

Муниципальное автономное образовательное учреждение
гимназия №35

Малогабаритный сверлильный станок для печатных плат

Научно-исследовательский проект

Исполнитель:

Ученик 8Г класса

МАОУ гимназии №35

Васильев Александр Иванович

Научный руководитель:

учитель технологии

МАОУ гимназии №35

Фирсов Артем Андреевич

Екатеринбург, 2020

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Устройство сверлильного станка.....	5
1.1 Конструкция промышленного станка	5
1.2 Принцип работы сверлильного станка.....	6
1.3 Обзор и анализ конструкций самодельных сверлильных станков.....	7
1.4 Требования к самодельному сверлильному станку для печатных плат	10
Глава 2. Проектирование станка.....	11
2.1 Анализ недостатков прототипа станка и их устранение	11
2.1.1 Основание и верхняя пластина станка	11
2.1.2. Ось и шестерня зубчатой передачи	14
2.1.3. Крепление оси к колоннам.....	16
2.1.4. Слайдер	17
2.2 Проектирование дополнительных деталей.....	19
2.2.1. Переходная пластина.....	19
2.2.2. Кожух электродвигателя и система подвода питания к электродвигателю	21
2.2.3. Крепление для электрического разъема	22
2.2.3. Кнопка выключателя	23
2.2.4. Электрическая схема станка	24
Глава 3. Сборочная модель станка	24
Глава 4. Изготовление деталей	27
4.1. Изготовление деталей на 3D-принтере.....	27
4.2. Изготовление деталей на фрезерном станке с ЧПУ	29
4.3. Детали, изготовленные вручную	30
Глава 4. Сборка станка	30
Глава 5. Расчет СТОИМОСТИ станка.....	33
Заключение	34
Список использованной литературы.....	34
Интернет-ресурсы:	34

Введение

При изготовлении современных электронных устройств используются, так называемые, печатные платы (рисунок 1).



Рисунок 1 - Печатная плата

Печатная плата – это пластина из диэлектрика (текстолита, гетинакса и т.п.) толщиной 0,5 – 2 мм на которой с одной или с обеих сторон находятся проводники из медной фольги. Эти проводники называются «дорожки». К дорожкам припаиваются электронные компоненты схемы (резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.). Таким образом, проводники печатной платы соединяют между собой электронные компоненты схемы. Для установки компонентов в плате просверливаются отверстия. В эти отверстия вставляются ножки электронных компонентов и затем выполняется соединение между ножками компонентов и дорожками с помощью пайки (рисунок 2).

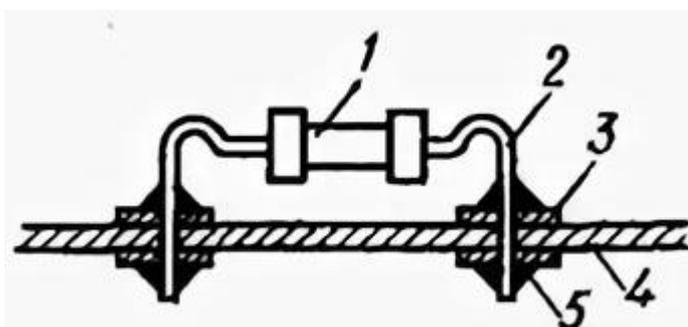


Рисунок 2 - Установка элементов на плате

(1 – резистор, 2 – ножка резистора, 3 – дорожка, 5 - припой)

Таким образом, чтобы изготовить печатную плату в ней необходимо просверлить большое количество отверстий (десятки, а иногда и сотни). При массовом производстве для этой цели используются специальные автоматические станки. Но при изготовлении единичных экземпляров или опытных образцов отверстия сверлятся с помощью станка с ручным управлением (рисунок 3).



Рисунок 3 - Сверлильный станок с ручным управлением

Однако стоимость небольшого сверлильного станка достаточно велика и достигает 9 – 10 и более тыс. руб. К тому же, такой станок обладает совсем не маленькими габаритами. Например, станок [1] стоит 9 200 руб., и имеет габариты 205x205x550 см. Таким образом промышленный станок слишком дорог и обладает большими габаритами.

Актуальность темы заключается в том, что для производства печатных плат можно самостоятельно изготовить сверлильный станок. Часть деталей станка можно изготовить с помощью 3D-принтера, а также использовать недорогие комплектующие. Самостоятельное изготовление также гарантирует, что станок будет удовлетворять всем необходимым требованиям и не будет иметь избыточных возможностей, что значительно снизит его стоимость.

Гипотеза: сверлильный станок для печатных плат может быть изготовлен самостоятельно, обладать всеми требуемыми характеристиками и иметь небольшие габариты и стоимость.

Цель работы: Спроектировать и изготовить сверлильный станок для печатных плат

Задачи:

- Изучить принцип работы и конструкции сверлильного станка
- Проанализировать существующие конструкции самодельных станков для печатных плат. Выявить достоинства и недостатки конструкций.
- Сформулировать требования к самодельному сверлильному станку (техническое задание)
- Спроектировать сверлильный станок
- Создать сборочную модель станка в программе Solidworks
- Изготовить детали станка
- Выполнить сборку и испытание станка

Исследование велось следующими методами:

1. Изучение работы станка.
2. Выявление недостатков существующих конструкций станков.
3. Проектирование и изготовление станка

Глава 1. Устройство сверлильного станка

1.1 Конструкция промышленного станка

Промышленный сверлильный станок имеет следующие основные элементы (рисунок 4):

1. Рукоятка подачи (штурвал)
2. Ременная передача

3. Электродвигатель
4. Сверлильный патрон
5. Колонна
6. Станина (основание)

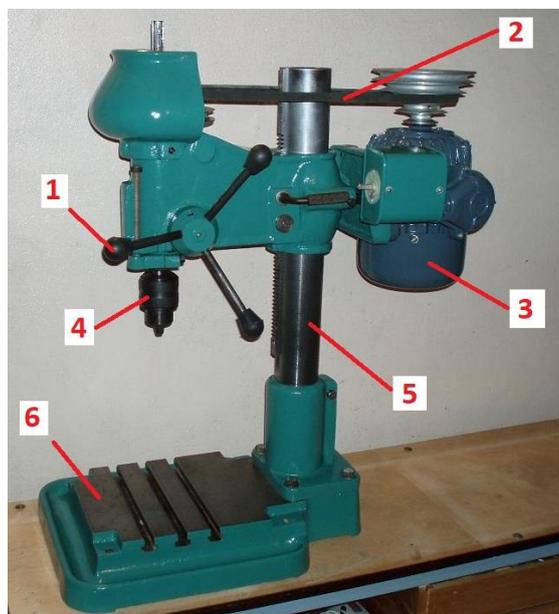


Рисунок 4 - Промышленный сверлильный станок

1.2 Принцип работы сверлильного станка

Для выполнения сверления необходимо обеспечить вращение патрона со сверлом вокруг собственной оси. Вращательное движение передается от электродвигателя к патрону с помощью ременной передачи. Поступательное движение патрона осуществляется с помощью зубчатой рейки и шестерни. При повороте штурвала вращательное движение шестерни преобразуется в поступательное благодаря зубчатой рейке. Это поступательное движение называется «подача». Таким образом, при работе станка сверло вращается и, одновременно, вдавливается в деталь. Режущие кромки сверла снимают стружку с детали выполняя сверление (рисунок 5).

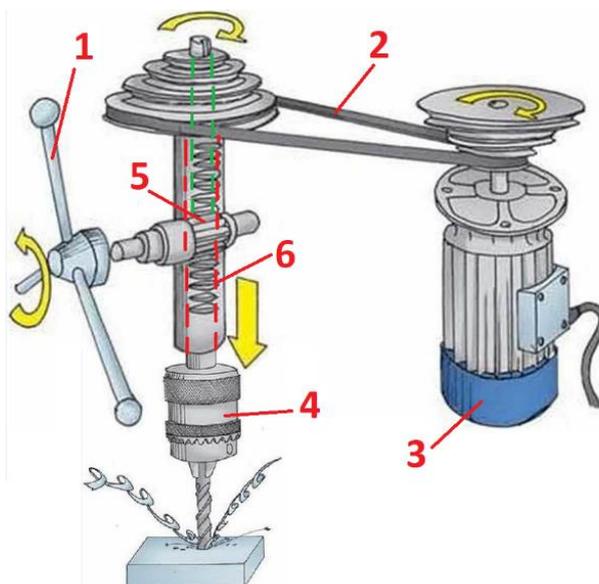


Рисунок 5 - Принцип работы сверлильного станка
 (1 - штурвал, 2 - ременная передача, 3 - электродвигатель,
 4 – патрон, 5 – шестерня, 6- зубчатая рейка)

1.3 Обзор и анализ конструкций самодельных сверлильных станков.

