

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизации»

Аскарбеков Динмухамед

Конструирование манипулятора с мягким хватом

Дипломная работа

Образовательная программа: 6В07113 Робототехника и мехатроника

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

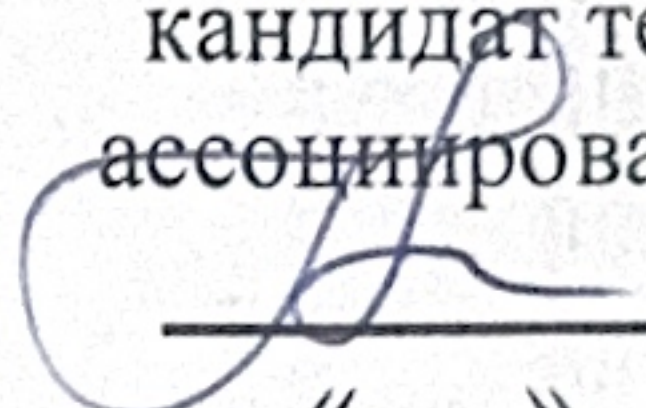
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
 Ожикенов К. А.
«___» _____ 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка и конструирование манипулятора с мягким схватом и
системой управления»

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Рецензент

PhD, ассоциированный профессор

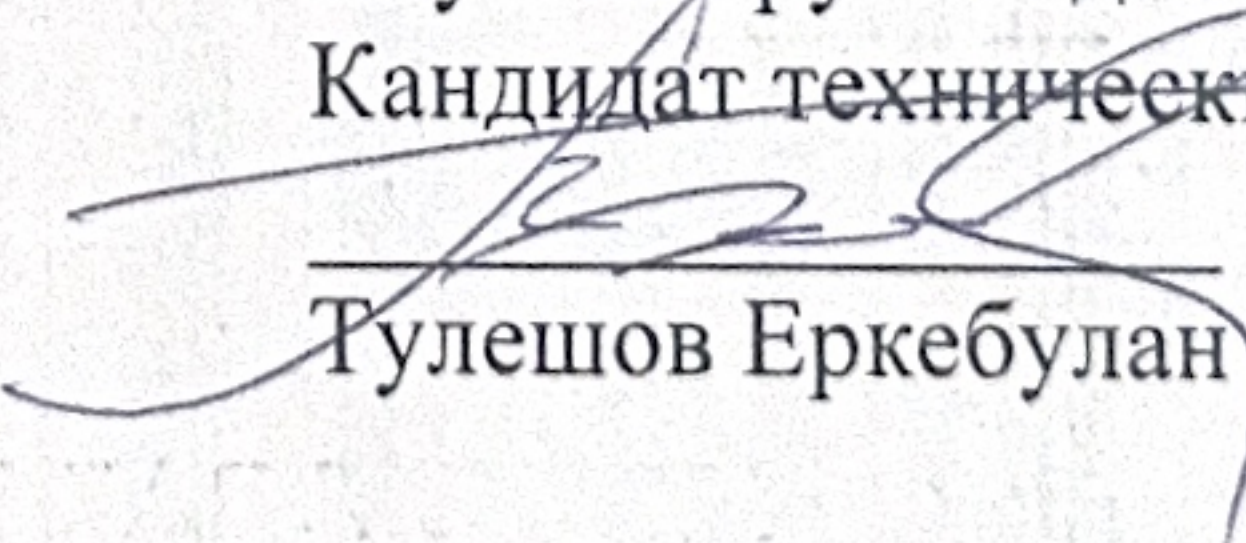
Мұратов Мұхит Мұхаметнұрұлы



Аскарбеков Динмухамед

Научный руководитель

Кандидат технических наук. PhD

 Тулешов Еркебулан Амандыкович

«___» мая 2025 г.

«___» мая 2025 г.

Алматы 2025

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

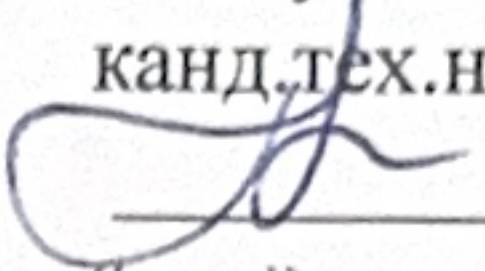
Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизации»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТиТСА

канд.тех.наук, профессор

 К.А. Ожигенов

«___» _____ 2025г

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающиеся: Аскарбеков Динмухамед

Тема: Конструирование манипулятора с мягким схватом

Утверждена приказом проректора по академической работе:

№	
Срок сдачи законченного проекта	«___» _____ 2025 г.

Исходные данные к дипломному проекту:

- А) Разработка системы схвата
- Б) Разработка кинематики робота
- В) Разработка схемы электроникой
- Г) 3D моделирование узлов и частей робота
- Д) Сборка прототипа манипулятора

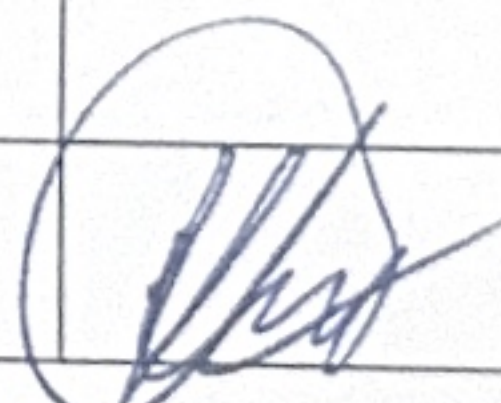
Перечень подлежащих разработке в дипломной работе вопросов: представлены _____
слайда презентации. Рекомендуемая основная литература: из _____ наименований.

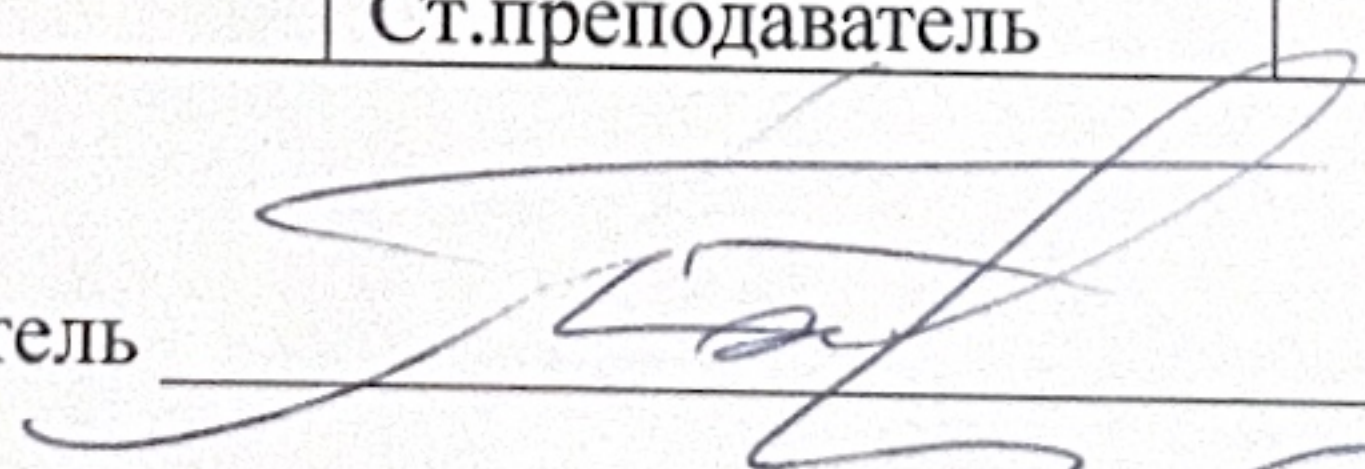
ГРАФИК
подготовка дипломного проекта

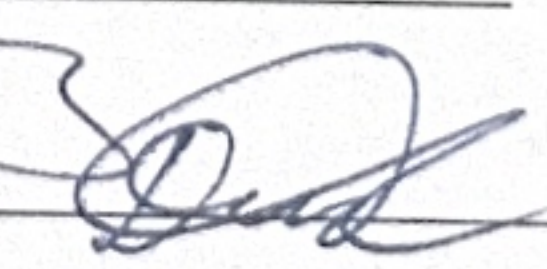
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Разработка сценария машиностроения	12.02	Выполнено
Разработка конструкторского проекта	15.03	Выполнено
Разработка описания питания	11.04	Выполнено
Проектирование компонентов	11.04	Выполнено
Печать деталей проекта	10.05	Выполнено
Сборка прототипа машиностроения	10.05	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием
относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч. степень. звание)	Дата подписания	Подпись
Программное обеспечение	Аймуханбетов Е. А. Ст.преподаватель		
Нормоконтролер	Кальменов Е. Т. Ст.преподаватель		

Научный руководитель  Тулешов Еркебулан

Задание принял к исполнению обучающийся  Аскарбеков Динмухамед

Дата «02» 06 2025 г

Некоммерческое Акционерное Общество «Казахский Национальный Исследовательский
Технический Университет имени К.И.Сатпаева»

Рецензия

дипломного проекта Аскарбекова Динмухамеда
по специальности 6B07113 – “Робототехника и мехатроника”

Satbayev University

На тему: “Разработка и конструирование манипулятора с мягким схватом и системой
управления”

Выполнено:

А) графическая часть _____ листах

Б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЕ К РАБОТЕ

Актуальность темы. Данная дипломная работа затрагивает тему обучения школьников и студентов на примере робота манипулятора.

