

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 5 города Слободского
Кировской области

ТВОРЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

на тему «Моделирование гидроманипулятора»

Выполнил:

Пестов Иван Александрович,
обучающийся 8 В класса

Руководитель:

Голышев О.Г., учитель технологии
Пестова А.А., учитель физики

Слободской

2022

Оглавление

Введение.....	3
1. Гидравлические механизмы в жизни человека.....	5
1.1 История создания манипуляторов.....	5
1.2 Устройство и принцип работы манипуляторов.....	7
1.3 Применение манипуляторов.....	9
2. Проектирование и технология изготовления манипулятора.....	10
2.1 Выбор модели изделия.....	10
2.2 Разработка конструкции.....	11
2.3 Технологическая карта изделия.....	12
2.4 Организация рабочего места и техника безопасности.....	15
2.5 Расчет себестоимости изделия.....	17
2.6 Технические возможности манипулятора.....	18
Заключение.....	20
Список использованных источников.....	21
Приложения.....	22

Введение

Актуальность

На протяжении всей истории человечества люди использовали подъемные механизмы, одним из которых является кран-манипулятор. Он давно стал привычной машиной, которая применяется во многих отраслях деятельности человека. Кран манипулятор – это спецтехника, представляющая собой грузоподъемный механизм, устанавливаемый на транспортное средство. За счёт своей универсальности это оборудование имеет ещё несколько названий – гидроманипулятор, «воровайка», краново-манипуляторная установка (КМУ).

Основной ценностью манипулятора является маневренность, способность работать в загруженных и стесненных условиях. На сегодняшний день манипуляторы имеют дистанционное управление, телескопические стрелы, гидравлический привод. Конструкция устройства постоянно совершенствуется, что позволяет увеличивать грузоподъемность, дальность стрелы.

Принцип работы и устройство манипулятора вызывают большой интерес для изучения. Процесс проектирования и изготовления модели простейшего манипулятора, работающего на основе гидравлического привода, позволит выявить пути совершенствования устройства.

Цель: проектирование и изготовление модели манипулятора, работающего на основе гидравлического привода.

Для достижения поставленных целей были определены следующие **задачи:**

- изучить историю создания манипуляторов, их устройство и принцип работы;
- определить форму и дизайн будущего изделия;
- разработать план изготовления изделия и технологическую карту;
- выбрать технику изготовления изделия и необходимый материал;
- изготовить манипулятор;

- произвести экономический расчёт стоимости изделия;
- проанализировать принцип работы полученного изделия.

Объект исследования: роботы-манипуляторы.

Предмет исследования: принцип работы манипуляторов с гидравлическим приводом.

Методы исследования:

- анализ и обобщение научной литературы об истории создания манипуляторов, их устройстве и принципе работы;
- наблюдение и сравнение работы различных манипуляторов;
- анализ полученных данных;
- фотографирование;
- построение сборочных чертежей;
- эксперимент.

Практическая значимость проекта состоит в том, что изготовленный манипулятор может быть использован учителем физики для повышения образовательного уровня обучающихся при объяснении тем «Давление жидкостей», «Закон Паскаля», «Сообщающиеся сосуды» и для демонстрации принципа работы гидравлических машин.

1. Гидравлические механизмы в жизни человека

1.1 История создания манипуляторов

Идея создания механического устройства своим внешним видом и действиями подобными человеческой руке увлекала изобретателей с незапамятных времен. Древнегреческий учёный и математик Архимед (рис. 1) построил множество приспособлений, самым известным и эффективным из которых стал «Коготь Архимеда» или «Лапа Архимеда» (рис. 2) - прообраз современного крана и манипулятора. Он был использован при защите городских стен Сиракузы от римских захватчиков.

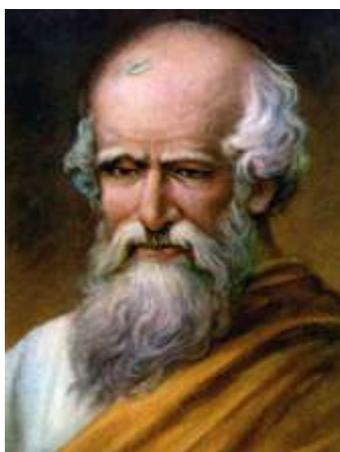


Рисунок 1. Архимед



Рисунок 2. Коготь Архимеда

Когда приближались вражеские корабли, по приказу Архимеда опускалась железная лапа, привязанная к цепи. Этой лапой машинист, управлявший клювом машины, захватывал нос корабля и затем опускал вниз другой конец машины, находившейся внутри городских стен. Таким способом он поднимал в воздух нос корабля и ставил корабль отвесно на корму, в результате чего корабли падали на бок, опрокидывались или наполнялись водой и погружались в неё.

Устройства для подъема и перемещения тяжелых грузов были обнаружены археологами при раскопках древнегреческих поселений, датируемых VI веком до нашей эры. Прimitивное сооружение напоминало щипцы, укрепленные на каменном блоке. Также известно, что при расцвете Римской империи, когда строились высокие здания и сооружения,

использовались подобные рычажные устройства, оснащенные противовесами.

В средние века появились портовые краны, представляющие собой поворотную систему, оборудованную двумя лебедками. Модели с поворотом вокруг вертикальной оси использовались в Голландии. В Германии разработали конструкции, где двигалась только башня со стрелой.

Во время Великой Отечественной войны кран-погрузчик использовался при обстреле: с помощью его передавали боеприпасы из укрытия в окоп через насыпь. Для того чтобы повысить мобильность погрузчика его помещали на военные шасси. Недостатком в конструкции крана было использование блочно-тросового привода и слабая колёсная база. Повысить эффективность работы такого манипулятора удалось, когда к 1945 году усовершенствовали конструкцию гидравлического привода.

Изобретателем крана-манипулятора считается датчанин Арне Йенсен. В начале 40-х годов XX века он впервые сконструировал примитивный манипулятор и установил его на грузовое шасси. Новая модель быстро нашла применение и стала востребованной спецтехникой, в те времена устройство называли грузовиком с краном.

Толчком к появлению манипуляторов промышленного применения стало начало ядерной эпохи. В 1947 году в США был разработан первый автоматический электромеханический манипулятор с копирующим управлением, повторяющий движения человека-оператора и предназначенный для перемещения радиоактивных материалов (рис. 3).

Первые советские грузовики ГАЗ-51, оснащенные краноманипуляторными установками Гидрокран 4010 были выпущены на Львовском заводе в 1955 году и имели грузоподъемность 500 кг (рис.4). Через год на грузовой автомобиль ЗИС-150 смонтировали усовершенствованный манипулятор Гидрокран 4030, вылет стрелы которого составлял 3,6 м.