Большое количество самодельных сверлильных станков представлено на сайте <https://www.thingiverse.com>. Все конструкции станков, представленные на данном сайте ориентированы на изготовление с помощью 3D-принтера. Для каждой конструкции на сайте имеется архив моделей деталей, которые можно изготовить на 3D-принтере. Основные варианты конструкции показаны на рисунках 6 - 10.



Рисунок 6 - Сверлильный станок – Вариант 1



Рисунок 7 - Сверильный станок – Вариант 2

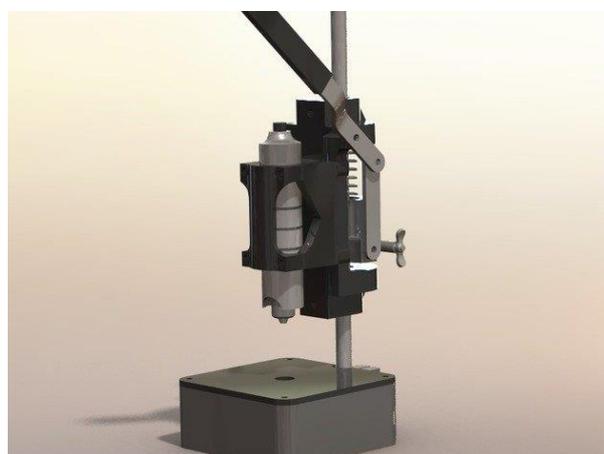


Рисунок 8 - Сверильный станок – Вариант 3

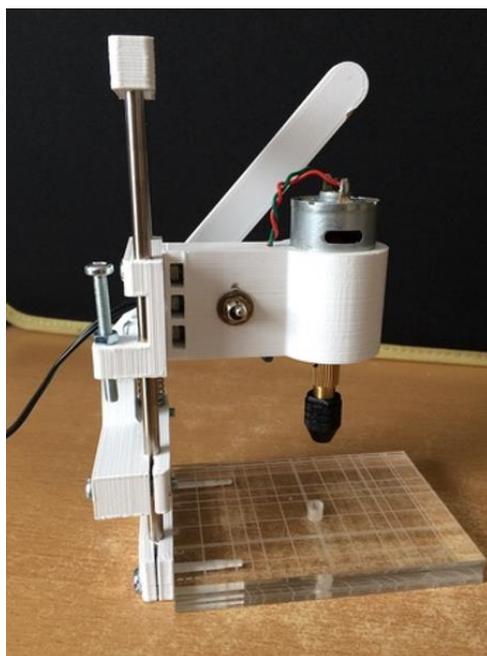


Рисунок 9 - Сверильный станок – Вариант 4

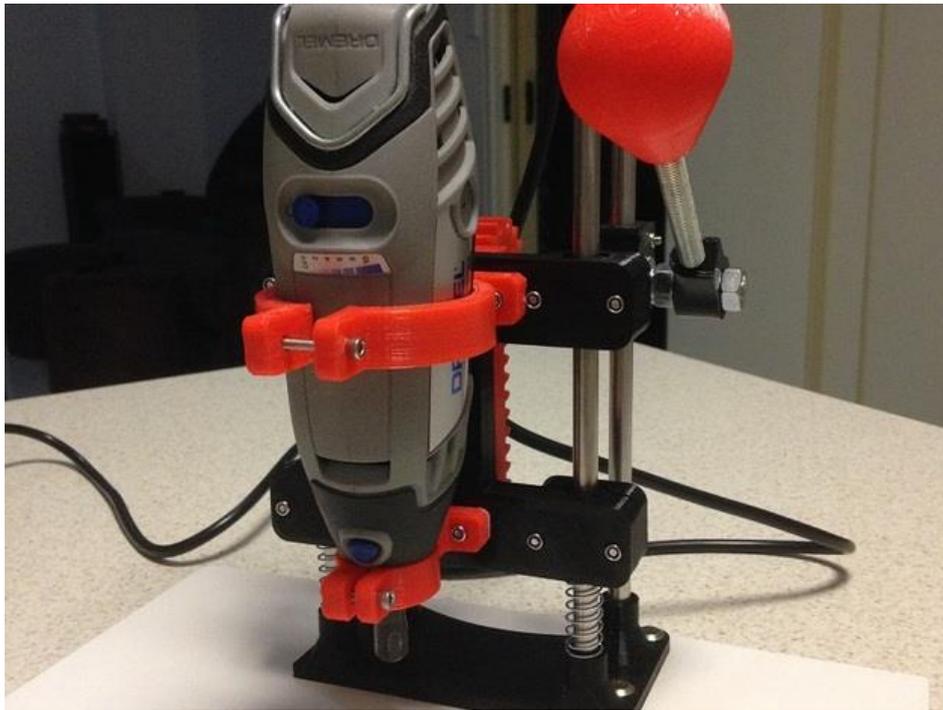


Рисунок 10 - Сверлильный станок – Вариант 5

Для всех станков характерным является отсутствие ременной передачи. Это позволяет значительно упростить конструкцию станка, а значит и уменьшить его габариты и стоимость. Патрон крепится непосредственно к валу электродвигателя (варианты 2, 3,4), либо используется малогабаритная ручная дрель – дремель (варианты 1 и 5). Патрон с электродвигателем перемещается по вертикали выполняя сверление. Во всех вариантах кроме 4-го перемещение по вертикали осуществляется с помощью пары «шестерня-зубчатая рейка». В варианте 5 перемещение выполняется с помощью рычага. В этом варианте между деталями станка будет иметь место повышенное трение между пластиковыми деталями, что приведет к быстрому износу станка. Варианты 1 и 5 имеют основания из пластика. Пластик недостаточно прочен при больших габаритах деталей. Варианты 1 и 3 имеют только одну колонну, и, следовательно, у этих станков есть возможность «качания» двигателя с патроном в любом направлении. Варианты 2 и 4 имеют две колонны. Тем самым обеспечивается жесткость конструкции в одном из направлений. Но в другом направлении остается возможность для наклона конструкции станка. В варианте 5

используются четыре колонны. Это обеспечивает жесткость конструкции по всем направлениям. Недостатком всех представленных конструкция является небольшая область, в которой можно производить сверление (не более 10x10 см), в то время как размеры печатной платы могут быть 20x20 см и более.

Таким образом, все представленные конструкции станков обладают определенными недостатками. Вариант 5 наиболее предпочтителен с точки зрения жесткости конструкции. Именно этот вариант выбран в качестве прототипа для самодельного сверлильного станка. Его недостатки и пути исправления этих недостатков будут представлены в главе 2.

1.4 Требования к самодельному сверлильному станку для печатных плат

Анализ конструкций станков, выполненный в предыдущем параграфе, позволил сформулировать требования к самодельному станку и его характеристикам. Эти требования следующие:

1. Безопасность, включая электробезопасность.
2. Жесткость конструкции. При сверлении патрон с электродвигателем не должны отклоняться от вертикальной оси.
3. Большая область сверления. Станок должен обеспечивать сверление плат размером не менее 20x20 см
4. Величина подачи не менее 2 см. Печатные платы имеют толщину не более 2 мм. Таким образом, величина подачи выбрана с запасом. Дальнейшее увеличение величины подачи нецелесообразно, поскольку приведет к увеличению габаритов станка.
5. Регулирование скорости вращения патрона.

Глава 2. Проектирование станка

2.1 Анализ недостатков прототипа станка и их устранение

В качестве прототипа станка выбран Вариант 5. Он имеет определенные недостатки, которые необходимо устранить на стадии проектирования.

2.1.1 Основание и верхняя пластина станка

Основание станка и его верхняя пластина выполнены из пластика (рисунок 11). Это недостаточно прочный материал. Колонны станка (полированные валы диаметром 8 мм и длиной 20 см) просто вставлены в отверстия основания и верхней пластины и никак не крепятся к ней. Это может привести к выходу колонн из отверстий во время работы.