В настоящее время ключевую роль играет доступность и креативность решений в конструкции робота, что указано в дипломном проекте. Стоит отметить использование современного программного обеспечения Shapr3D, востребованная в сфере 3D моделирования и конструирования.

Структура работы. Дипломная работа состоит из 4 глав и 13 подразделов, помимо этого, в работе имеется заключение и указан список используемой литературы.

Первая глава посвящена исследовательской части, в ней описаны актуальность проекта и идет постановка основной задачи работы.

Во второй главе студент концентрируется на практической части, определяется с характеристиками манипулятора, подбирает электронные компоненты и делает расчеты кинематики робота.

Третья глава посвящена 3D моделированию и 3D печати робота манипулятора, затрагивая тонкости и аспекты работы.

В четвертой главе идет упор на коммерциализацию дипломного проекта и процесс серийного производства макетов робота.

Участник в работе выставки “Жастар Алаңы 2023”, г.Алматы.

Оценка работы

Дипломная работа Аскарбекова Д. свидетельствует о завершенности и всестороннем подходе к поставленной задаче. Представляя собой значимый проект, рассматривающий актуальный вопрос в области внедрения робототехники в учебные заведения для повышения качества образования. Работа заслуживает высокой оценки 90% и рекомендуется к защите.

Рецензент

PhD, Ассоциированный профессор

Кафедра физики плазмы, нанотехнологии и компьютерной физики

КазНУ им. аль-Фараби

Муратов М.М.

(подпись)

« ____ » _____ 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ		
1.ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ		
1.1 Актуальность		
1.2 Существующие технические решения		
1.3 Постановка цели и задачи		
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ		
2.1 Составление характеристик робота		
2.2 Составление эскиза макета робота		
2.3 Процесс конструирования		
2.4 Подбор электронных компонентов		
2.5 Электронная схема сборки		
2.6 Расчет кинематики робота		
2.7 Расчет звеньев манипулятора		
3. 3D моделирование		
4. Коммерциализация проекта		
4.1 Метод производства		
4.2 Расчет себестоимости конструкции и сборки		
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ		
ПРИЛОЖЕНИЕ А		
ПРИЛОЖЕНИЕ Б		

1.1 Актуальность

На сегодняшний день робототехника в Казахстане начинает обретать популярность среди молодёжи и детей, родители которых стараются отдать их в самое лучшее и доступное по цене учебное заведение, где преподают программирование, электронику и робототехнику начального уровня. Среди учебного инвентаря таких заведений, как правило, обычно присутствуют уже готовые учебные наборы для сборки маленького настольного манипулятора, как яркий пример того, что из себя представляет робототехника. Подобного рода наборы направлены на то, чтобы развить у ребенка навыки сборки и программирования, но никак не самих основ робототехники, ибо не подразумевают в своей конструкции вариативность сборки и гибкости мышления молодого разума. Следуя логике производителя таких учебных наборов, человек научится программированию основных узлов манипулятора, но никогда не сможет придумать свой манипулятор или любого другого робота, так как не сможет изучить основ механики и мехатроники. Поэтому я предлагаю инновационное решение для всех учебных заведений – начать своё производство в Алматы вариативных настольных манипуляторов используя аддитивные технологии, в основном 3D-печать.

Тогда человек, обучающийся робототехнике, начнет понимать азы мехатроники и робототехники, а изучив технологию 3D-печати и 3D-прототипирования/моделирования, сможет смоделировать свои собственные узлы и основные части робота, развивая себя как будущего специалиста. Я сам прошел путь, описанный выше и на собственном примере понял, что детская робототехника – довольно прямолинейна и “деревянная”, не позволяющая полностью окунуться в мир современной робототехники. А потому считаю важным развить тему местного производства настольных манипуляторов посредством 3D-печати до университетов города Алматы и местных властей, а также организаций по поддержке начинающих предпринимателей.

1.2 Существующие технические решения

Мой манипулятор не имеет в продаже аналогов в своей ценовой и “весовой” категории. Тем не менее, основными конкурентами на рынке учебных настольных манипуляторов являются роботы размеров буквально с ладонь, состоящие из деревянных вырезных из фанеры лазером деталей (рис.1), литьевого ABS пластика низкого качества (рис. 2), и в лучшем случае,

металлические манипуляторы, сделанные из порошкового алюминия, который, к сожалению, не держит каких-либо серьезных нагрузок (рис. 3).

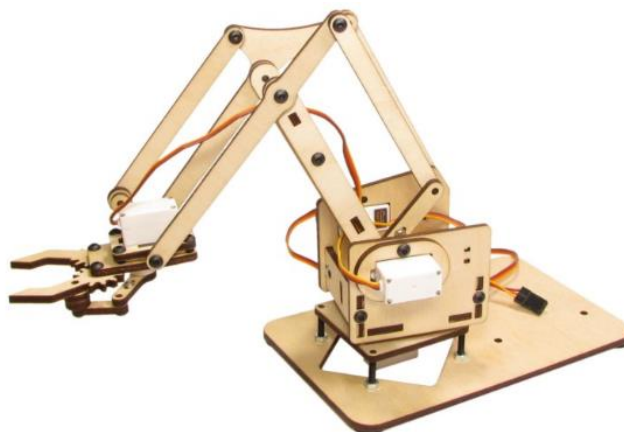


Рисунок 1 - Деревянный манипулятор из вырезанной лазером фанеры

На рисунке 1 манипулятор сделан с использованием самых бюджетных и доступных деталей, оттого он крайне малых размеров, сделан из деревянной фанеры и на борту имеет простейшие сервоприводы, нужные лишь для того, чтобы продемонстрировать пользователю правильность его скетч кода на ардуино, двигая основными узлами и соединениями, не подразумевая каких-либо нагрузок. Имеет 4 степени свободы, когда у моего манипулятора их 6.

Более того, такие манипуляторы ввиду особенности используемого конструкционного материала, являются пожароопасными. Так как манипулятор очень мал, он предлагает обеспечение себя питанием посредством химических источников питания, из которых самым популярным считается литий-ионный аккумулятор, а тот в свою очередь является очень пожароопасным в нестабильном состоянии при перезаряде или нарушении герметичности защитной оболочки, которая открывает литию доступ к кислороду, из-за чего от активности лития, окисление происходит моментально с выбросом большого количества тепла. Подобного рода опасности являются недопустимыми для обучающих заведений и университетов, так как желание сэкономить не должно быть выше опасности потерять остальное дорогостоящее оборудование, нарушать целостность помещения или того хуже, человеческой детской жизни.

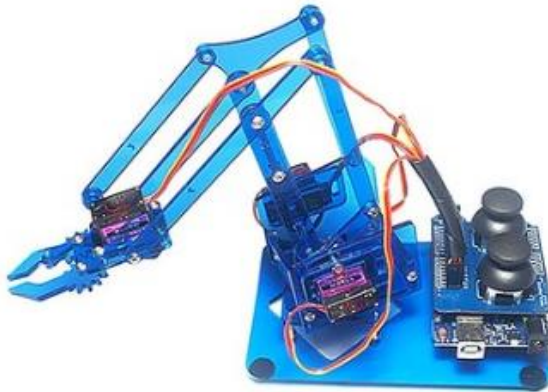
Артикул: MeArm-02

Нет в наличии

5870 руб

- 1 +

РАСПРОДАНО



Доставка заказов

По Москве

Рисунок 2 – Пластмассовый набор манипулятора

На рисунке 2 манипулятор позиционируется производителем на рынке как “карманная” версия промышленного манипулятора.

На мой взгляд этот настольный, грубо говоря, игрушечный манипулятор не имеет ничего общего с промышленными версиями, так как ему кратно недостает степеней свободы, которых у него всего 4 и в качестве двигающих элементов узлов использует низковольтные сервоприводы, которые не способны держать нагрузки и нужны опять же, лишь для демонстрации навыков программирования обучаемого. Малая площадь схватывающего элемента манипулятора так же свидетельствует о неспособности робота взаимодействовать с грузами, что лишь убеждает нас в очередной раз о несерьезном отношении к робототехнике среди детских курсов и других обучающих заведений.

Промышленный манипулятор можно сравнить с любым станком с ЧПУ, потому что ЧПУ – числовое программное управление представляет собой систему автономного управления роботом или станком, чего нельзя сказать про данный набор, так как производитель прилагает к набору модули джойстиков для ардуино, позволяя управлять манипулятором своими силами в роли оператора без автономных алгоритмов.