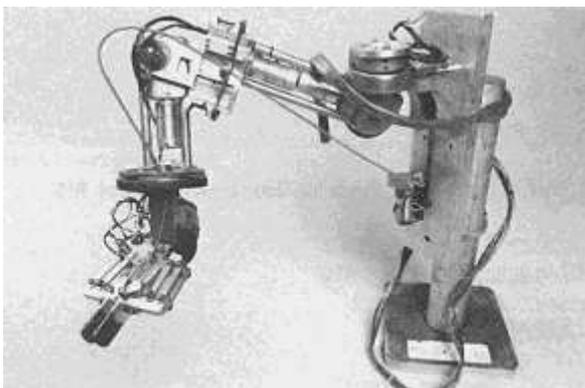


Рисунок 3



Рисунок 4

В Советском союзе производились только гидравлические шарнирные модели манипуляторов, которые были оснащены Z-образной стрелой.

Манипулятор может быть как самостоятельным устройством, так и находиться в составе более сложного роботизированного комплекса. Сегменты манипулятора имеют соединения, допускающие вращательное или поступательное движение.

1.2 Устройство и принцип работы манипуляторов

Манипулятор представляет собой управляемый механизм, который предназначен для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, и оснащён рабочим органом. Манипуляторы входят в состав промышленных роботов.

В устройстве манипулятора можно выделить следующие составные части:

А) Исполнительный механизм манипулятора представляет собой открытую кинематическую цепь, звенья которой последовательно соединены между собой сочленениями различного типа.

Б) Рабочий орган, расположенный на конце манипулятора (на его «запястье»), предназначенный для выполнения специального задания. В качестве рабочего органа может выступать захватное устройство или технологический инструмент, в котором захватывание и удержание объекта производятся посредством относительного перемещения частей данного

устройства. По своей конструкции «запястье» напоминает кисть человеческой руки: захват объекта осуществляется с помощью механических «пальцев».

В) *Привод*, применяемый для приведения звеньев манипулятора и устройства «захвата» в движение. Используют электрические, гидравлические или пневматические приводы. Гидравлические приводы предпочтительны в случаях, когда надо обеспечить значительную величину развиваемых усилий или высокое быстродействие.

Манипулятор с гидравлическим приводом является одним из передовых технических решений, позволяющий увеличить эффективность применения техники для транспортировки грузов и значительно уменьшить применение ручного труда при погрузке или разгрузке грузов.

В основе работы манипуляторов с гидравлическим приводом лежат законы движения и равновесия жидкостей. В отличие от твердых тел молекулы жидкости могут свободно перемещаться относительно друг друга по всем направлениям. Поэтому *давление, производимое на жидкость или газ, передается без изменений в каждую точку жидкости или газа*. Этот факт получил название закона Паскаля, который позволяет объяснить действие гидравлических машин. Таким образом, в манипуляторе с гидравлическим приводом происходит преобразование энергии потока жидкости в механическую энергию.

Основными частями гидравлического привода служат два цилиндра разного диаметра, снабженные поршнями и соединенные трубкой (рис.5).

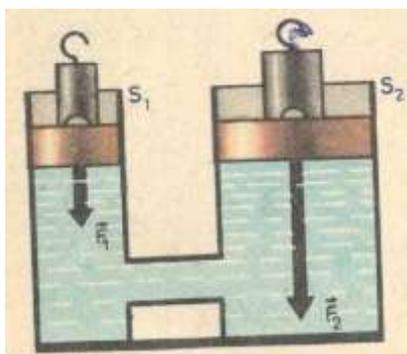


Рисунок 5

Пространство под поршнями и трубка заполняются жидкостью, обычно минеральным маслом.

Пусть F_1 и F_2 – силы, действующие на поршни, S_1 и S_2 – площади поршней. Давление под малым поршнем равно

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}, \text{ а под большим - } p_2 = \frac{F_2}{S_2}.$$

По закону Паскаля $p_1 = p_2$, поэтому

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}.$$

Следовательно, во сколько раз отличаются площади поршней, во столько же раз отличаются силы. Таким образом, с помощью гидравлической машины можно получить выигрыш в силе: малой силой уравновесить большую силу.

1.3 Применение манипуляторов

Манипуляторы широко применяют на мусоровозах, металловозах, аварийно-ремонтных машинах, каналопромывочных, коммунально-дорожных, пожарных машинах, машинах ударного действия, в сельскохозяйственном производстве.

Краны-манипуляторы комплектуют крановыми подвесками, грузоподъемными захватами для штучных грузов и контейнеров, грейферами для сыпучих и мелкокусковых материалов, вилочными и клещевыми захватами с ротаторами, бурами, дисковыми фрезами, грузопассажирскими люльками для подъема людей и монтажных работ на высоте.

Манипуляторы делятся на управляемые человеком и автоматические манипуляторы (роботы-манипуляторы). Развитие манипуляторов привело к созданию промышленных роботов.

Манипулятор широко применяется в горном деле. Он является основным механизмом бурильной машины. В металлургии служит для выполнения вспомогательных операций, связанных с изменением положения заготовки при обработке металлов под давлением. В кузнечных и прокатных цехах используются подвесные и напольные манипуляторы. В ядерной технике приспособление используется для работы с радиоактивными веществами, исключая непосредственный контакт человека с этими веществами. Манипуляторами оснащаются гидростаты для ведения океанографических и других работ на глубинах.

Кран-манипулятор с телескопической стрелой в народе часто называют «воровайка», «фишка». Такое прозвище манипулятор получил из-за возможности оперативно поднимать и перевозить габаритные и тяжелые грузы.

2. Проектирование и технология изготовления манипулятора

2.1 Выбор модели изделия

- **Анализ материалов для изготовления изделия**

На схеме 1 представлены возможные варианты материалов, которые могут быть использованы при изготовлении модели манипулятора.

Схема 1



Для изготовления модели манипулятора вначале был выполнен макет из картона (картонных коробок), в котором детали скреплялись при помощи зубочисток, клея и пластилина (рис.6). Но такая конструкция была ненадежной, неустойчивой, поэтому было решено изготовить модель из фанеры.