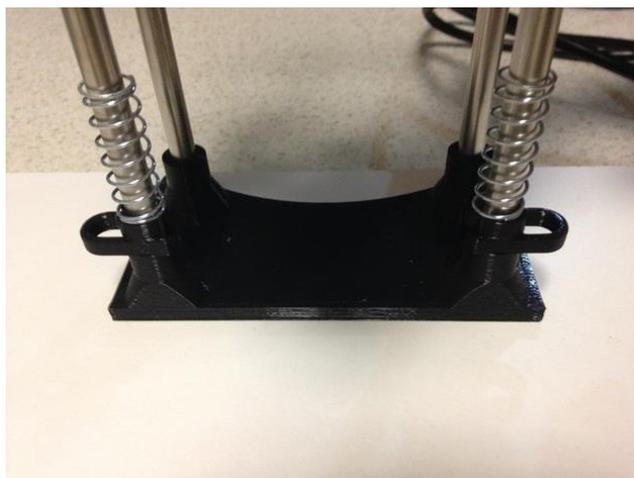


Рисунок 11- Основание прототипа станка

Для устранения указанных недостатков решено выполнить основание и верхнюю пластину из стеклотекстолита толщиной 5 мм. Это прочный и жесткий материал. Для крепления колонн к основанию и верхней пластины можно использовать специальные крепления (рисунок 12).

Примечание: здесь и далее, на рисунках, показаны трехмерные модели деталей, выполненные в программе Solidworks.

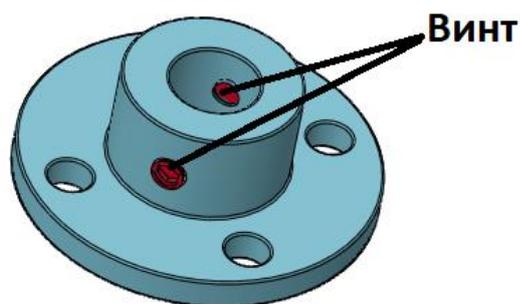


Рисунок 12 - Крепление для колонны

Данные крепления имеют специальные винты, с помощью которых колонну можно зафиксировать в опоре. Для увеличения надежности соединения в колонне необходимо проточить канавки, в которые и будут входить винты (рисунок 13).

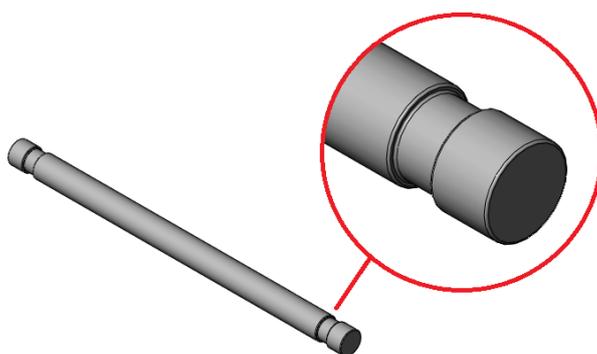


Рисунок 13 - Колонна

В прототипе станка патрон со сверлом расположен очень близко к опоре. Это сильно ограничивает размеры печатной платы, в которой нужно сверлить отверстия. Поэтому, принято решение основание станка приподнять на 1,5 см, поставив его на ножки из прямоугольного алюминиевого профиля (рисунок 14).

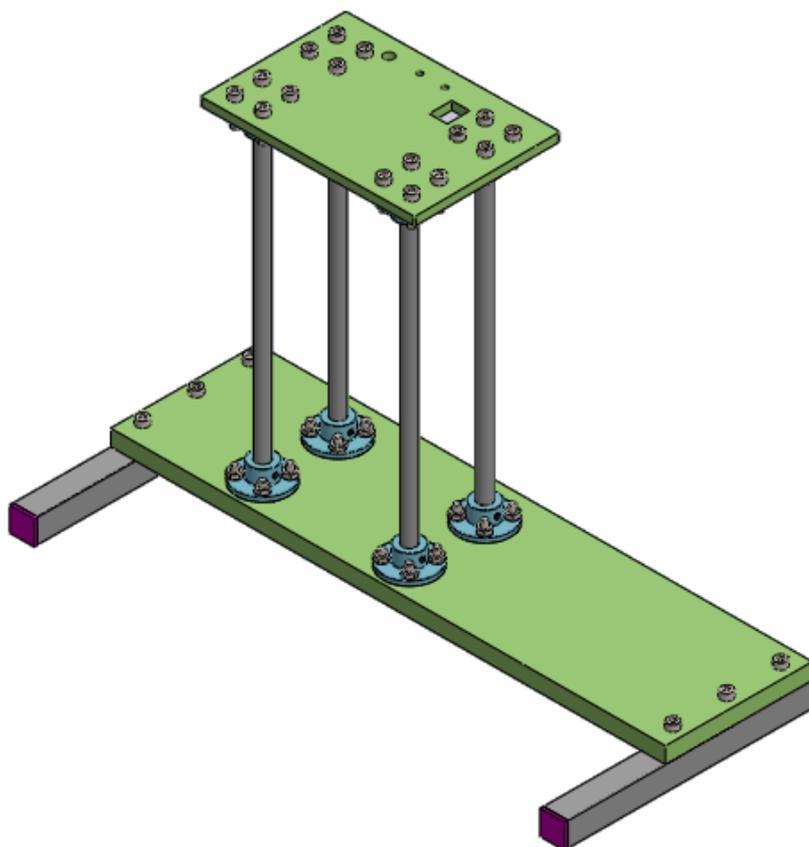


Рисунок 14 - Основание, верхняя пластина, колонны с креплениями и ножки в сборе.

Для того чтобы печатная плата не задевала за винты в основании станка использованы винты с потайной головкой (рисунок 15).

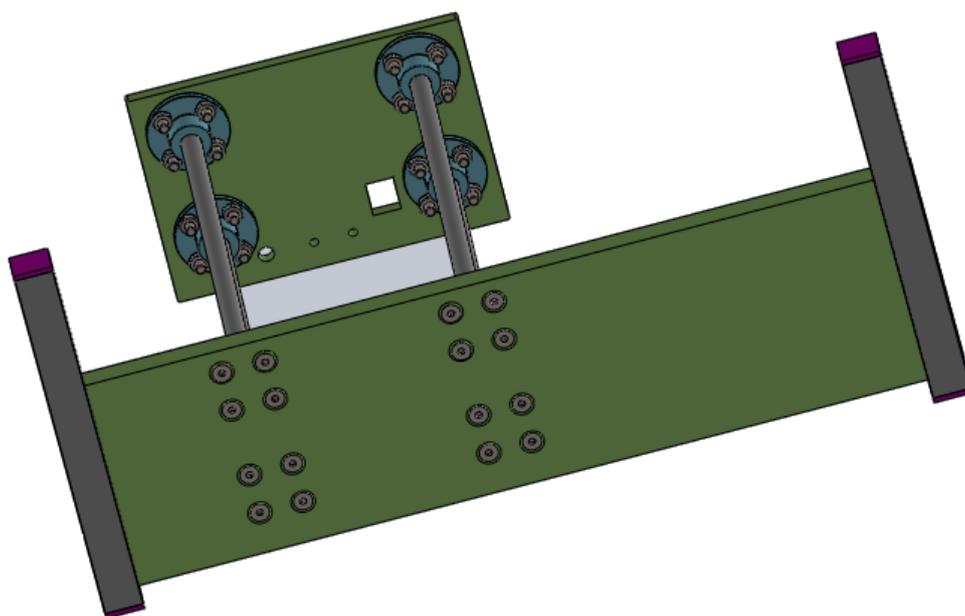


Рисунок 15 - Основание станка (вид снизу)

Таким образом, печатная плата без затруднений будет проходить под самим станком. Расстояние между ножками станка принято равным 30,5 см, что обеспечивает сверление плат шириной не менее 20 см. Размер платы в длину не ограничен.

Ножки станка сделаны удлиненными вперед, для исключения опрокидывания станка во время сверления. В верхней пластине предусмотрены отверстия для крепления выключателя и электрического разъема. Таким образом, разработанная основа станка обеспечивает жесткость конструкции и необходимую рабочую область станка.

2.1.2. Ось и шестерня зубчатой передачи

В прототипе станка в качестве оси на которой крепится шестерня использована резьбовая шпилька (рисунок 16).

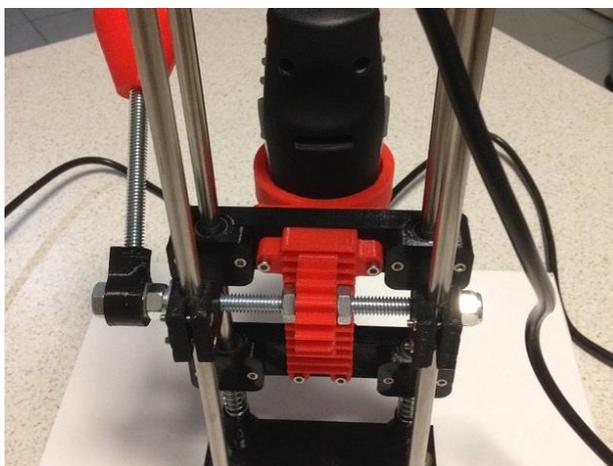


Рисунок 16 - Прототип станка (вид сзади)

Выбор резьбовой шпильки в качестве оси очень неудачен по нескольким причинам:

1. Резьбовая шпилька, вращаясь в деталях из пластика, будет действовать подобно напильнику и очень быстро выведет пластиковые детали из строя.