Если речь идет о подготовке молодого робототехника, то я не согласен с этим выражением, так как данный набор учит лишь программированию, мелкой моторике студента, ну и может быть, является портативной версией строительного манипулятора, что наводит на мысль о подготовки строительного оператора манипулятора, но никак не робототехника.



Рисунок 3 – Набор манипулятора из порошкового алюминия

Данный набор хоть и выглядит серьезнее и надежнее, но таковым не является. В основе конструкции лежит порошковый алюминий, который начинает буквально сыпаться при нагрузках и при перетяжке винтов в местах соединений. Такой манипулятор может быть интересным только в тех случаях, когда хочется, чтобы манипулятор мог не только двигаться, но и поднимать какие-либо легкие предметы малых габаритов, которые ввиду малого веса рискуют отскочить в сторону при попытке захвата, но для таких случаев в конструкции предусмотрена прорезиненная вставка на губках захватывающего элемента манипулятора. Такая адаптивность конструкции под малые предметы наводит мысль о мягком схвате моего манипулятора, речь о котором пойдет в описании конструкции.

В свое время, начиная свой путь в робототехнику, я уже работал с учебным набором из рисунков 2 и 3, и именно тогда я и понял, что такие манипуляторы имеют ужасную точность и грузоподъемность, стоят дорого и не имеют вариативности собственной конструкции. Детские курсы робототехники тоже знают об этой проблеме, а потому не имея других дешевых аналогов предпочитают закупать наборы датской компании по производству наборов конструкторов LEGO линейки Mindstorms (рис. 4).

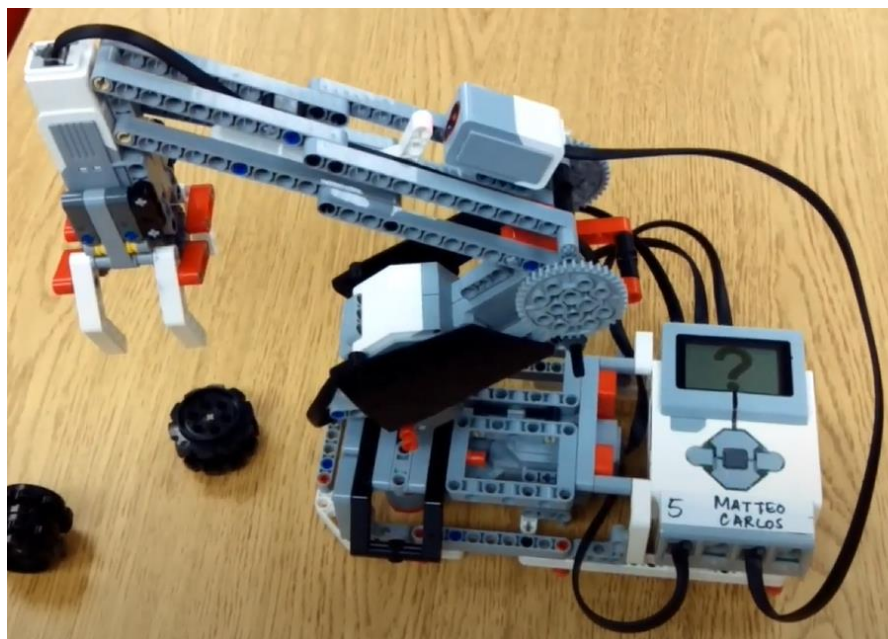


Рисунок 4 – Настольный манипулятор LEGO Mindstorms

Данный набор – очень достойное решение для детей, желающих изучать робототехнику, так как имеет крайне простой в освоении и программировании контроллер Mindstorms, использующий блочные схемы алгоритмов и интуитивно понятный ребенку дизайн интерфейса сферы разработки программы.

Особенности контроллера позволяют обучающемуся сконцентрировать своё внимание на продумывании кинематики своего робота – манипулятора, что напрямую отлично влияет на развитие навыков конструирования и робототехники. Так как производитель изначально бьет акцент на вариативность конструкции, студент может сконструировать настольный манипулятор, отвечающий его требованиям. Все детали конструкции, крепёж и соединительные части универсальны, а потому конструкция и кинематика манипулятора ограничивается лишь фантазией студента.

Но такие наборы не бывают без подводных камней. В данном случае минусом набора LEGO Mindstorms является его средняя цена в 1000\$ USD. на рисунке 5. Многие не могут позволить себе такое решение.

Базовый набор EV3 Mindstorms LEGO Education

460 000 ₸

В наличии | Код: 45544

КУПИТЬ



Рисунок 5 – Предложение набора LEGO в магазине г. Алматы

1.3. Определение цели разработки, характеристик и функционала робота.

Прежде чем задать характеристики манипулятора, нужно поставить цель разработки робота.

Перечень целей, задающих характеристики манипулятору:

- 1) Создать учебный настольный манипулятор, способный составить конкуренцию на рынке манипуляторов.
- 2) Обеспечить вариативность и интуитивную простоту сборки составных частей манипулятора.
- 3) Использовать в конструкции мягкий захват для деликатного обращения с объектом взаимодействия.
- 4) Использовать аддитивные технологии а также 3D-печать для производства конструкции робота.
- 5) Использовать в основе управления контроллер Arduino и приводы, совместимые с ним.
- 6) Сделать акцент на развитии у студента навыков мехатроники и основ механики и дать максимум свободы выбора при сборке.
- 7) Показать рынку Казахстана, что нет необходимости в покупке импортных дорогостоящих или некачественных наборов сборки манипуляторов
- 8) Продвинуть идею коммерческого производства учебных наборов настольных манипуляторов в Центр Индустриального Дизайна и в “Парк инновационных технологий” (Tech Garden) на базе Satbayev University посредством 3D-печати, используя парк 3D-принтеров и лаборатории ВУЗа.

Анализируя уже существующие решения, предлагаемые на рынке, следует отметить несколько свойств, которые должен иметь у себя настольный манипулятор:

- *Размер* – настольный робот должен показать ученикам, что промышленные роботы представляют собой не игрушку, а рабочую машину, облегчающую человечеству тяжелый труд сборки, сортировки и прочих работ, имеющие потенциальную угрозу здоровью человека. Поэтому ученик должен на примере набора для сборки понять каждый этап построения и при желании иметь возможность адаптировать каждый узел и соединение под свои нужды и желания.
- *Захват* – учебный манипулятор должен иметь схват, способный поднимать предметы разных форм и быть для этого достаточно цепким чтобы удерживать предмет, не повреждая его.
- *Вариативность* – обеспечить возможность для дальнейшей модернизации и кастомизации всех узлов и подвижных частей робота.

- *Доступность* – подобрать максимально бюджетный способ изготовления робота и снабдить доступной электроникой, продающаяся по наличию в крупных городах Казахстана.

2.1 Составление характеристик робота

Чтобы манипулятор неставлял себя игрушкой для детей, а представлял из себя серьёзный, уменьшенный настольный прототип промышленного робота, направленный на развитие технических навыков молодого человека, нужно задать ему правильные габариты.

Для ориентира возьмём размеры стандартного офисного рабочего стола, какие стоят на курсах робототехники для детей и пропорции настоящего промышленного робота-манипулятора. Обычно размеры стола держатся в районе 70см*100см чтобы он не был большим, но за ним могло бы работать 2 ребенка. Потому я хочу, чтобы робот был размеров 65см*20см с рабочей окружностью радиусом около 50 см, чтобы в середине стола он не был слишком большим, но выполнял бы все функции настольного робота-манипулятора.

Далее, обойдя ограничения малых конструкций других производителей, я должен обеспечить его 6-ю осями движения, чтобы максимально приблизиться к понятию “настольного прототипа промышленного робота”, так как на предприятиях не требуются манипуляторы с меньшим количеством рабочих осей.

И самое главное, я хочу, чтобы манипулятор мог иметь на борту мягкий схват, желательно двух сменных видов для захвата объектов разных геометрических форм. В своём проекте я сделаю мягкие схваты для мелких объектов с цепким захватом и для более крупных сферических объектов без использования каких-либо пневмо или гидроприводов, опираясь только на принципы механики, чтобы не выходить на рынок дорогих или труднодоступных комплектующих.

2.2 Составление эскиза макета робота

Для того чтобы чётко задать вектор работ, нужно определиться с примерным внешним видом робота как мы это сделали с габаритами ранее. На 2-м курсе, я начал изучать манипуляторы подробнее, как только начались профильные предметы, и смоделировал для себя базу, с которой можно было работать и модернизировать (рис 2.2.1). Но на том макете не было рабочего захвата, так как тогда я не имел достаточно знаний для этого, но основной фундамент для работы был заложен.



Рисунок 2.2.1 – первый макет манипулятора 2021 год

Тогда я для себя понял, что хочу сделать большой манипулятор с 6-ю осями и необычным хватом. Вдохновение я нашел у немецких робототехников из Festo. Они показали миру мягкий хват, который работает на пневмоприводах и способен захватывать предметы сферической формы, огибая со всех сторон его своими “щупальцами” (рис 2.2.2).