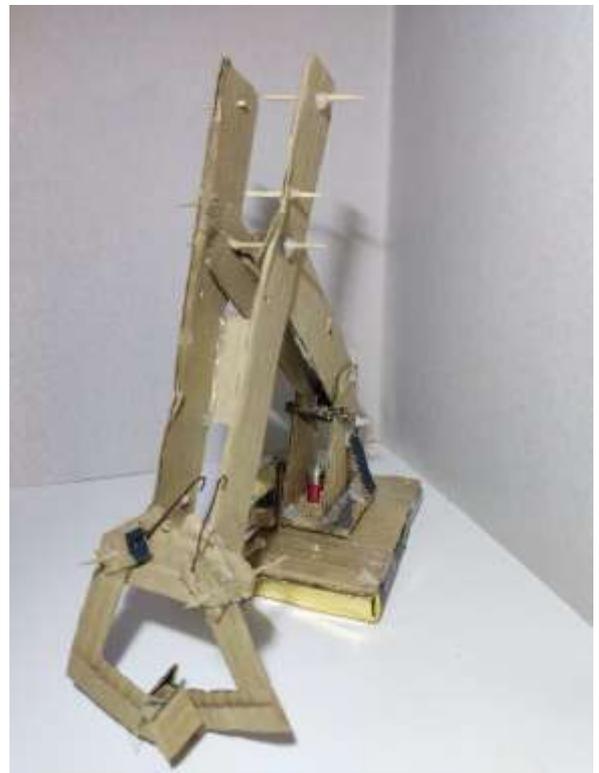


Рисунок 6 Макет из картона

При изготовлении будет использоваться фанера различной толщины 4 мм, 8 мм, 10 мм, 14 мм.

Также понадобится система для переливания инфузионных растворов, которую можно приобрести в аптеке. Из этой системы будут задействованы шланги, которые заполняются водой и подсоединяются к шприцам, с помощью которых будет осуществляться движение манипулятора (рис.7).



Рисунок 7

Для соединения деталей манипулятора будут использоваться винты, гайки и саморезы.

- **Новизна изделия**

Рассмотрев различные варианты манипуляторов на просторах Интернета, выполненных вручную, и проанализировав принцип их действия, можно сделать вывод, что для изготовления поворотного механизма манипулятора эффективнее использовать подшипник, с помощью которого будет возможно осуществлять поворотные движения на 90 градусов.

А также была разработана индивидуальная система захвата, с помощью которой можно поднимать предметы различной формы и удерживать их при подъеме более крепче.

- **Анализ инструментов для изготовления изделия**

Изготовление деталей манипулятора будет осуществляться при помощи следующего оборудования и инструментов: карандаш, линейка, штангенциркуль, шуруповерт, сверлильный станок, токарный станок, лобзик ручной, напильник, рашпиль, киянка, отвертка, гаечный ключ, клеевой пистолет, ножницы.

2.2 Разработка конструкции

Модель манипулятора будет состоять из следующих составных частей:

- а) основание манипулятора;
- б) держатель поворотного механизма;
- с) поворотный механизм;

- d) рама;
- e) блок захвата;
- f) передаточные тяги;
- g) система гидравлического привода: 8 шприцов, соединенных шлангами попарно.

Первая пара отвечает за движение вверх-вниз средней части рамы, вторая пара – движение верхней части рамы, третья пара – поворотные движения вокруг собственной оси манипулятора, четвертая пара – движение захвата.

На рисунке 8 представлена готовая модель манипулятора.

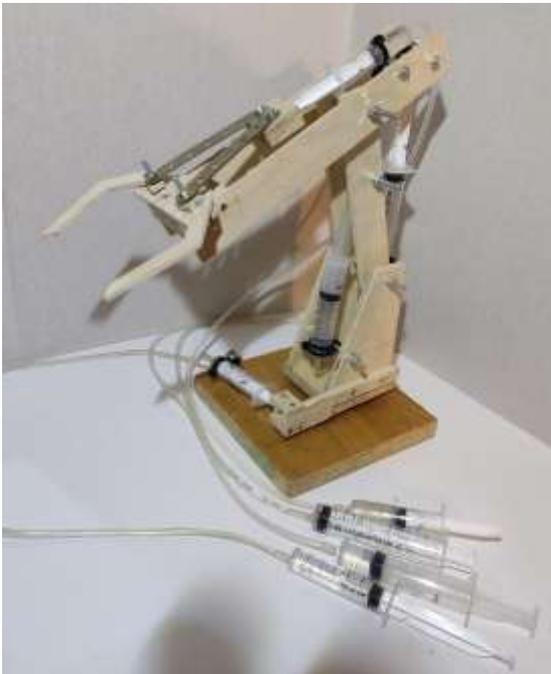
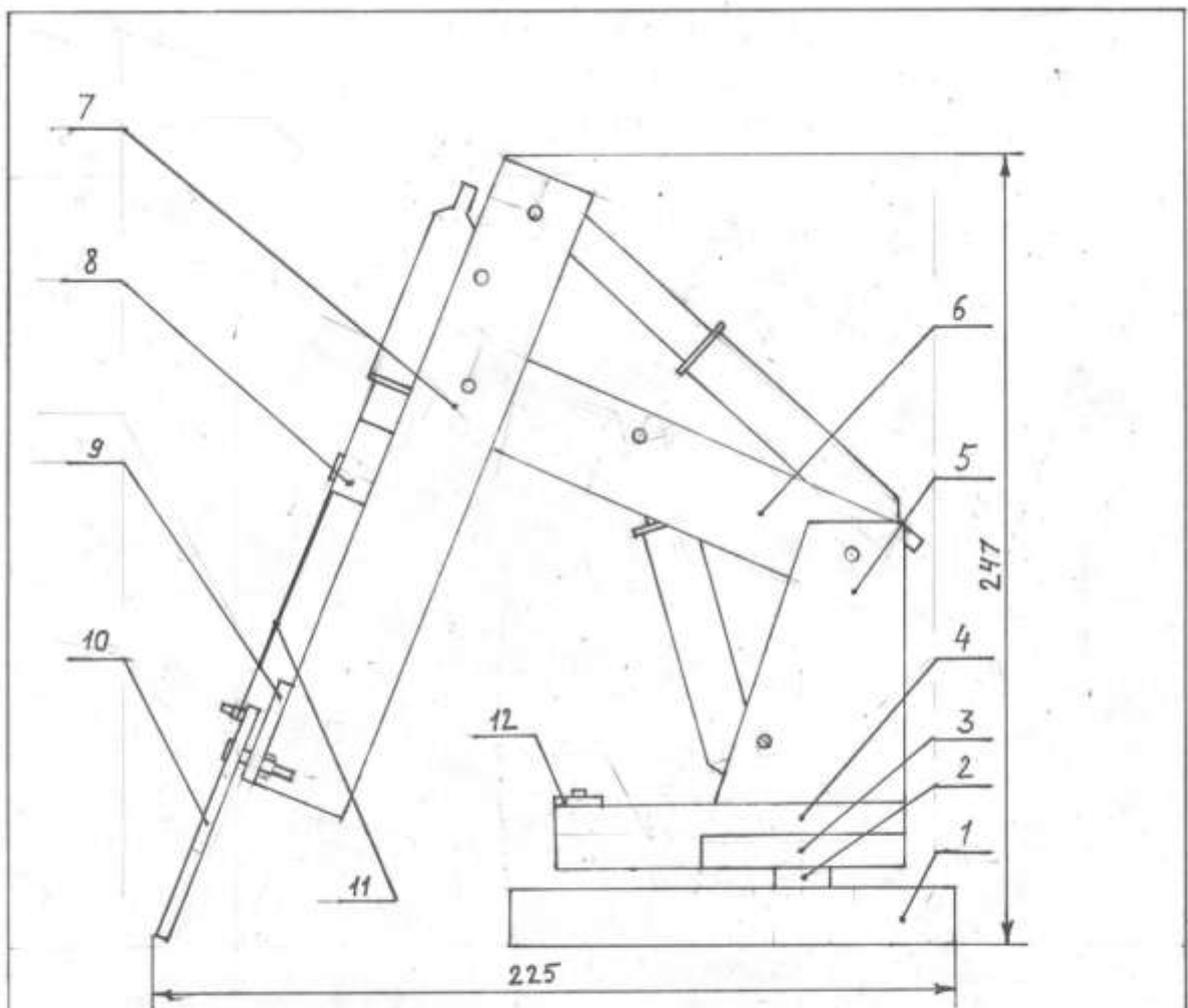