2. Крепление шестерни и рукоятки подачи с помощью гаек не создаст надежного соединения, поскольку гайки могут поворачиваться по резьбе шпильки. Чрезмерное затягивание гаек может привести к разрушению пластиковых деталей.

Поэтому принято решение в качестве оси использовать полированный вал диаметром 8 мм и длиной 15 см. Для крепления шестерни и рукоятки подачи на полированном валу проточены выступы (рисунок 17).

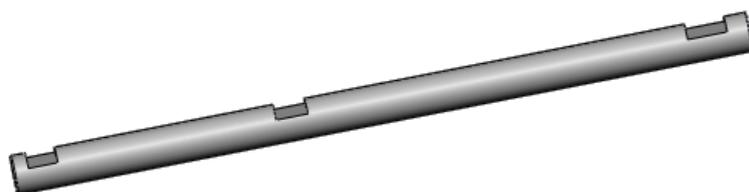


Рисунок 17 - Ось

Крепление шестерни к оси осуществляется с помощью удлиненной гайки М8х22. Гайка просверливается сверлом диаметром 8 мм и внутреннее отверстие дорабатывается напильником (рисунок 18). Таким образом, гайка свободно, но без люфта, может перемещаться вдоль оси. Для фиксации гайки в определенном положении в одной из граней гайки просверлено отверстие диаметром 6 мм и нарезана резьба М6.

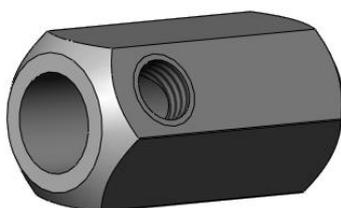


Рисунок 18 - Удлиненная гайка

При сборке оси отверстие гайки с резьбой М6 устанавливается напротив выступа в валу и в это отверстие закручивается винт М6 до упора. На гайку надевается шестерня, имеющая в центре шестигранное отверстие (рисунок 19).

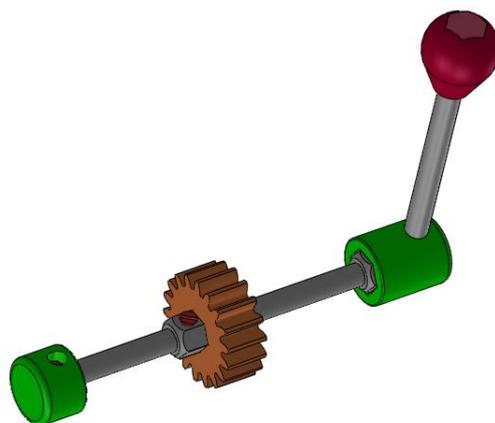


Рисунок 19 - Ось в сборе

Аналогичным образом выполнено крепление рукоятки подачи (рисунок 20). В качестве самой рукоятки использован болт М8 с шестигранной головкой. Головка болта закрыта декоративной ручкой.

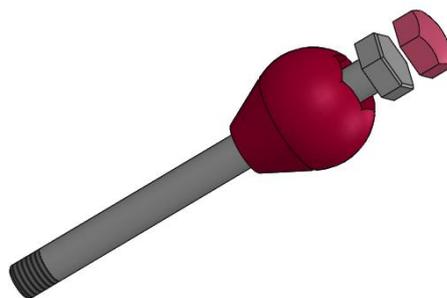


Рисунок 20 - Рукоятка подачи

Удлиненная гайка рукоятки подачи и гайка с правой стороны оси закрыты декоративными крышками для обеспечения безопасности во время работы.

2.1.3. Крепление оси к колоннам

Крепления оси к колоннам предполагается изготавливать из ABS-пластика (рисунок 21).

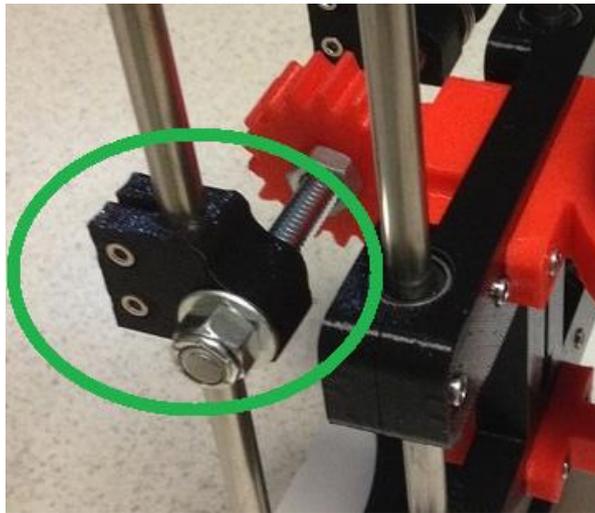


Рисунок 21 -Крепление оси (прототип)

Этот пластик не является износостойким и ось, вращаясь внутри крепления, достаточно быстро увеличит отверстие, в котором она вращается. Поэтому, принято решение использовать специальные втулки из капролона. Этот материал используется в автомобильной промышленности и обладает повышенной износостойкостью. Крепления оси были спроектированы заново (рисунок 22).

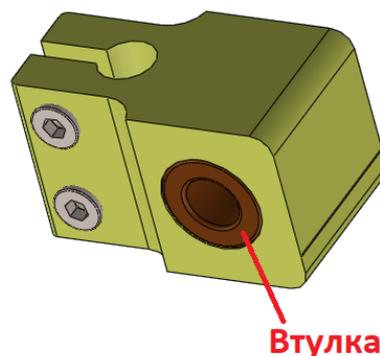


Рисунок 22 - Крепление оси (новый вариант)

2.1.4. Слайдер

Слайдер – это деталь станка, которая с помощью зубчатой рейки перемещается вверх-вниз, обеспечивая проникновение сверла в деталь.



Рисунок 23 - Слайдер

Эта деталь подверглась наименьшим изменениям. Перемещение слайдера по валам выполняется с использованием линейных подшипников LM8UU. Шариковые линейные подшипники обладают низкой надежностью [3]. Кроме того, эти подшипники имеют люфт, который может достигать до 0.5 мм. Поэтому они были заменены на пластиковые втулки скольжения IGUS. Эти втулки не требуют смазки и обслуживания. При сборке втулки можно сжать, благодаря чему люфт между валом и втулкой будет минимальным. Модель слайдера показана на рисунке 24.

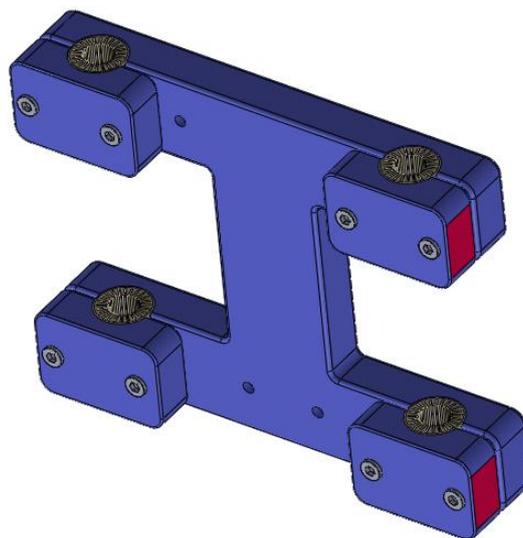


Рисунок 24 - Слайдер со втулками

2.2 Проектирование дополнительных деталей

Часть деталей проекта отсутствует в прототипе. Эти детали разработаны специально для данного станка.

2.2.1. Переходная пластина

В прототипе для сверления отверстий использована малогабаритная ручная дрель – дремель. Для удешевления станка было принято приобрести недорогой электродвигатель с напряжением питания 12 В и сверлильный патрон, который устанавливается на вал двигателя с помощью специального уголка (рисунок 25).

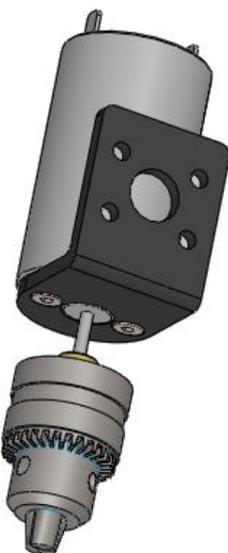


Рисунок 25 - Электродвигатель с патроном

Для крепления электродвигателя к слайдеру спроектирована переходная пластина (рисунок 26). Материал пластины – стеклотекстолит толщиной 5 мм.