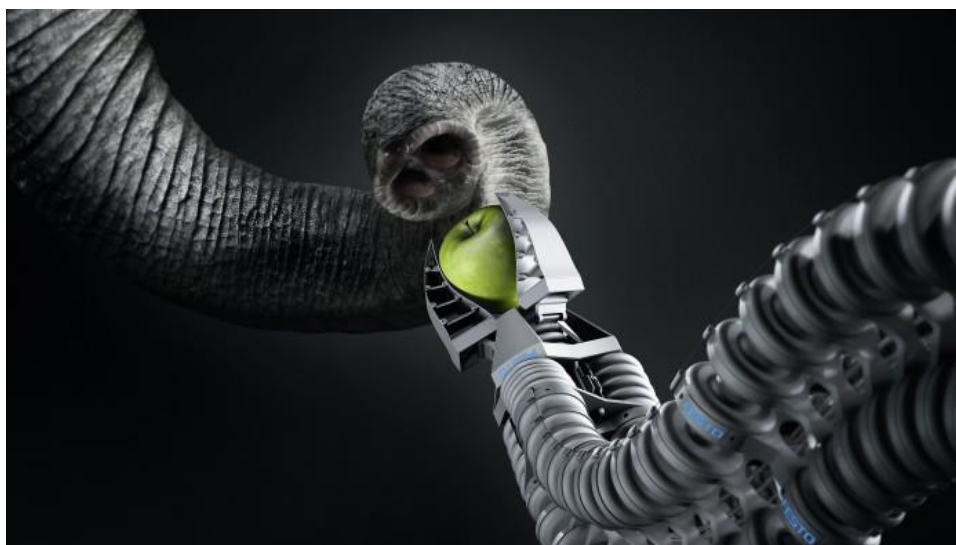


Рисунок 2.2.2 – Манипулятор с пневмоприводом Festo

Festo начали разработку своего проекта в 2010 году и вдохновлялись бионикой и в данном случае, движением хобота слона. Я же в свою очередь решил поставить себе задачу адаптировать их дорогостоящую разработку под наш постсоветский уклад образования робототехнике. Это значит сделать захват дешевым, но с сохранением схватывающих свойств.

Продолжив поиски, я наткнулся на разработку китайских

производителей, предлагающие похожую конструкцию, но сделанную громоздкой, тяжелой и всё еще дорогой для моего проекта (рис. 2.2.3).

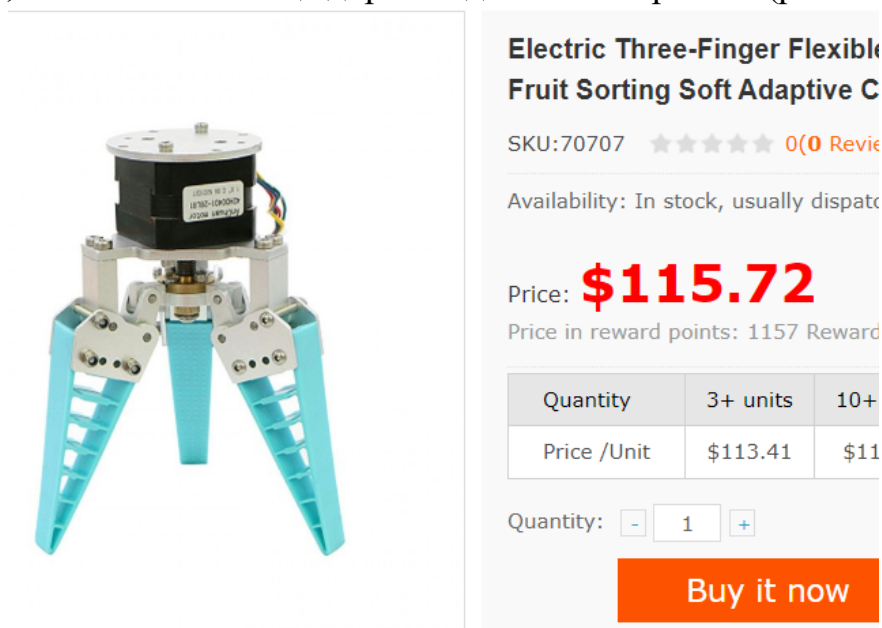


Рисунок 2.2.3 – китайский вариант механического мягкого схвата на AliExpress

Такого рода мягкий схват хоть и подходит по своим функциям, но сразу отсекается, так как имеет в составе конструкции металлические детали, громоздкий двигатель, что только зря увеличивает вес, а значит, уменьшает мне полезную нагрузку, которую потенциально сможет потянуть мой манипулятор. Но у этой конструкции есть подсказка для моего манипулятора, а именно сделать двигатель не внешним приводом, а частью конструкции.

Учитывая всё вышесказанное, я решил, что мой настольный манипулятор с мягким схватом будет иметь в основе предыдущие наработки с прошлых работ, на которых я учился и в качестве схвата иметь механический вариант захвата Festo. Моделируя эскиз в программе Shapr 3D, которая работает на движке от всеми известной CAD – системы Fusion 360, я сделал примерный вариант того, как будет выглядеть мой дипломный проект (рис 2.2.4).

манипулятор. В дальнейшем я покажу, как и для чего были сделаны 2 варианта схватов.

- Система управления – в нашем случае, это электроника и программное обеспечение, которое отвечает за координацию движений манипулятора, направляя сигналы в приводы через управляющий контроллер и систему усилителей сигналов, т.е. драйверов.

2.4 Подбор электронных компонентов

Дабы обеспечить стабильную и правильную работу подвижных частей манипулятора, необходимо подобрать правильные приводы и систему управления ими.

-	Микроконтроллер	Arduino	Mega;
-	Модуль Shield для	Arduino	Mega;
-	Сервопривод	Micro	FS90R;
-	Сервопривод	Futaba	S3003;
-	32-шаговый	мотор	28YBJ-48;
-	Драйвер шаговых	двигателей	ULN2003;
-	Шаговый	мотор	Nema 17;
-	Драйвер шаговых	двигателей	TMC2208 V2;
-	Блок	питания	12В 5А;

Выбор микроконтроллера Arduino Mega обусловлен его способностью синхронизации работы шаговых двигателей и одновременной их работы, ведь у нас более 4 двигателей, что многовато для большинства микроконтроллеров. Простота и вариативность программирования контроллера также помогает сделать выбор в его сторону, так как Для того чтобы уместить всю электронную начинку, я использую модуль Shield. Он освобождает пользователя от ненужной пайки и большого количества ненужных проводов, чтобы всё влезло в базовую часть манипулятора. Сервоприводы расставлены в местах, где не требуется большая нагрузка, в отличие от шаговых двигателей NEMA 17, которые отвечают за движение колен, подвижных частей и далее расчеты покажут почему.

2.5 Электронная схема сборки

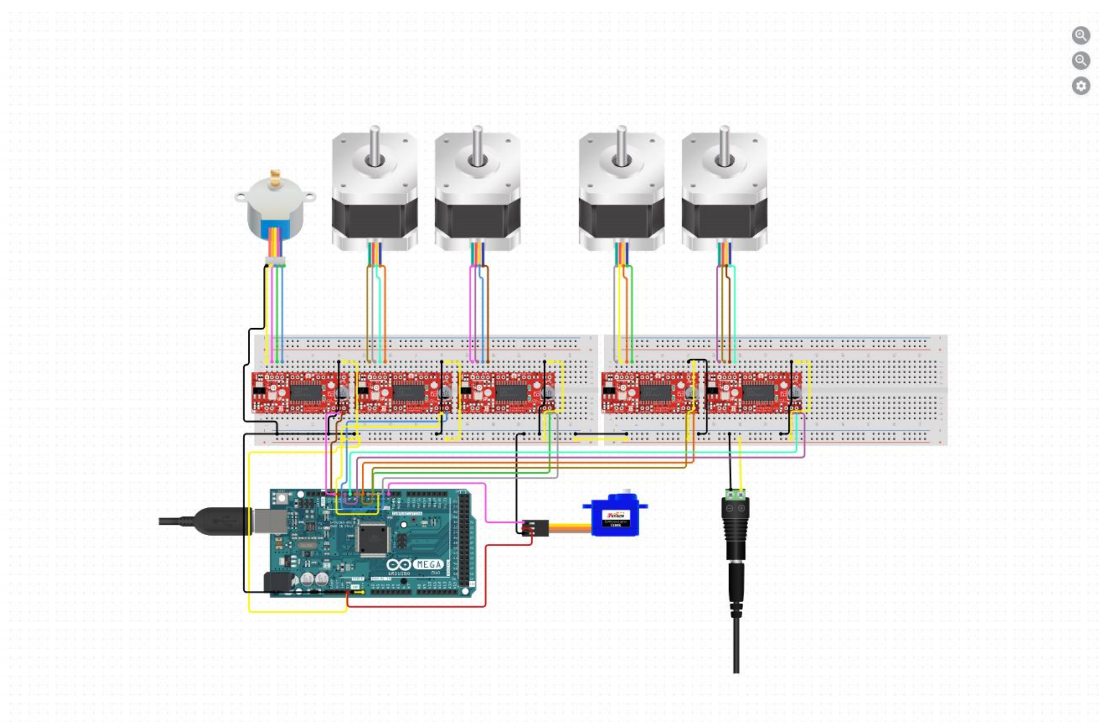


Рисунок 2.5 Пример сборки электроники

На рисунке 2.5 я показываю один из возможных вариантов сборки электроники манипулятора. Здесь, для наглядности сборки, я решил показать как без модуля Shield можно собрать компоненты вместе, используя макетную плату.