Рисунок 8

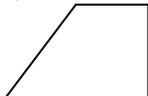
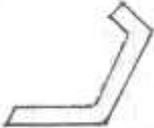
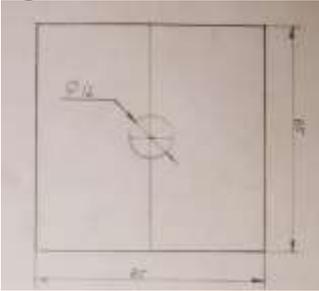
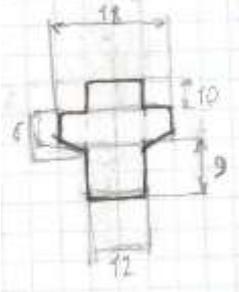
На рисунке 9 представлен сборочный чертеж изделия.

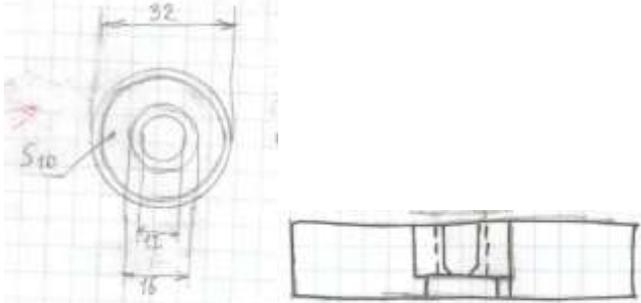
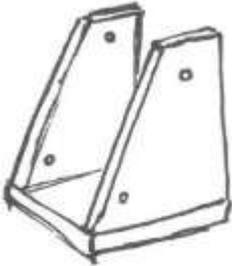
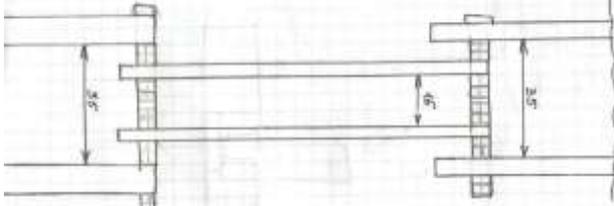
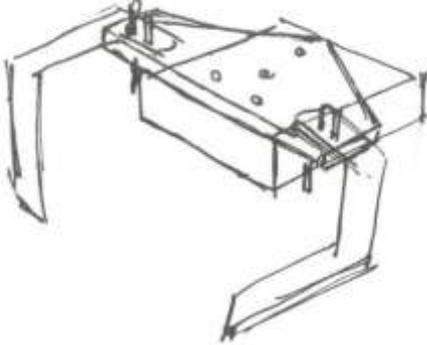
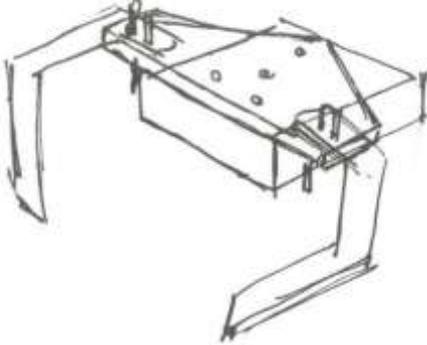


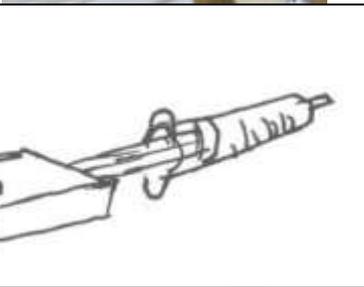
Поз.	Наименование	Кол.	Материал	Примеч.
1	Основание	1	Фанера	
2	Держатель основы поворотного мех-ма	1	Фанера	
3	Основа поворотного механизма	1	Фанера	
4	Палочка поворотного механизма	1	Фанера	
5	Нижняя часть рамы	2	Фанера	
6	Средняя часть рамы	2	Фанера	
7	Верхняя часть рамы	2	Фанера	
8	Распределительная деталь	1	Фанера	
9	Держатель захватов	1	Фанера	
10	Захват	2	Фанера	
11	Передающие тяги	2	Сталь	
12	Дополнительная деталь	2	Фанера	
Чертил	Пестов В.И.			
Проверил				
Школа №5	кл 8в		1:2	

Рисунок 9

2.3 Технологическая карта изделия

№	Операции	Эскиз	Оборудование и инструменты
1.	Подбор материалов с учетом припусков	a) Верхняя часть рамы (Приложение 1) 	Линейка, штангенциркуль
2.	Выполнение разметки деталей и отверстий	b) Средняя часть рамы 	Карандаш, шаблоны из картона
3.	Изготовление деталей из фанеры	c) Нижняя часть рамы (Приложение 3) 	Лобзик ручной, шлифовальный блок
4.	Зашкуривание краев деталей	d) Основание поворотного механизма (Приложение 4) 	Наждачная бумага, напильник, рашпиль
5.	Высверливание отверстий	e) Основание (Приложение 2)  f) Палочка поворотного механизма (Приложение 3)  g) Захват  h) Держатель захватов 	Токарный станок
6.	Вытачивание держателя поворотного механизма	Приложение 4 	Токарный станок, резцы, карандаш, наждачная бумага
7.	Запрессовка держателя основы поворотного механизма в подшипник		Киянка, железные запрессовочные трубочки различного диаметра