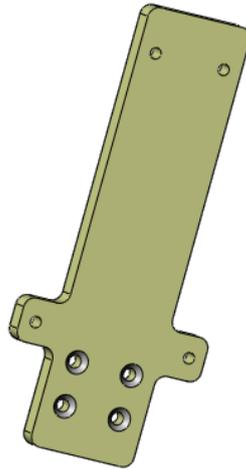


Рисунок 26 - Переходная пластина

Электродвигатель крепится к переходной пластине на винты с потайной головкой. Затем пластина крепится к слайдеру с одной стороны, а зубчатая рейка – с другой (рисунок 27).

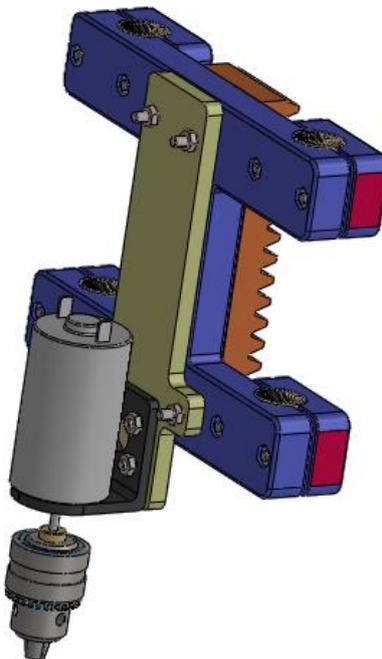


Рисунок 27 - Слайдер, электродвигатель и зубчатая рейка в сборе

2.2.2. Кожух электродвигателя и система подводки питания к электродвигателю

Для того чтобы закрыть верхнюю часть электродвигателя разработан специальный кожух. Он закрывает электрические контакты двигателя. В верхнюю часть кожуха вкручен фитинг для вывода электрических проводов (рисунок 28).



Рисунок 28 - Электродвигатель с кожухом и фитингом

Такой же фитинг устанавливается в верхней пластине станка (рисунок 29).

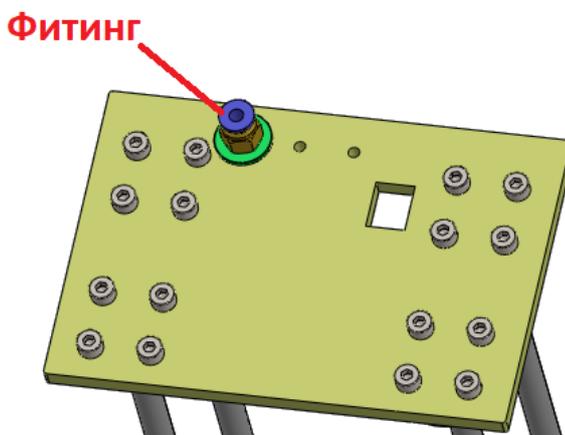


Рисунок 29 - Верхняя пластина с фитингом

Два фитинга соединяются с помощью фторопластовой трубки. Внутри трубки проходят два электрических провода для питания электродвигателя (рисунок 30).



Рисунок 30 - Фторопластовая трубка с проводами и фитинги

Благодаря фторопластовой трубке питающие провода изгибаются плавно и по большому радиусу, что исключает их переламывание при движении слайдера. Данная система аналогична системе подачи пластикового прутка в 3D-принтере с экструдером типа «Боуден» [3].

2.2.3. Крепление для электрического разъема

Для подачи питания к станку используется гнездо питания DS-025A (рисунок 31).



Рисунок 31 - Гнездо питания DS-025A

Для установки гнезда изготовлено специальное крепление в виде уголка. Уголок прикручивается к верхней пластине станка с задней стороны (рисунок 32).

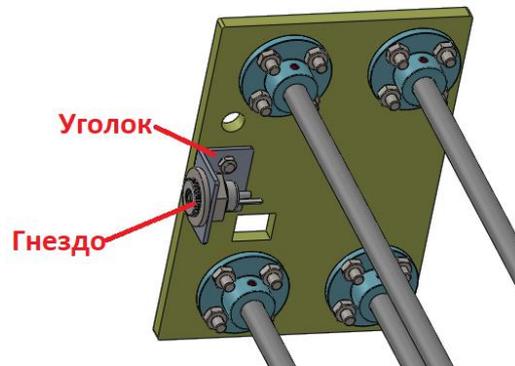


Рисунок 32 - Крепление гнезда питания к верхней пластине

2.2.3. Кнопка выключателя

Для включения станка использован выключатель PBS-15A с фиксацией (рисунок 33).



Рисунок 33 - Выключатель PBS-15A green

К сожалению, размеры кнопки выключателя не велики, поэтому разработана новая конструкция кнопки (рисунок 34).



Рисунок 34 - Новая кнопка выключателя

Новая кнопка имеет увеличенные размеры (диаметр 30мм). С её помощью удобнее включать или выключать станок.

2.2.4. Электрическая схема станка

Электрическая схема станка (рисунок 35) включает блок питания UG1, выключатель SB1 и электродвигатель постоянного тока с постоянными магнитами MA1. К сети переменного тока блок питания подключается через вилку XP2. К станку блок питания подключается вилкой XP1. Гнездо XS1 находится на верхней пластине станка.

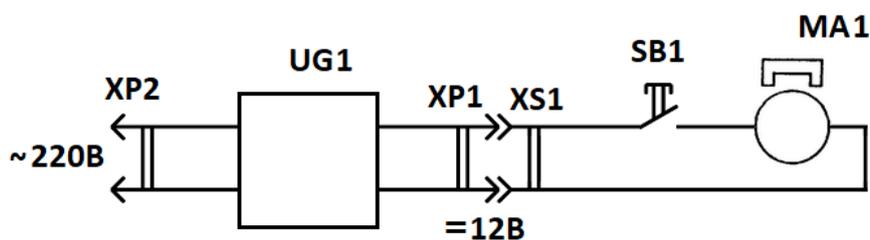


Рисунок 35 - Электрическая схема станка

Глава 3. Сборочная модель станка

Для того, чтобы исключить ошибки при проектировании станка разработана сборочная модель станка в программе Solidworks. Для нее использованы уже разработанные модели деталей. Модели слайдера, шестерни и зубчатой рейки взяты готовыми из модели прототипа, поскольку они не изменялись. Модель патрона для сверла и червячного хомута были найдены в Internet-библиотеках 3D-моделей [4, 5]. Модель пружины была сделана с помощью специализированного макроса для программы Solidworks [6]. Для сборочной модели были созданы также модели покупных деталей: электродвигателя, полированных валов, выключателя, гнезда питания и фитингов. Модели крепежных элементов (винтов, гаек и шайб) являются встроенными моделями программы Solidworks. Сборочная модель показана на рисунках 36, 37.