Основная задача электронной схемы сборки – показать стандартный набор приводов для обеспечения движения робота и дать обучаемому возможность управлять каждым двигателем самостоятельно или посредством автономных управляющих программ, может даже используя беспроводное дистанционное управление, но это уже зависит напрямую от бюджета и возможностей самого собирающего человека.

2.6 Расчет кинематики робота

Следуя цели проекта, нужно обозначить количество осей движения робота манипулятора и степени его свободы. На рисунке 2.6.1 обозначено 6 осей, в пределах которых движется мой робот. Такое количество осей движения я считаю минимально достаточным для симуляции движений промышленных роботов манипуляторов.

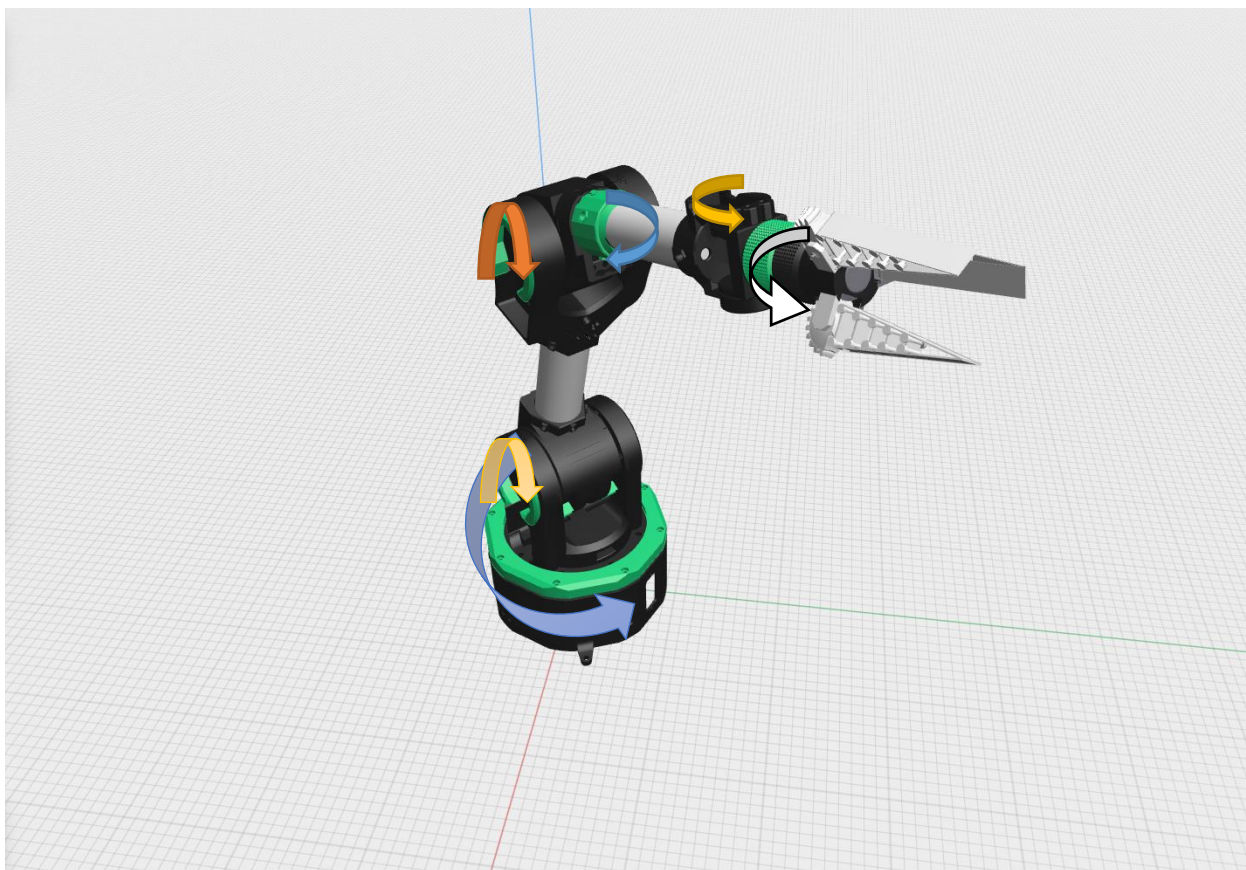


Рисунок 2.6.1 – схематичное отображение осей движения

Расчет степеней свободы манипулятора

Степень свободы помогает нам определить некое количество способов, которыми движется робот, соблюдая наложенные на него конструкцией ограничения и имеет минимум координат, которые полностью определяют положение всех соединений манипулятора в пространстве, в плоскостях осей координат.

Робот собран на основе уже существующих физических соединениях, парах, каждая из которых имеет свой определенный класс движения. Классификация кинематических пар помогает определять их степень свободы.

Для определения степеней свободы 6-осевого манипулятора на рисунке 2.6.1, рассмотрим каждое сочленение и его функционал. На основе видимых соединений можно предположить следующие шесть степеней свободы:

1. Вращение основания: Это первое соединение, которое позволяет всей руке манипулятора вращаться вокруг вертикальной оси. Это обеспечивает первую степень свободы.
2. Вращение второго сочленения: Второе соединение позволяет вращать первый сегмент манипулятора вверх и вниз (вдоль горизонтальной оси, перпендикулярной основанию). Это обеспечивает вторую степень свободы.
3. Вращение третьего сочленения: Третье соединение позволяет вращать

второй сегмент вверх и вниз, добавляя еще одну степень свободы.

4. Вращение четвертого сочленения: Четвертое сочленение позволяет вращать третий сегмент вверх и вниз, добавляя четвертую степень свободы.

5. Вращение пятого сочленения: Пятое сочленение, находящееся ближе к "руке" манипулятора, позволяет вращать этот сегмент вокруг своей оси, добавляя пятую степень свободы.

6. Вращение шестого сочленения: Шестое сочленение позволяет сжимать мягкий схват манипулятора посредством вращения вала через червячную передачу, что обеспечивает шестую степень свободы.

Таким образом, каждый из этих шести сочленений добавляет одну степень свободы, в итоге предоставляя манипулятору возможность выполнять сложные движения и манипуляции в трехмерном пространстве.

Для математического расчета степени свободы всей кинематической цепи, используют формулу Сомова-Малышева:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1;$$

Где n – количество звеньев в цепи, P_5, P_4, P_3, P_2, P_1 – количество пар пятого, четвертого, третьего, второго, первого классов.

В моем случае: $n = 6, P_1 = 6$

$$W = 6 * 6 - 5 * 0 - 4 * 0 - 3 * 0 - 2 * 0 - P_1;$$

$$W = 36 - P_1;$$

$$W = 36 - 6;$$

$$W = 30$$

Но это число только отражает общее число степеней свободы, если не учитывать ограничения, которые накладывает основание манипулятора. Так как оно зафиксировано, оно отнимает еще 6 степеней свободы:

$$W = 30 - 6;$$

$$W = 24$$

Для моего манипулятора это число всё еще не верно, так как необходимо учитывать, что робот всё еще имеет 6 подвижных звеньев, а также 6 вращательных соединений, каждое из которых добавляет по одной степени свободы, что в итоге дает 6 степеней свободы:

$$W = 6$$

Прямая и обратная задачи кинематики.

Прежде чем переходить к расчетам прямой и обратной задачи, мы рассмотрим кинематику манипулятора. Кинематика, а точнее прямая и обратная её задачи помогают определить положение рабочего органа в пространстве.

В первом случае, на рисунке 2.6.2, изображено схематичное решение прямой задачи кинематики. Прямая задача кинематики представляет собой определение положения схвата манипулятора на осях координат по его кинематической схеме и положению его звеньев.