8.	Запрессовка подшипника в основание		Киянка, железные запрессовочные трубочки различного диаметра
9.	Сборка блока палочки поворотного механизма (прикрепление дополнительных деталей)	 <p style="text-align: center;">Приложение 5</p>	Шуруповерт, отвертка, саморезы, винты и гайки
10.	Сборка основания поворотного механизма с нижней частью рамы		Карандаш, штангенциркуль, сверлильный станок, саморезы, отвертка
11.	Сборка рамы		Отвертка, винты, гайки, штангенциркуль, гаечный ключ
12.	Сборка блока захвата, крепление держателя захватов к распорке верхней части рамы, установка захватов		Штангенциркуль, винты, гайки, саморезы, отвертка, гаечный ключ, сверлильный станок, сверла
13.	Установка блока захвата на верхнюю часть рамы		Саморезы, шуруповерт, сверла, отвертка

14.	Установка передаточных тяг			Винты, гайки, отвертка
15.	Крепление распределительной детали к поршню шприца			Клеевой пистолет, ножницы, шприц
16.	Крепление шприцов к раме			Шприцы, пластиковые хомуты, проволока медная
17.	Установка шлангов			Шланги от системы переливания инфузионных растворов
18.	Заполнение системы водой и гидравлические испытания			Вода, вспомогательный шприц
19.	Произвести лакирование изделия			Лак, кисть
20.	Проверить качество соединений и работу готового манипулятора			

2.4 Организация рабочего места и техника безопасности

Рабочее место должно быть удобным, столярный верстак должен стоять так, чтобы свет падал с левой стороны или спереди. Инструменты и приспособления располагают в правой стороне стола, а материалы – слева. Необходимо следить за правильной осанкой и положением рук при выпиливании или высверливании. Во время работы грудь не должна быть сжата, корпус слегка наклонен вперёд, расстояние от глаз до работы 25-30см. При работе на токарном или сверлильном станке используется спецодежда: халат из хлопчатобумажной ткани (фартук с нарукавниками), берет, защитные очки.

Рабочее место для выпиливания или сверления должно быть хорошо освещено, но свет не должен слепить глаза. Правильное пиление лобзиком возможно при туго натянутом полотне, закрепленном винтовыми зажимами. Грамотно вставленное полотно имеет направление зубцов к ручке. В процессе работы кроме самого лобзика понадобятся набор надфилей и абразивные наждачные материалы, карандаш, линейка. Плохо натянутое полотно не позволит вырезать лобзиком качественно, а полотно пилы быстро сломается. Если полотно установлено правильно, то пилит она только тогда, когда движется вниз. В этой фазе нужно слегка нажимать вперед, продвигая ее по линии рисунка. Важно следить за вертикальностью движения полотна, не допускать наклонов.

При работе на токарном или сверлильном станках нужно обеспечить правильную установку детали и прочность крепления, обрабатываемую деталь необходимо прочно и жестко закреплять. Нужно плавно подводить резец к детали, которая обрабатывается, не допуская увеличения сечения стружки. Пользоваться надо только исправным резцом или сверлом. Прежде чем вынуть деталь из патрона или прижимного устройства, нужно остановить станок.

При работе на сверлильном станке подачу сверла на деталь производить плавно, без рывков. Стружки из высверленного гнезда удалять только при помощи специальной щетки, не удалять стружку при работающем

станке. Нельзя останавливать и тормозить руками выключенный, но еще продолжающий вращаться шпиндель сверлильного станка. Особое внимание и осторожность уделять в конце сверления (при выходе сверла из материала заготовки уменьшить подачу).

При работе с шуруповертом нужно использовать защитные очки и перчатки. Перед эксплуатацией внимательно проверить биты на предмет трещин или повреждений. Нужно заменить треснувшую или поврежденную биты. Перед сверлением удостовериться в отсутствии кабелей в этой зоне, при закручивании или откручивании крепежа не стоит слишком сильно давить на инструмент.

2.5 Расчет себестоимости изделия

На изготовление модели манипулятора потребуются следующие материалы:

- Винты с гайками;
- Медицинские шприцы;
- Пластмассовые стяжки;
- Фанера;
- Подшипник.

В таблице 1 представлен расчет стоимости материалов, необходимых на изготовление изделия.

Таблица 1

№	Название материалов	Количество	Стоимость за ед.изделия, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Винт 4*20	2	1,5	3
2	Винт 4*50	3	2	6
3	Винт 4*70	3	2	6
4	Гайка 4 мм	35	1	35
5	Винт 3*20	5	1	5
6	Саморезы	19	0,2	3,8
7	Винт 5*30 (глухарь)	1	2	2
8	Шприц 10 мл	4	11	44
9	Шприц 5 мл	4	8	32
10	Система для переливания инфузионных растворов	2	35	70
11	Стяжки пластмассовые	11	1,7	18,7
12	Фанера 8 мм, кв.метров	0,016	330	5,28
13	Фанера 10 мм, кв.метров	0,004	347	1,388
14	Фанера 4 мм, кв.метров	0,025	242	6,05
15	Фанера 14 мм, кв. метров	0,000625	350	0,21875
16	Подшипник	1	120	120
			Итого:	358,44

Итак, стоимость материалов на изготовление изделия составляет 358 рублей 44 копейки.

Также при расчете себестоимости изделия нужно учесть затраты на электроэнергию, так как при изготовлении использовалось оборудование (токарный станок, сверлильный станок, шуруповерт), работающее за счет электрической энергии. Учитывая, что стоимость электроэнергии за 1 кВт*ч составляет 4 руб. 27 коп., в таблице 2 приведен расчет затрат на электроэнергию.

Таблица 2

Прибор	Время работы, час	Мощность, кВт	Стоимость, руб.
1. токарный станок	1 час	0,6 кВт	2,56
2. сверлильный станок	1 час	0,6 кВт	2,56
3. шуруповерт	0,5 час	0,5 кВт	1,07
Итого:			6,19

Стоимость затрат на электроэнергию составила 6 руб. 19 коп.

При расчете себестоимости изделия не учитывалась оплата труда, так как изделие изготавливалось самостоятельно для себя. Возможно, что за изготовление такой модели манипулятора пришлось бы заплатить не менее 1000 рублей.