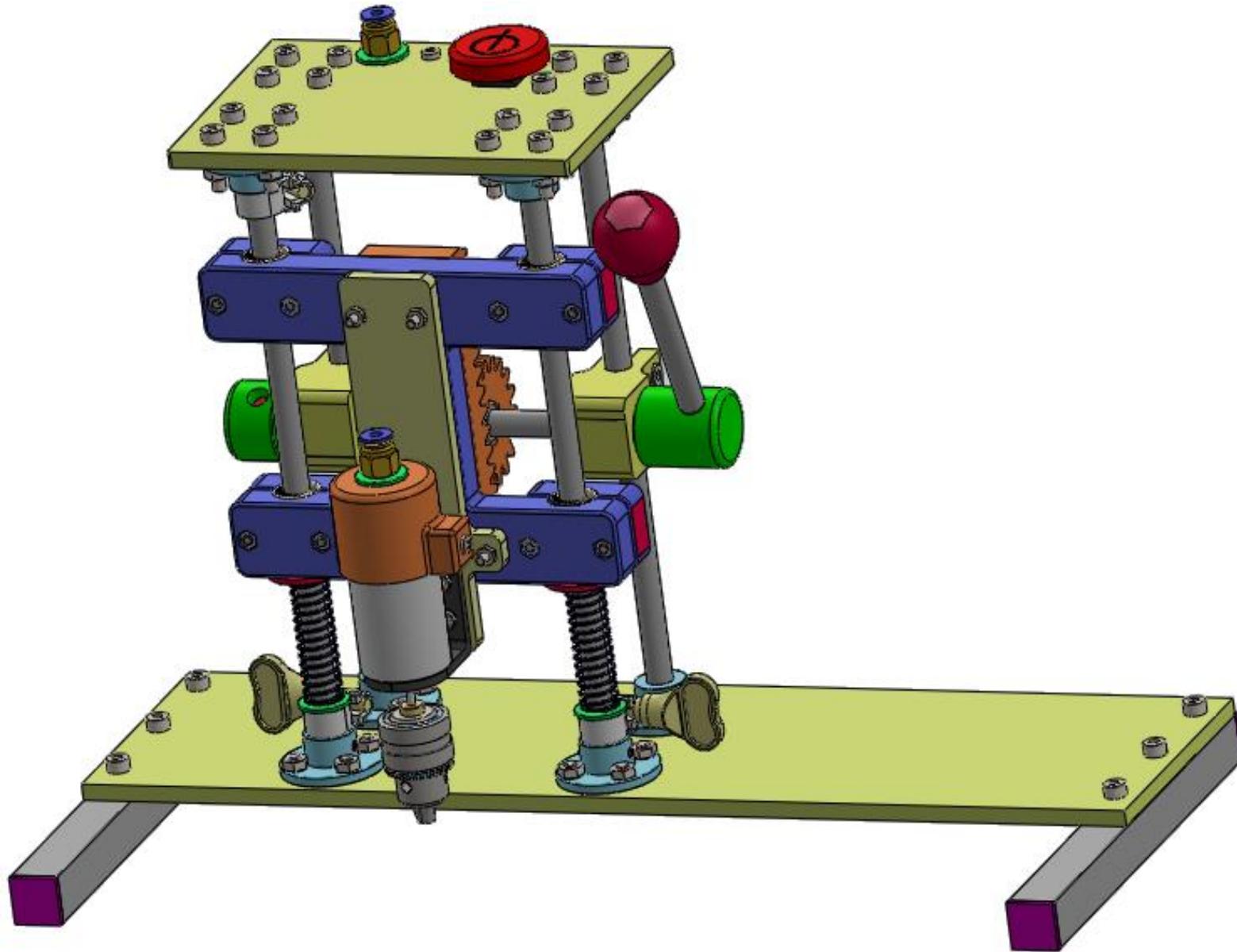


Рисунок 36 - Сборочная модель станка (вид спереди)

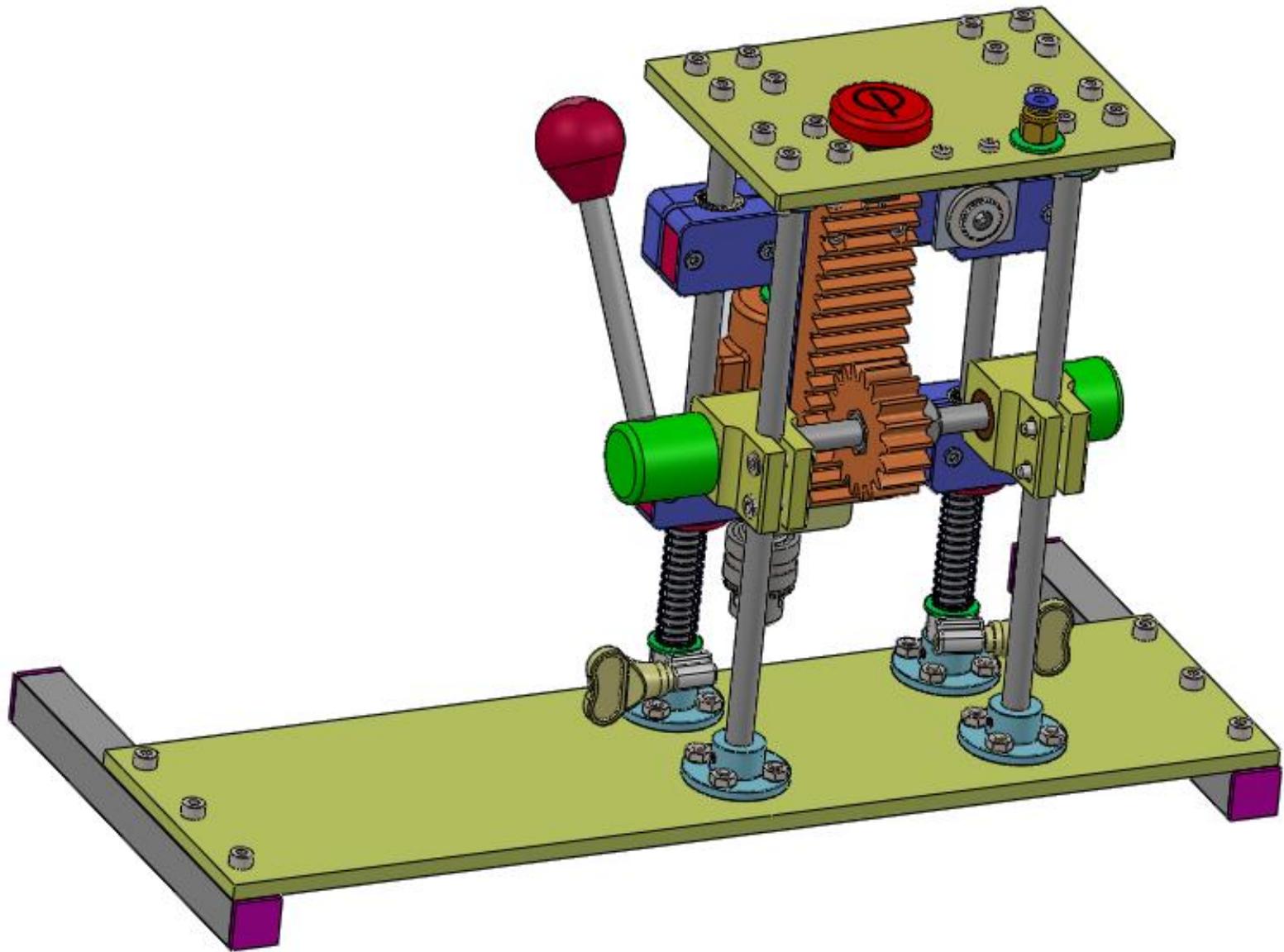


Рисунок 37 - Сборочная модель станка (вид сзади)

На сборочном чертеже не показана фторопластовая трубка с проводами соединяющая два фитинга, поскольку она является гибкой и ее точное положение относительно других деталей не является важным.

На сборочном чертеже показаны червячные хомуты. Они необходимы для регулирования положения слайдера в крайних верхней и нижней точках.

В процессе создания сборочной модели изменялись размеры некоторых деталей, расположение и диаметры отверстий, вырезов и т.п. Таким образом, создание сборочной модели позволило выявить ошибки при разработке деталей, убедиться в правильности всей конструкции и избежать переделок станка.

Глава 4. Изготовление деталей

4.1. Изготовление деталей на 3D-принтере

Для изготовления деталей на 3D-принтере разработанные в программе Solidworks были конвертированы в STL-формат. Затем stl-модели с помощью программы-слайсера Simplify3D преобразованы в файлы формата GCODE – файлы для печати на 3D-принтере [3]. После чего детали были напечатаны. Напечатанные детали показаны на рисунке 38.

