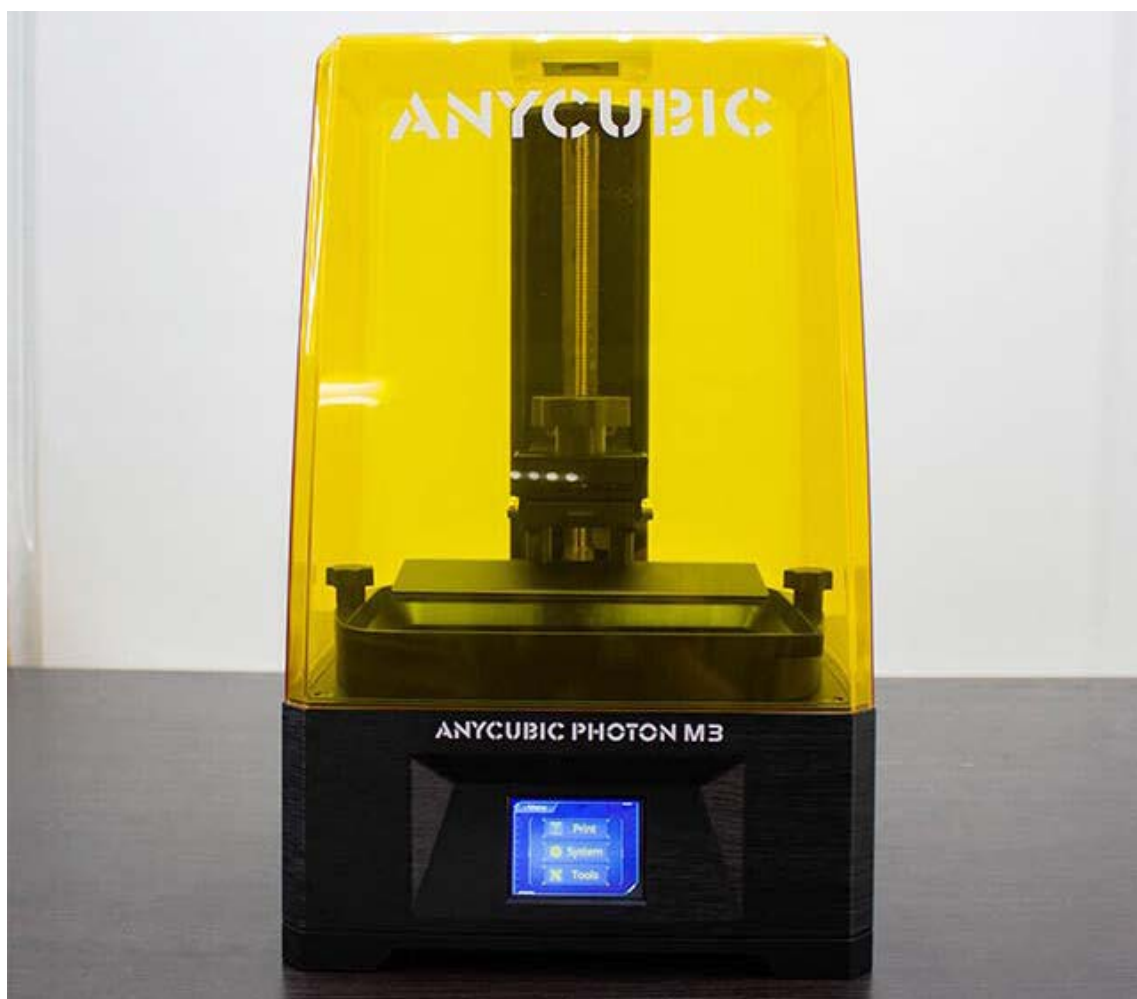


Рисунок 49 – Внешний вид принтера

2.2.1. Особенности Anycubic Photon M3 Max

Устройство удобно в применении. Для управления процессом печати принтер оснащен большим сенсорным ЖК-экраном с интуитивным интерфейсом.

2.2.2. Экран управления и передача данных

Сенсорные экраны не дают пользователю большого выбора, они либо плохие, либо хорошие. В Anycubic Photon M3 установлен цветной сенсорный экран на 2,8-дюйма, который использовался в предыдущих моделях от Anycubic. Он отзывчивый и быстрый, но весьма маленький по размеру. Передавать файлы можно через USB-накопитель или USB-шнур.