Таким образом, себестоимость модели манипулятора составила 364 рубля 63 копейки.

2.6 Технические возможности манипулятора

При конструировании модели были использованы 4 пары шприцов, соединенные шлангами. В каждой паре диаметры шприцов были 16 мм и 11 мм. Определим площади поршней по формуле:

$$S = \pi R^2$$

$$S_1 = 3.14 \cdot \left(\frac{16}{2}\right)^2 = 200,96 \text{ мм}^2 - \text{площадь большего поршня,}$$

$$S_2 = 3.14 \cdot \left(\frac{11}{2}\right)^2 = 94,985 \text{ мм}^2 - \text{площадь малого поршня.}$$

Сравним, во сколько раз отличаются площади поршней: $\frac{S_1}{S_2} = \frac{200.96}{94.985} = 2.12$

Итак, площади поршней отличаются в 2,12 раз. Согласно закону Паскаля давление в жидкости по всем направлениям распределяется одинаково, то

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{F_1}{F_2} = 2.12, \text{ получаем выигрыш в силе в } 2,12 \text{ раз.}$$

В ходе испытаний выяснили, что груз может быть поднят данной моделью манипулятора на высоту 44 см.

Заключение

Целью данного творческого проекта было конструирование и изготовление модели манипулятора, работающего на основе гидравлического привода.

Для достижения поставленных целей была изучена история создания манипуляторов, их устройство и принцип работы. Проанализировав наблюдения работы манипуляторов в жизни человека (в том числе при разгрузке и погрузке лесозаготовок) и модели манипуляторов на просторах Интернета, выполненных вручную, была определена форма изделия, выбраны материалы, инструменты и оборудование для изготовления модели.

По разработанному плану и технологической карте был сконструирован манипулятор, отличающийся от других своей подвижностью, поворотнo-вращательным механизмом и системой захвата. После выполненных работ был произведен экономический расчёт стоимости изделия, который составил 364 рубля 63 копейки. А также были выполнены расчеты по определению выигрыша в силе (в 2,12 раз) и опытным путем установлена максимальная высота подъема груза – 44 см.

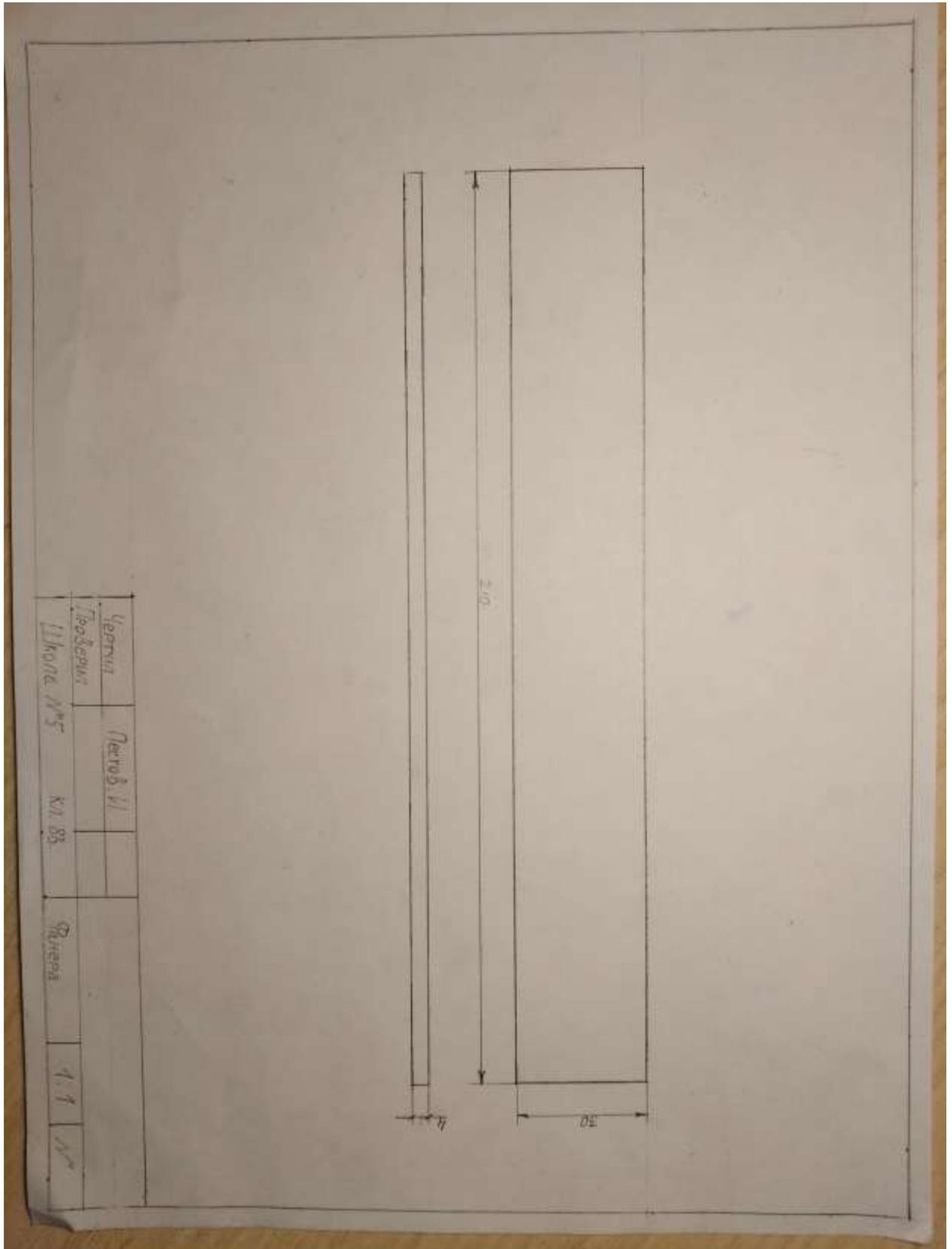
В процессе изготовления модели приходилось сталкиваться с трудностями, например, при высверливании отверстий нужно было соблюдать расположение осей. Требовались также навыки при построении чертежей, приходилось обращаться к учебной литературе и помощи руководителя проекта. Несомненно, приобретенные знания и навыки пригодятся в дальнейшей учебе.

Практическая значимость проекта заключается в том, что изготовленный манипулятор может быть использован учителем физики для повышения образовательного уровня обучающихся при объяснении тем «Давление жидкостей», «Закон Паскаля», «Сообщающиеся сосуды» и для демонстрации принципа работы гидравлических машин.