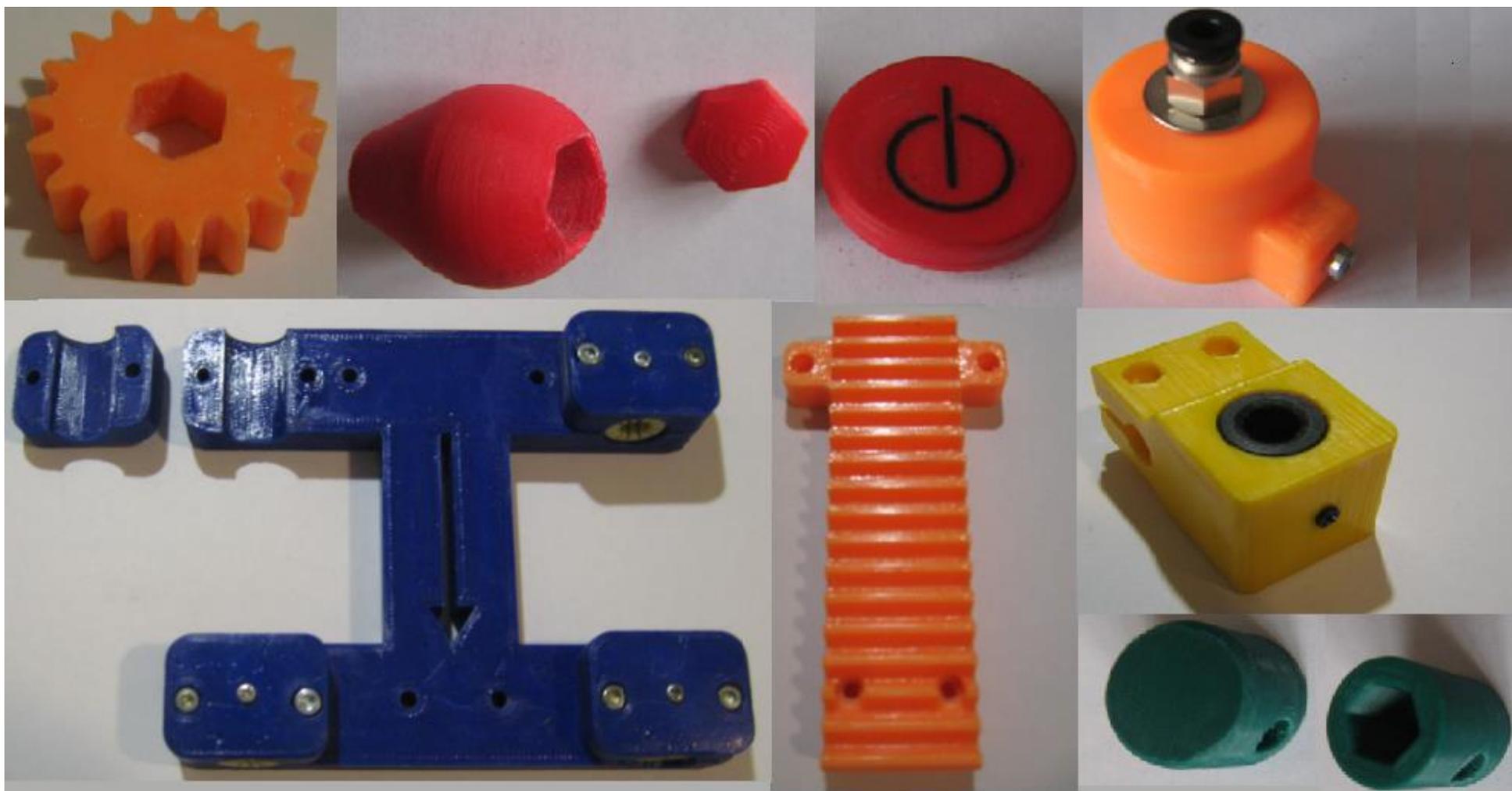


Рисунок 38 - Напечатанные детали

4.2. Изготовление деталей на фрезерном станке с ЧПУ

В проекте предусмотрено изготовление трех деталей из стеклотекстолита толщиной 5 мм. Это – основание, верхняя пластина и переходная пластина. Для данных деталей исходные (разработанные в Solidworks) модели были конвертированы в специальный формат *.dxf, и переданы на изготовление деталей (рисунок 39). Готовые детали показаны на рисунке 40.



Рисунок 39 - Изготовление основания на фрезерном станке с ЧПУ

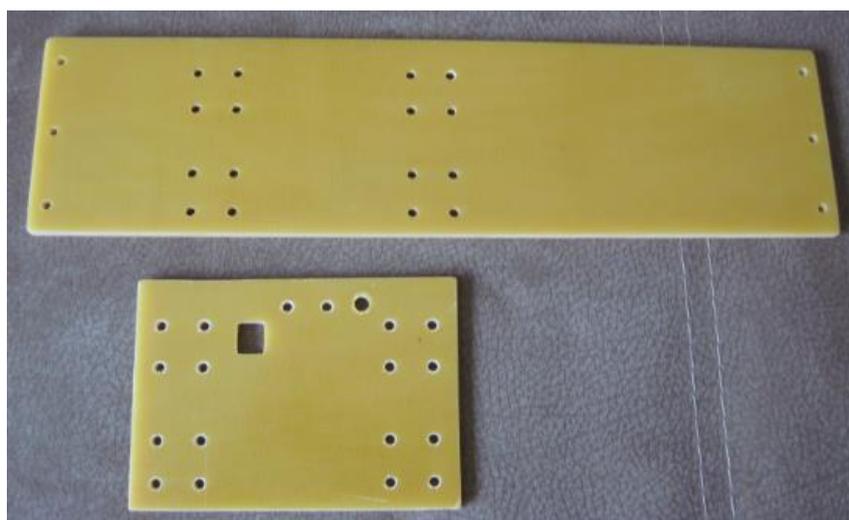


Рисунок 40 - Основание и верхняя пластина

4.3. Детали, изготовленные вручную

Несколько деталей для станка пришлось изготовить вручную. Это – удлиненные гайки (в них просверлены отверстия и нарезана резьба), уголок для гнезда питания электродвигателя и ножки станка (рисунок 41).

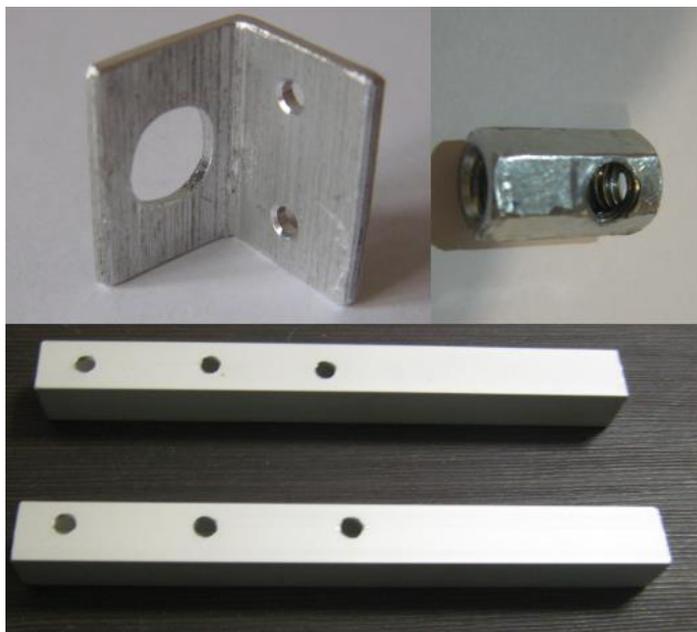


Рисунок 41 - Детали, изготовленные вручную

Глава 4. Сборка станка

Сборка станка не вызывает затруднений, поскольку, предварительно была выполнена сборка станка в компьютерной программе. Необходимо лишь в правильной последовательности установить и закрепить детали. Фотографии станка показаны на рисунках 42 и 43.