Рисунок 50 – Внешний вид панели управления



Рисунок 51 – Вид сбоку

2.2.3. Программное обеспечение

Работает Photon M3 со слайсером Lechee или с фирменным слайсером Anycubic Workshop, который на данный момент является одним из лучших представителей принтера для создания трехмерных объектов в домашних условиях, кроме того, постоянно улучшается. Также, довольно удобным интерфейсом обладает программа-слайсер Chitubox.

2.2.4. Технические характеристики

- технология: **MSLA**;
- тип: **смола**;
- сборка: **полностью собранный**;
- производитель: **Anycubic**.

Характеристики 3D-печати:

- жк-экран: **7,6 дюймов монохромный экран**;
- объем сборки: **180 x 163 x 102 мм**;
- разрешение ху: **48 микрон (4098 x 2560 пикселей)**;
- точность позиционирования по оси z: **0,00125 мм**;
- скорость печати: **≤50 мм/ч**;
- объем печати: **2,99 л**;
- светопропускание: **4%**;
- коэффициент контрастности: **400:01:00**;
- источник света: **параллельный матричный источник света**;
- платформа для печати: **платформа из алюминиевого сплава с лазерной гравировкой**;
- выравнивание стола: **ручное**;
- дисплей: **2,8-дюймовый сенсорный экран**;
- материалы: **405 нм ультрафиолетовая смола**;
- номинальная мощность: **55 Вт**.

2.2.5. Монохромный экран 7,6 4K+

Anycubic Photon M3 не является большим принтером, но размер экрана приятно удивляет.

Конечно, наличие большого экрана не слишком помогает, если разрешение не увеличено соответствующим образом и Photon M3 делает это довольно хорошо с разрешением 4K+. Точнее это 4096 x 2560 пикселей, что достаточно хорошо для создания детализированных моделей.

Это также монохромный экран с пропусканием света 4%, что, согласно описанию Anycubic, способствует быстрой печати. Я не уверен в этом, но монохромного экрана должно хватить более чем на 2000 часов печати.

На экран наклеена защита в случае пролития смолы, а в комплект поставки входит запасная, это позволяет уберечь устройство от ненужных деформаций, ухудшения технических характеристик и потери работоспособности.

2.2.6. Печатная пластина с лазерным травлением

Платформа сборки протравлена, как и у M3 Plus и Max. Это лазерное травление помогает сцеплению моделей, а также придает пластине более приятный вид.

2.2.7. Одиночная линейная направляющая для оси Z

Хотя Anycubic Photon M3 имеет одну линейную направляющую для оси Z, я не заметил какого-либо отклонения или движения во время печати.

2.2.8. Потребляемая мощность

Потребляемая мощность на холостом ходу составляет около 4 Вт. Когда принтер включает светодиоды для полимеризации слоев смолы, потребляемая мощность составляет около 40 Вт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом разделе рассматривается программное обеспечение, предназначенное для создания трехмерных моделей и других элементов индустрии компьютерной графики. К нему относится «Blender», имеющий огромный потенциал для использования. В данном учебном пособии рассмотрены некоторые основные функции данного программного обеспечения.

Во втором разделе описаны принтеры, предназначенные для реализации физических моделей посредством создания готового изделия по заранее разработанным трехмерным моделям. 3D-принтеры, описанные в данном разделе, представляют класс простых устройств, пригодных для домашнего или учебного пользования, поскольку имеют относительно небольшую стоимость.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Как использовать программу-слайсер Cura : [сайт] // ТЕХНО 3D. – 2024. – URL: <https://3dpt.ru/blogs/support/cura> (дата обращения: 3.11.2024). – Текст: электронный.
2. ChiTuBox: обзор слайсера для фотополимерной 3D-печати. [сайт] // 3dspec.ru. – 2024. – URL: <https://3dspec.ru/chitubox-obzor-slajsera-dlja-polimernoj-3d-pechatj/> (дата обращения: 3.11.2024). – Текст: электронный.

Учебное издание

Смирнов Владимир Борисович
Смирнов Леонид Владимирович

3D-моделирование и печать в робототехнике
Раздел 2: Программы проектирования
3D-моделей

Учебно-методическое пособие

Редактор и корректор Д. А. Романова
Техн. редактор Д. А. Романова

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 05.03.2025 г. Рег.№ 5111/25

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.