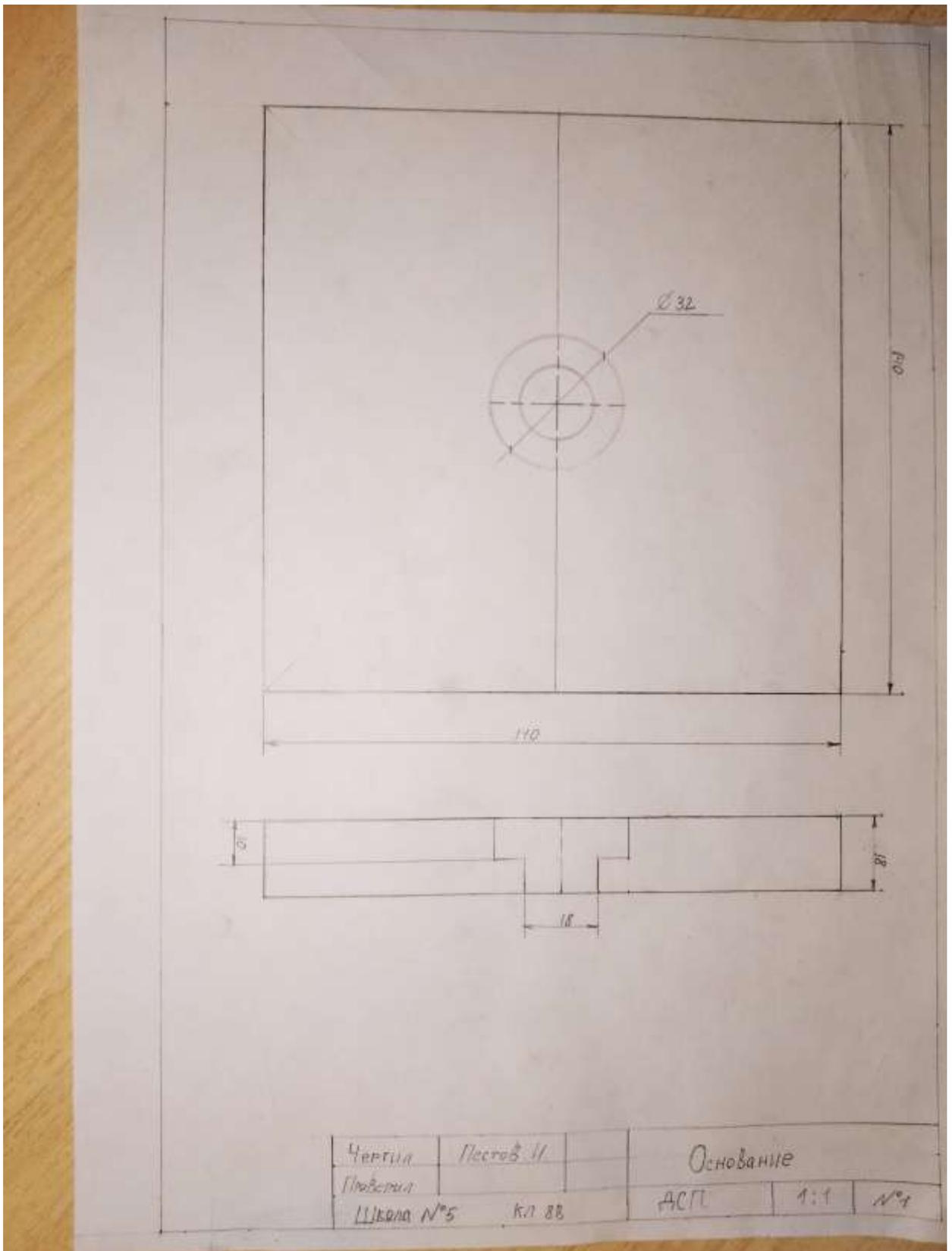
Список использованных источников

1. Ботвинников А.Д. и др. Черчение: Учеб. для 7-8 кл. сред. общеобразоват. шк. А.Д.Ботвинников, В.Н.Виноградов, И.С.Вышнепольский. – 3-е изд. – М.:Просвещение, 1990
2. Коготь Архимеда. Свободная энциклопедия Википедия: [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Коготь_Архимеда. (Дата обращения: 02.12.2021)
3. Кто и как придумал кран-манипулятор?: [Электронный ресурс]. URL: <https://exbig.ru/post.php?id=52>. (Дата обращения: 18.09.2021)
4. Советские грузовики с манипуляторами: 20 архивных фото: [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/mmariya/sovetskie-gruzoviki-s-manipulatorami-20-arhivnyh-foto-5cc9b0c9ef96e100aefbad3b>. (Дата обращения: 20.10.2021)
5. Физика. 7кл.:учеб. для общеобразоват.учереждений / А.В. Перышкин.- 10-е изд.,- М.: Дрофа, 2006.
6. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. – М.: Высш.шк., 1994
7. Чехутская Н.Г. Применение манипуляторов с гидравлическим приводом в машинах различного технологического назначения. [Электронный ресурс] // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. - №1(1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-manipulyatorov-s-gidravlicheskim-privodom-v-mashinah-razlichnogo-tehnologicheskogo-naznacheniya/viewer>