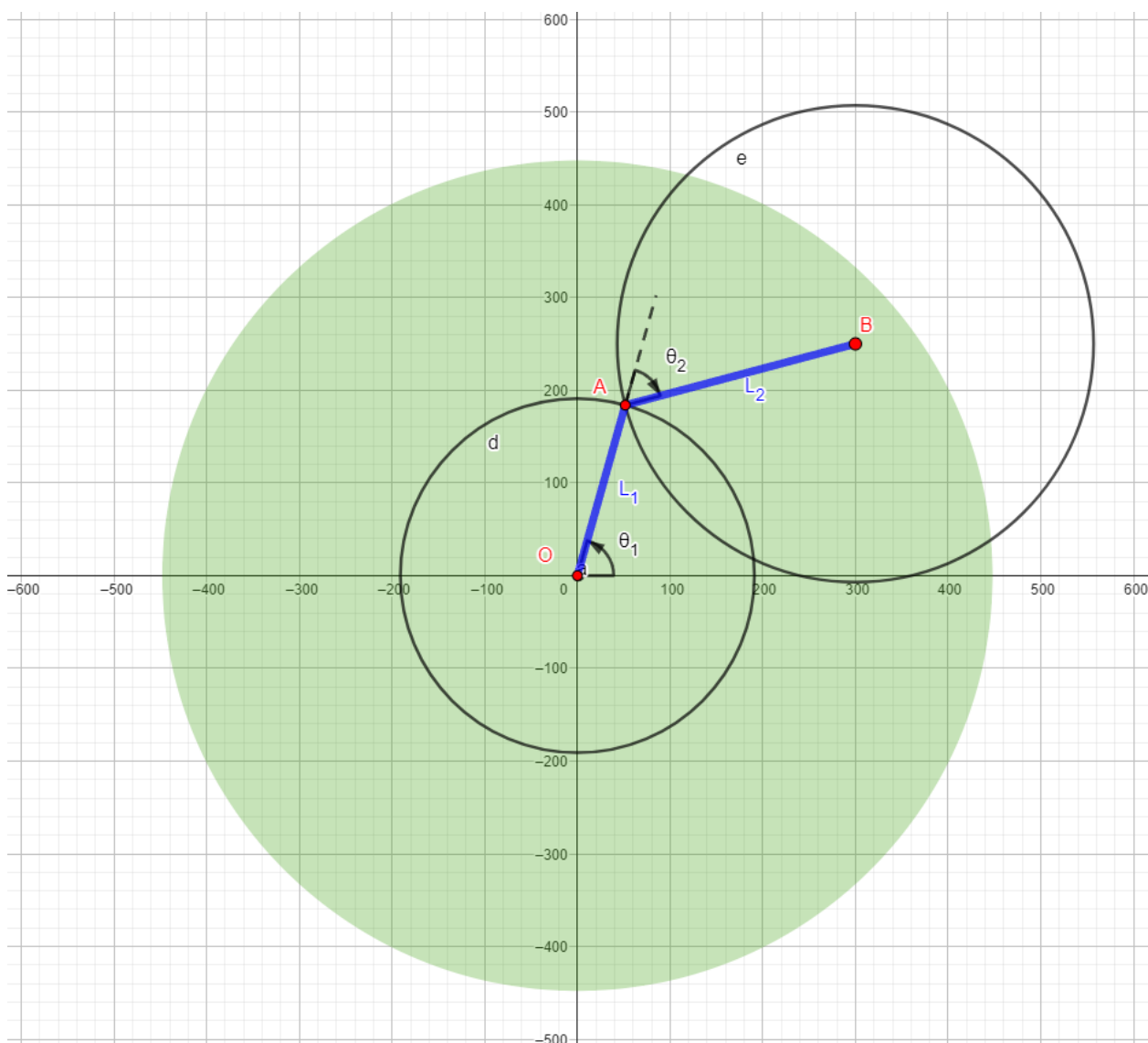


Рисунок 2.6.2 – Прямая задача кинематики

Мой манипулятор имеет 2 сустава, рассмотрим его движение в декартовой системе координат. Первый сустав L_1 закреплен на основании и повернут на угол θ_1 . Второй сустав L_2 прикреплен к концу первого сустава и повернут относительно него на угол θ_2 .

Рабочий орган, то есть схват манипулятора находится на конце второго сустава.

Решение:

Чтобы схема кинематики воспринималась проще, отразим работа на плоскости координат (Рис. 2.6.3). Зеленым цветом обозначена рабочая область

робота манипулятора. Для первого локтя L_1 рабочая зона обозначена окружностью O . Для локтя L_2 она обозначена окружностью B относительно самой точки B в центре. Она же и отражает положение рабочего органа на плоскости. На пересечении двух окружностей O и B мы обозначим точку A , которая является местом соединения двух локтей.

У нас есть две системы отсчета – первая связана с точкой крепления L_1 – точка O . Вторая точка A – с началом координат в точке, где скрепляется локоть L_2 .

$$\begin{aligned} X_A &= L_1 * \cos(\theta_1); \\ Y_A &= L_2 * \sin(\theta_2); \end{aligned}$$

Координаты x, y в системе отсчета локтя:

$$\begin{aligned} X'' &= L_2 * \cos(\theta_2); \\ Y'' &= L_2 * \sin(\theta_2); \end{aligned}$$

На рисунке видно, локоть L_2 повернут относительно плеча на $\theta_1 + \theta_2$:

$$\begin{aligned} X' &= L_2 * \cos(\theta_1 + \theta_2); \\ Y' &= L_2 * \sin(\theta_1 + \theta_2); \end{aligned}$$

Следовательно:

$$\begin{aligned} X &= X_A + X' = L_1 * \cos(\theta_1) + L_2 * \cos(\theta_1 + \theta_2); \\ Y &= Y_A + Y' = L_1 * \sin(\theta_1) + L_2 * \sin(\theta_1 + \theta_2); \end{aligned}$$

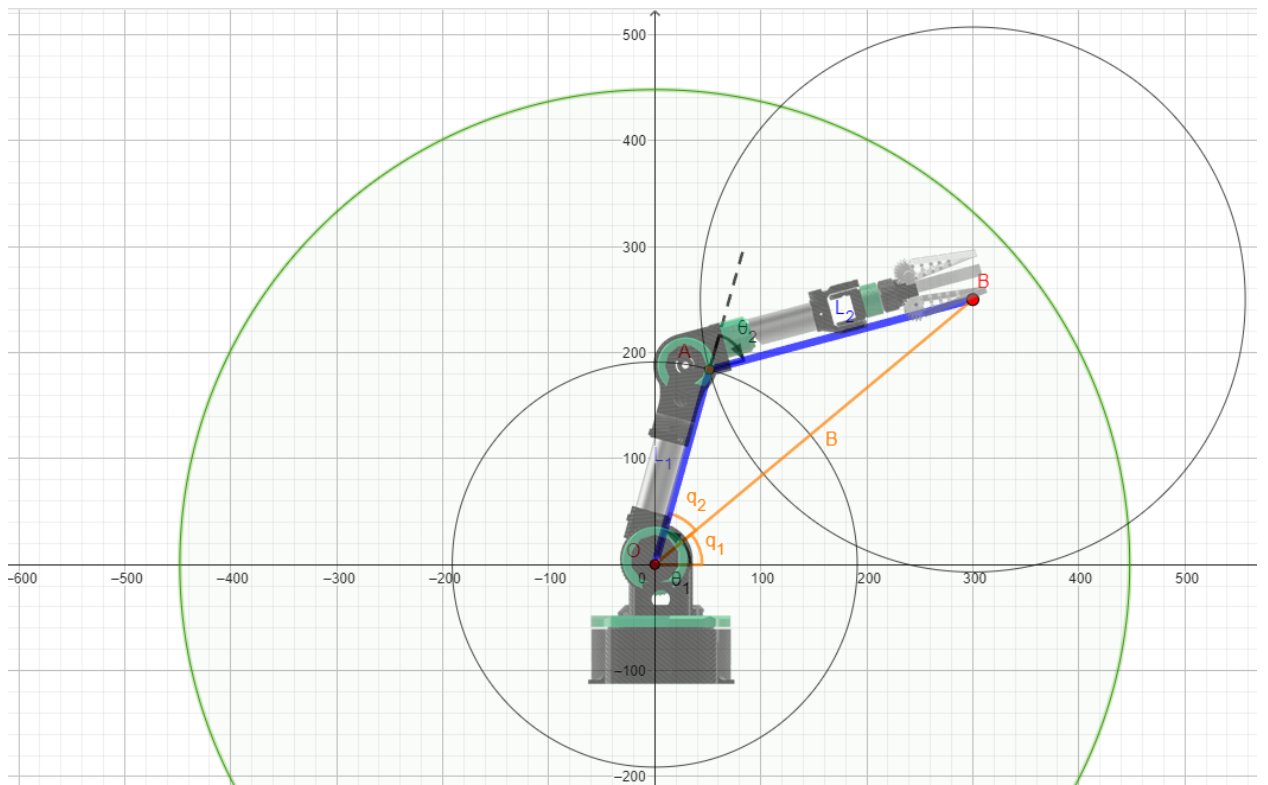


Рисунок 2.6.3 – Наглядный пример кинематики робота манипулятора

Обратная задача заключается в том, чтобы найти такие углы θ_1, θ_2 , которые позволят манипулятору с плечом L_1 и локтем L_2 расположить захват в заданную нами точку B рис. 2.6.4

Проведём прямую B , соединяющую начало координат O с заданной точкой (y, z) .

$$\begin{aligned} B^2 &= Y^2 + X^2; \\ Y &= B * \cos q_1; \\ Z &= B * \sin q_1 \end{aligned}$$