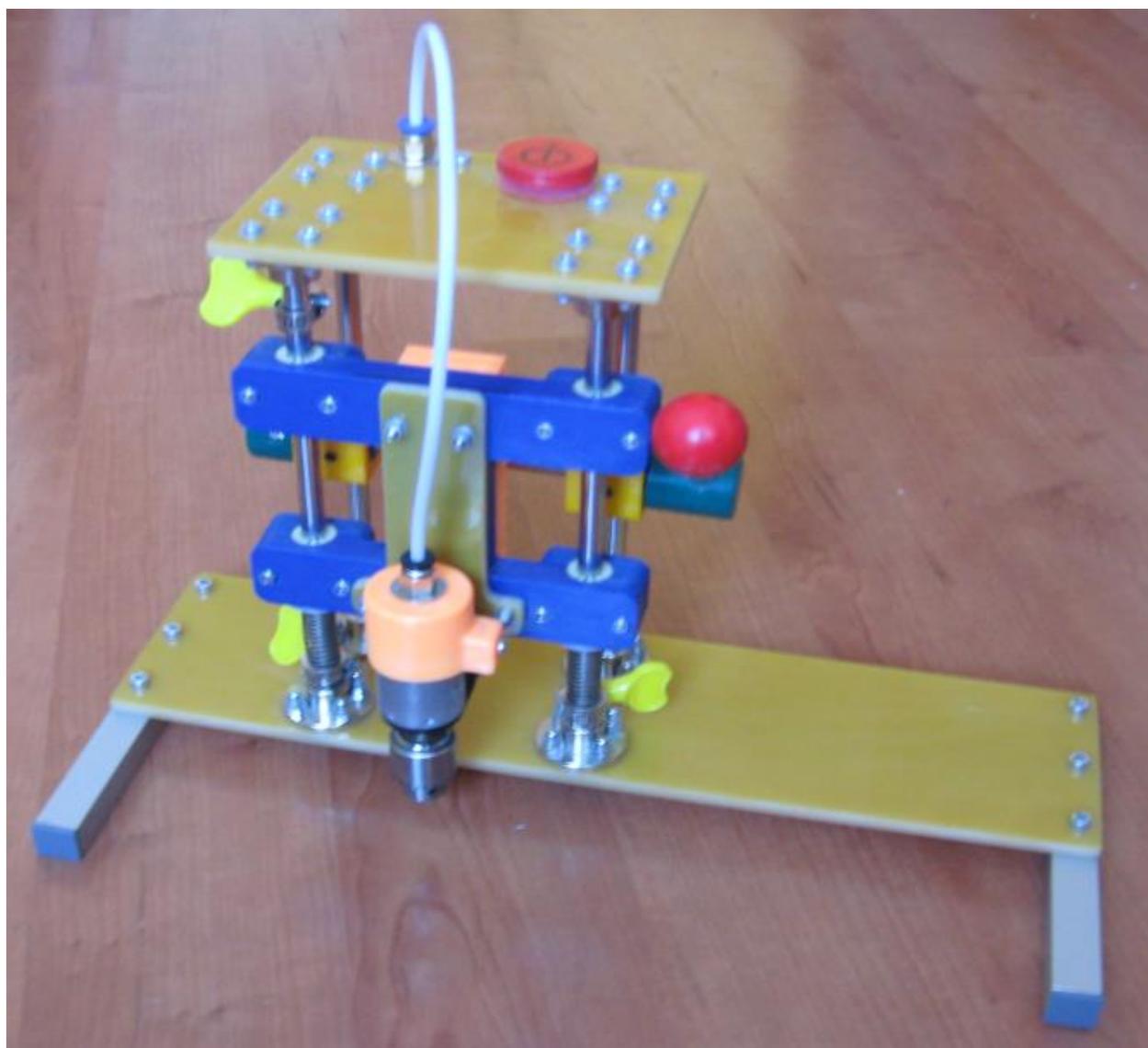


Рисунок 42 - Готовый станок (вид спереди)

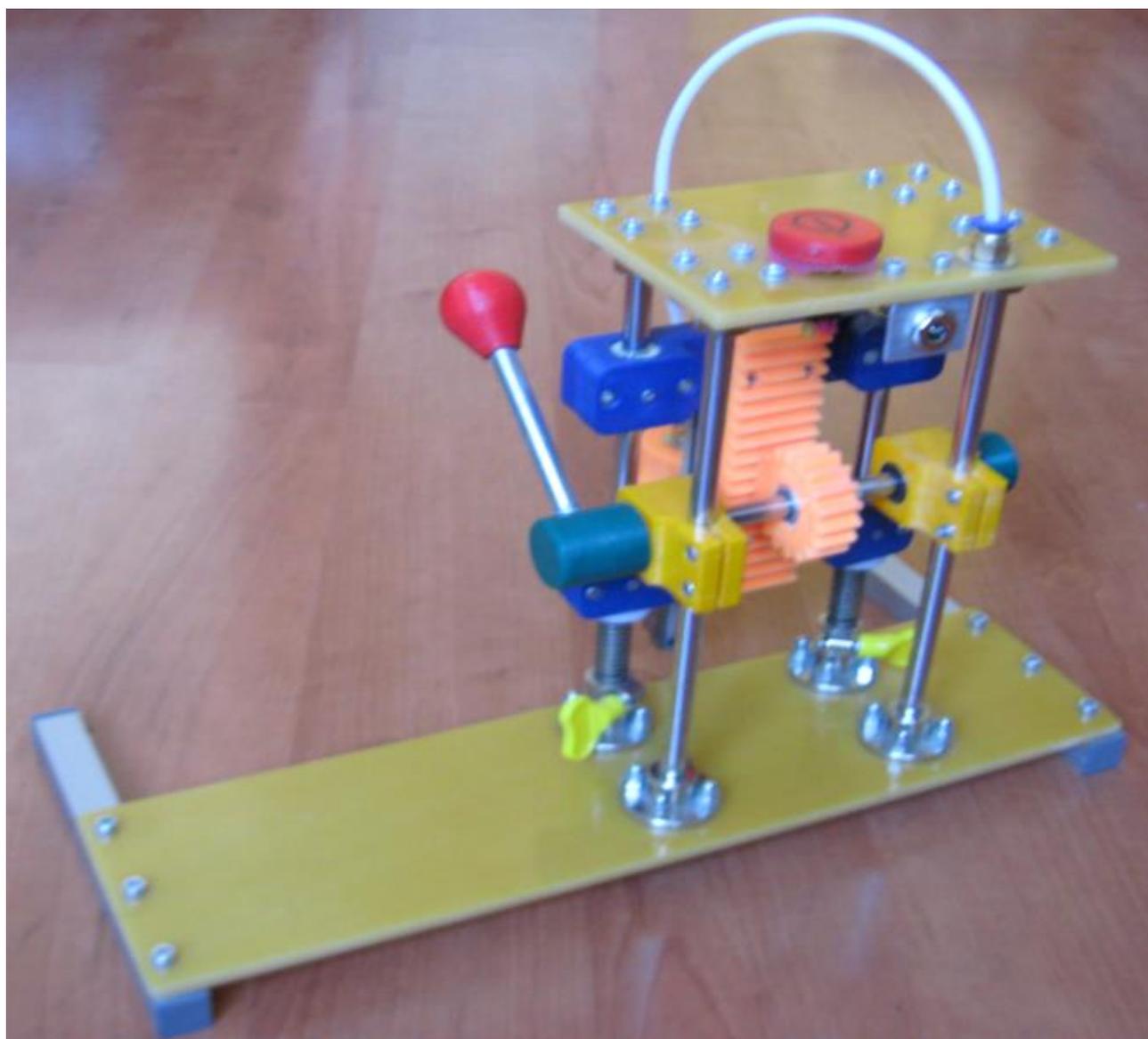


Рисунок 43 - Готовый станок (вид сзади)

Глава 5. Расчет стоимости станка

Стоимость станка рассчитана без учета мелких комплектующих (винтов, гаек и шайб). Расчет стоимости дан в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Кол-во шт.	Цена за шт. руб	Цена, руб
Электродвигатель с патроном	1	582.1	582.1
Блок питания, 12В	1	544.29	544.29
Полированный вал 20 см	4	183.15	732.6
Полированный вал 15 см	1	130.68	130.68
Крепление колонны	8	94.57	756.56
Фитинг	2	33.66	67.32
Хомут	3	11.22	33.66
Болт М8х80 мм	1	36.93	36.93
Втулка капролоновая	2	25	50
Втулка IGUS	4	108.56	434.24
Фторопластовая трубка, 25 см	1	66.33	66.33
Выключатель	1	43	43
Гнездо питания	1	150	150
Гайки удлиненные М8	3	6.98	20.94
Труба квадратная алюминиевая 15х15, 30 см	1	56	56
Изготовление деталей из стеклотекстолита	1	500	500
Стеклотекстолит, 0.15 м кв.	1	221.7	221.7
Пластик для 3D-принтера	1	170	170
Пружины	2	72	144
		Итого:	4740.35

Стоимость станка значительно ниже чем покупного.

Заключение

В ходе выполнения проекта, я познакомился с устройством сверлильных станков. Разработал и изготовил детали станка. Выполнил сборку модели станка в программе Solidworks. Собрал и испытал станок.

По окончании проекта можно сделать вывод, что самостоятельная разработка сверлильного станка для печатных плат и его изготовление являются, хотя и сложной инженерной задачей, но вполне выполнимой. При этом стоимость самодельного станка не высока, а качество хорошее.

Список использованной литературы

Интернет-ресурсы:

1. https://ru.aliexpress.com/item/220-V-680-W/32892046471.html?spm=a2g0v.search0104.3.31.7d9c52edXYZvzb&ws_ab_test=searchweb0_0%2Csearchweb201602_10_10065_10068_319_317_10696_453_10084_454_10083_10618_10307_10301_537_536_10902_10059_10884_10889_10887_321_322_10915_10103_10914_10911_10910%2Csearchweb201603_56%2CcppcSwitch_0&algo_pvid=2d032872-fe62-486e-9737-20c22ed1c273&algo_expid=2d032872-fe62-486e-9737-20c22ed1c273-4. Дата обращения: 31.03.2019.
2. Васильев А.И. 3D-принтер Prusa I3. Сборка, настройка и модернизация // Старт в науке. – 2018. - №5. URL: <http://www.science-start.ru/ru/article/view?id=1268>
3. <http://www.cb-online.ru/3d-modely/mehanika-3d/tokarniye-patrony/> . Дата обращения: 20.01.2018.
4. <http://www.cb-online.ru/download/xomut/> Дата обращения: 15.01.2018.
5. <https://www.leninsw.info/2017/10/solidworks-spring.html> Дата обращения: 15.01.2018