Верхняя часть рамы манипулятора

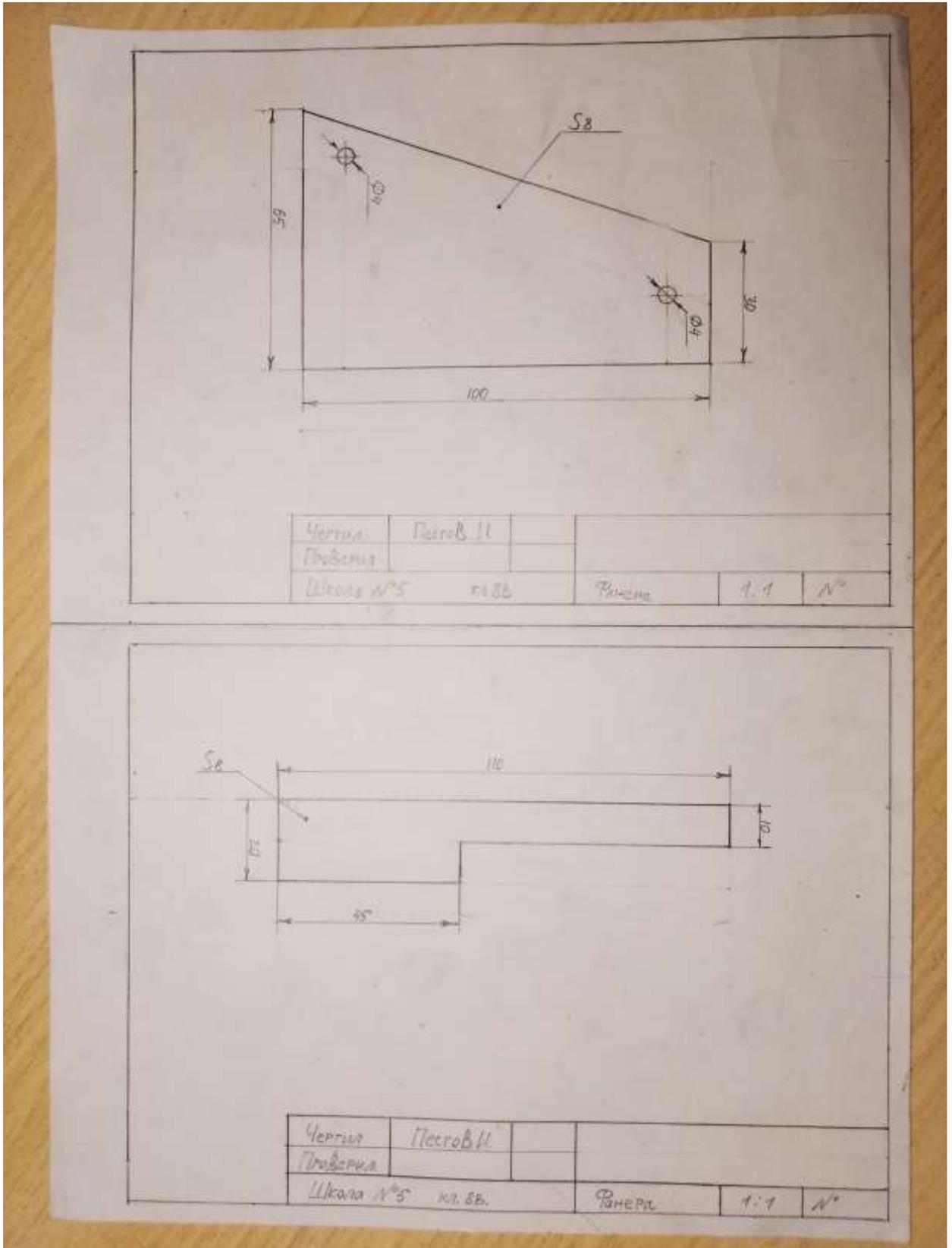


Основание манипулятора

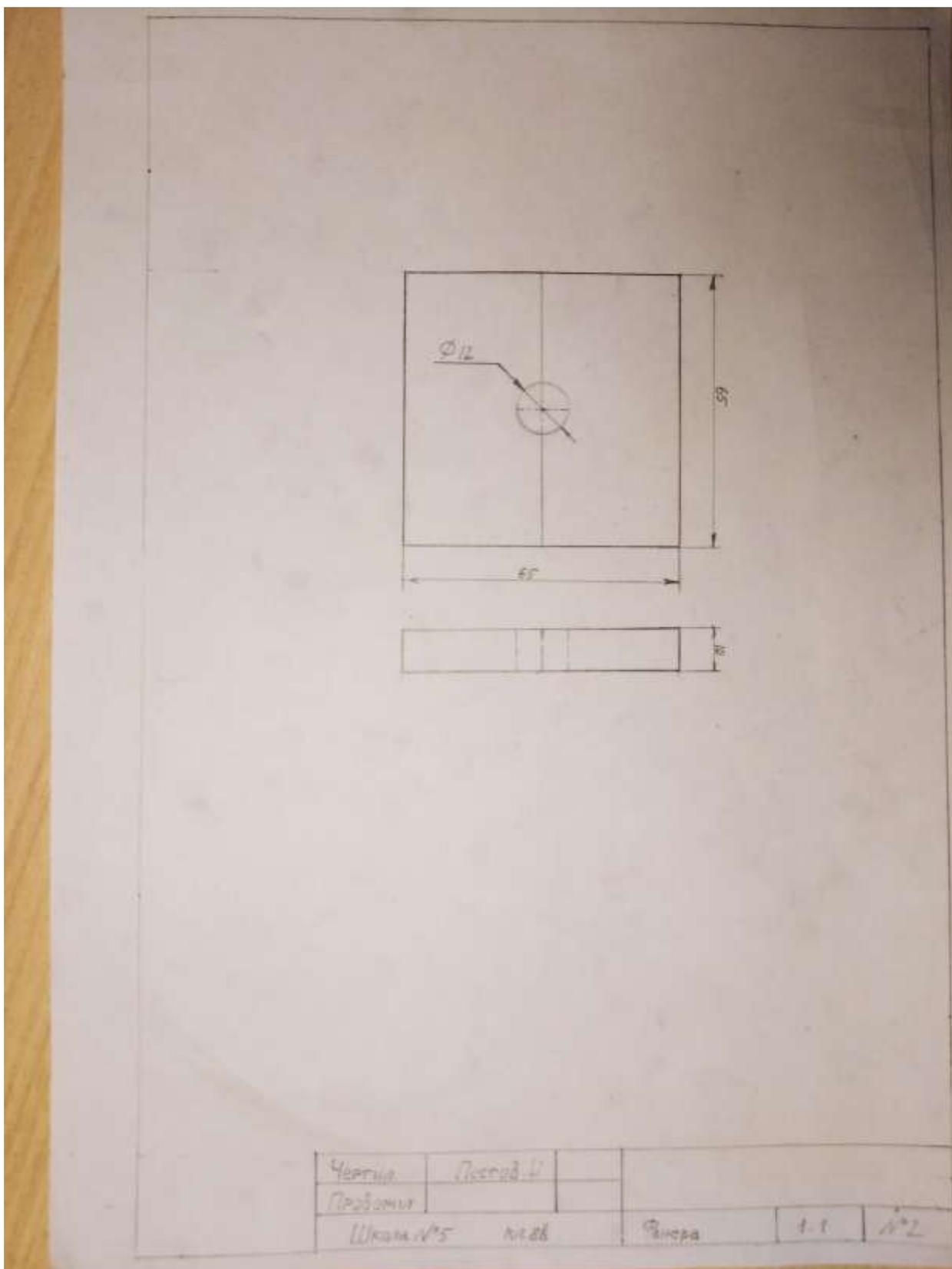


Нижняя часть рамы манипулятора.

Палочка поворотного механизма



Держатель поворотного механизма



Приложение 5

Чертеж дополнительных деталей, прикрепляемых к палочке поворотного механизма