Где q_1 - угол между осью OX и прямой B ;

q_2 - угол между прямой B и плечом L_1

Следовательно:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= q_1 + q_2 \\ q_1 &= \arccos\left(\frac{x}{B}\right); \quad q_1 = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) \end{aligned}$$

q_2 в свою очередь, находим по теореме косинусов следующим образом:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos(\alpha);$$

В моем случае:

$$L_2^2 = B^2 + L_1^2 - 2BL_1 \cos q_2$$

$$q_2 = \arccos\left(\frac{L_1^2 - L_2^2 + B^2}{2BL_1}\right)$$

$$\theta_2 = -(q_1 - q_2)$$

$$\theta_2 = -(\pi - \arccos\left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - B^2}{2L_1L_2}\right))$$

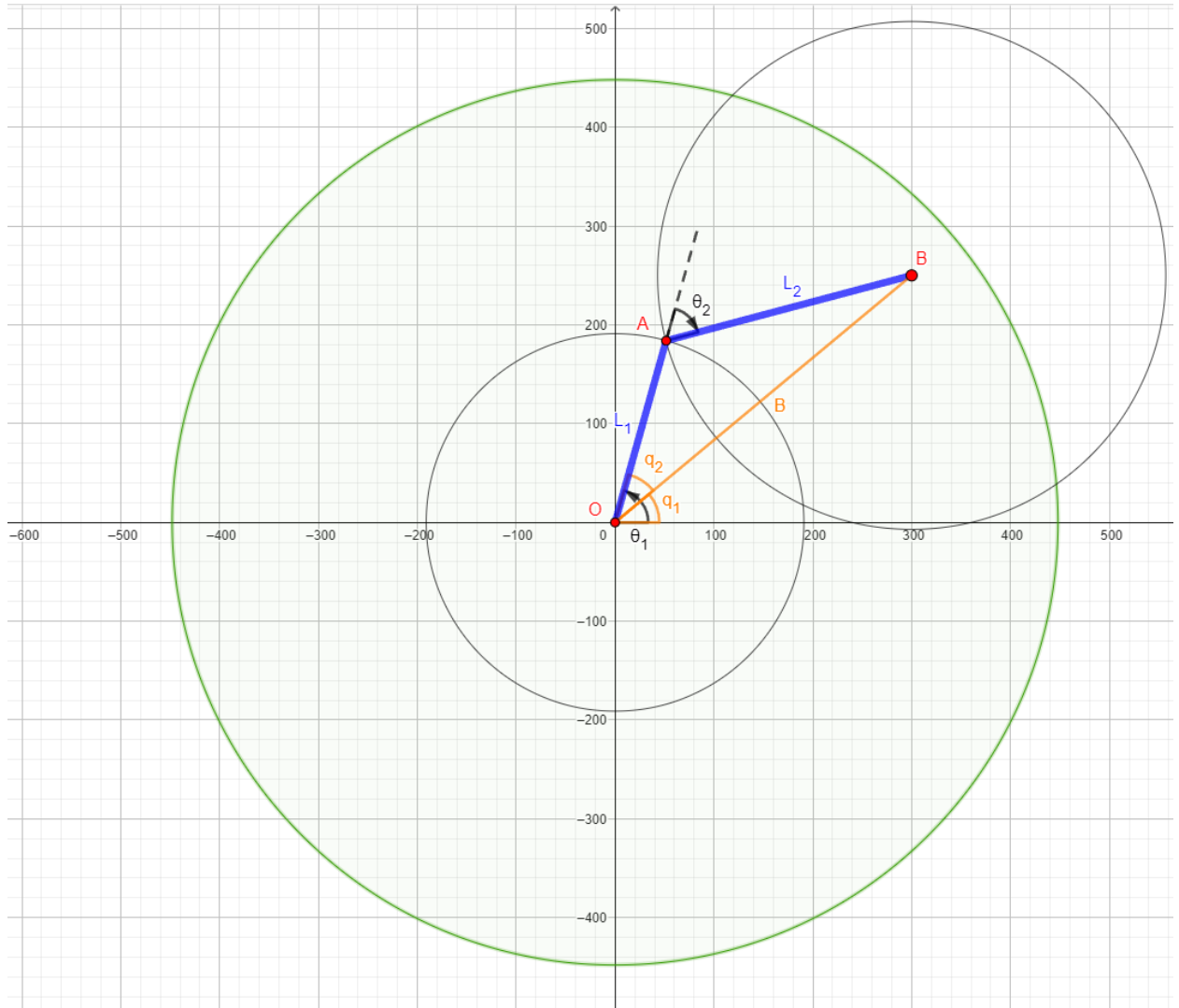


Рисунок 2.6.4 – Обратная задача кинематики

2.7 Расчет звеньев робота

В конструкции манипулятора присутствуют три основных звена, движимые мощными станочными электроприводами Nema 17 и три оставшихся, отвечают за более мелкое движение: захват, поворот схвата, поворот оси рабочего органа манипулятора.

Для начала обозначим ключевые обозначения:

U_6 – быстроходная зубчатая передача;

U_T – тихоходная зубчатая передача;

Введем начальные характеристики манипулятора:

$$F = 11.5 \text{ Н};$$

$$v = 0.8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$D_1 = 0.09 \text{ м};$$

$$D_2 = 0.09 \text{ м};$$

$$D_3 = 0.07 \text{ м}$$

Чтобы добиться желаемых характеристик, нам нужно обеспечить детали подходящими электроприводами. Начнем с выбора потребляемой мощности и частоты вращения двигателя. Потребляемая мощность вычисляется следующим образом:

$$P_B = F * v \text{ (Вт)};$$

$$P_B = 11.5 * 0.8 = 9.2 \text{ Вт}$$

В свою очередь требуемая мощность равна:

$$P_{\text{э.тр.}} = \frac{P_B}{n} \text{ (Вт)};$$

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \dots$$

В котором η – коэффициент полезного действия отдельного звена цепи кинематических пар.

Значения КПД стандартные, а потому берутся из таблицы, приведенной на рисунке 2.7.1

Тип передачи	η
Зубчатая (с опорами, закрытая):	
цилиндрическая	0,96...0,98
коническая	0,95...0,97
Планетарная (закрытая):	
одноступенчатая	0,9...0,95
двухступенчатая	0,85...0,9
Червячная (закрытая) при передаточном числе:	
св. 30	0,7...0,8
св. 14 до 30	0,75...0,85
св. 8 до 14	0,8...0,9
Ременная (все типы)	0,94...0,96
Цепная	0,92...0,95
Муфта соединительная	0,98
Подшипники качения (одна пара)	0,99

Рисунок 2.7.1 – Таблица КПД звеньев, Дунаев П.Ф. “Конструирование узлов и деталей машин”

$$\eta = \eta_z * \eta_m * \eta_{оп}$$

$$\eta = 0.97 * 0.98 * 0.99 = 0.94$$

η_z – КПД зубчатой передачи;

η_m – КПД муфты;

$\eta_{оп}$ – КПД осевого подшипника

Далее определим требуемую электропривода:

$$P_{э.тр.} = \frac{P_B}{\eta};$$

$$P_{э.тр.} = \frac{9.2}{0.94} = 9.72 \text{ Вт}$$

Частота вращения приводного вала:

$$v_B = \frac{(60 * v)}{\pi * D}$$

Для основания(базы манипулятора):

$$v_B = \frac{(60 * 0.8)}{\pi * 0.09} = 169.65 \text{ об/мин}$$

Для первого звена у основания:

$$v_B = \frac{(60 * 0.8)}{\pi * 0.09} = 169.65 \text{ об/мин}$$

Для второго звена на конце первого:

$$\nu_B = \frac{(60 * 0.8)}{\pi * 0.07} = 218.33 \text{ об/мин}$$

Передаточное число n .

Оно позволяет понять отношение привода к ведомому звену. Равно отношению ведомой шестерни к ведущей:

$$n = n_{\text{ведом}}/n_{\text{ведущ}}$$

Формула требуемой частоты вращения:

$$\nu_{\text{э.тр.}} = \nu_B * n_{\text{общ}}$$

Чтобы определить ν_B применяем формулу:

$$\nu_B = \nu_{\text{дв}}/n_i$$

$\nu_{\text{дв}}$ – частота вращения двигателя

Для основания манипулятора передаточное число будет равно:

$$n_{\text{осн}} = 62/10 = 6.2$$

Для первого звена у основания:

$$n_1 = 29/10 = 2.9$$

Для второго звена на конце первого:

$$n_1 = 31/10 = 3.1$$

Исходя из вычислений выше, можем решить частоту вращения.

Для основания манипулятора:

$$\nu_B = \frac{500}{6.2} = 80.6$$

Для первого звена у основания:

$$\nu_B = \frac{500}{2.9} = 172.4$$

Для второго звена на конце первого:

$$\nu_B = \frac{500}{3.1} = 161.3$$

Следовательно, сопоставляя все электроприводы, можно понять, что движки NEMA серии 17 и выше, вполне подходят по своим характеристикам под наши нужды.

3. 3D-Моделирование

Платформ моделирования существует огромное множество. Мой выбор пал на шведскую CAD – систему Shapr3D так как она имеет в своей основе движок популярного Fusion360, то есть оно принадлежит одной семье Autodesk. Я не стал выбирать Solidworks и Fusion360 из-за их невозможности оформить студенческую подписку на платные функции, а серьезное моделирование как раз требует полного функционала CAD системы.

Как и любой другой робот, настольный манипулятор имеет свое основание, базу, на которой держится вся конструкция. На рисунке 3.1 изображено основание манипулятора. Я его сделал цилиндрической формы для того, чтобы оно могло вмещать в себя электронику и провода, дабы они не мешались во время работы манипулятора. К верхней части видно крепления под мотор, который будет в роли привода ведущей шестерни для импровизированного подшипника, чтобы робот вращался вокруг своей оси.

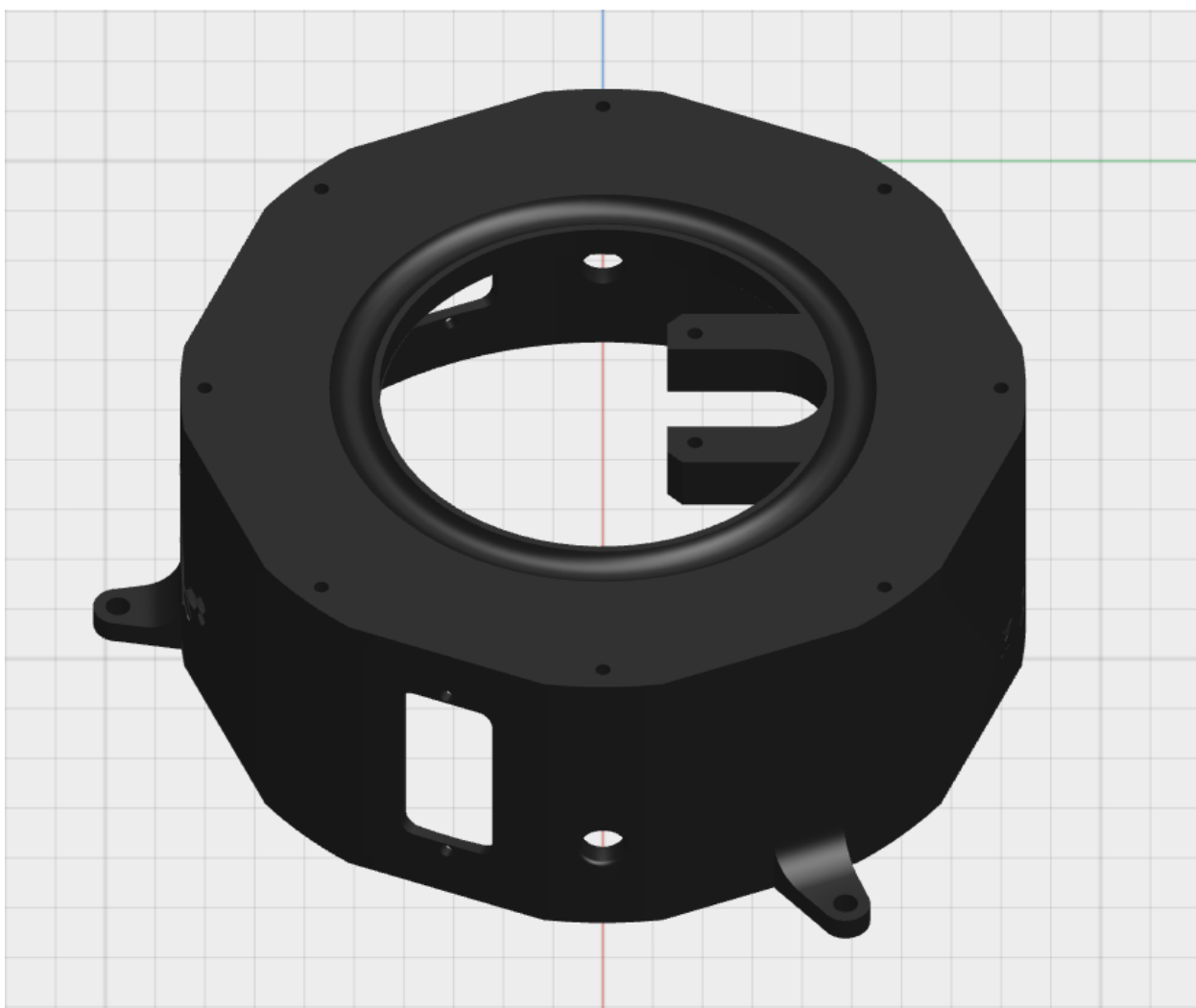


Рисунок 3.1 – база (основание)

На рисунке 3.2 изображено начало первого локтя робота. Чтобы было проще отличать детали, сверху я сделал гравировку оси Y. С двух сторон я обеспечил крепление под электроприводы с выводом движущей оси во внутреннюю часть для вращения ведомых половинчатых шестеренок локтя.

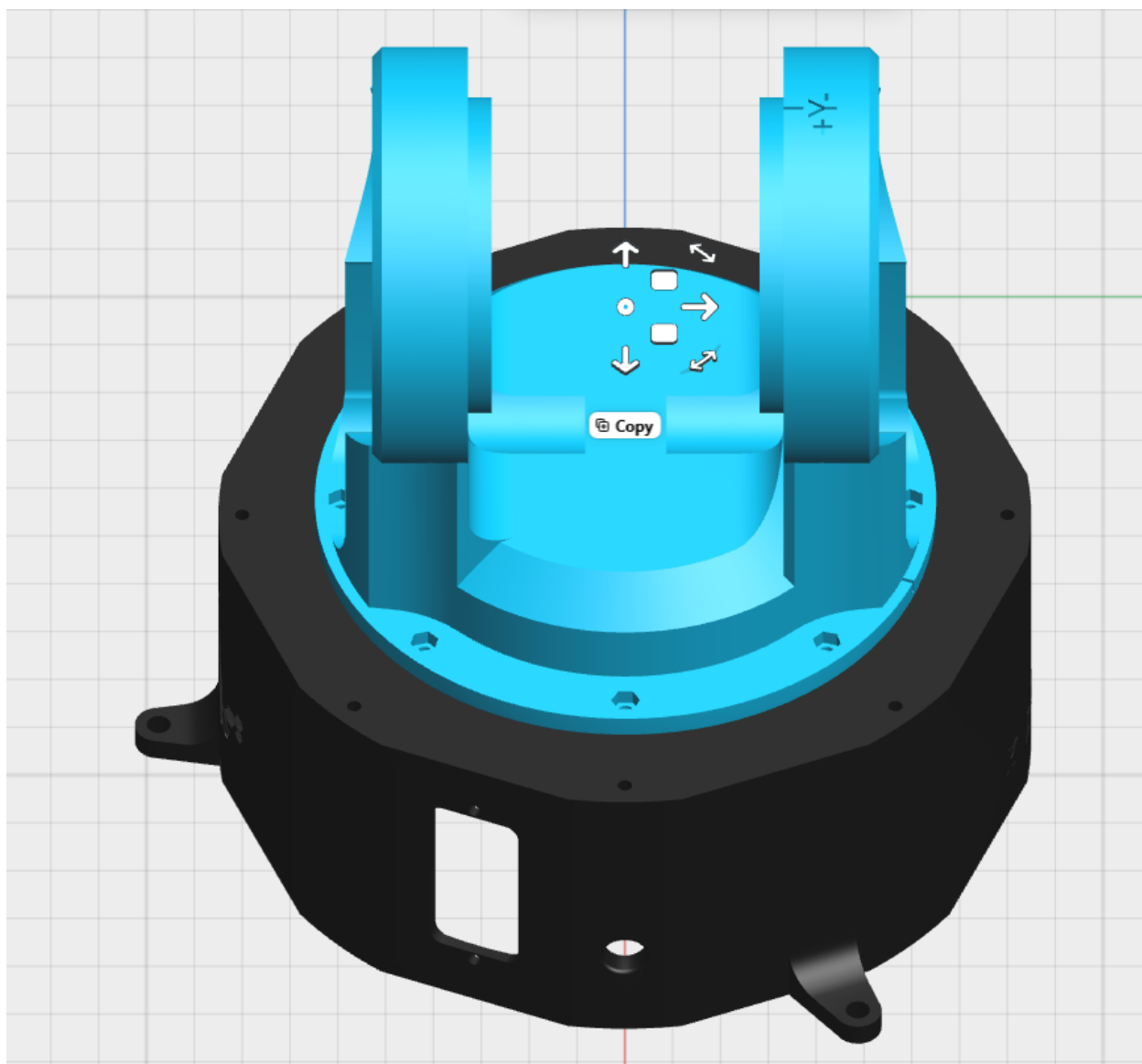


Рисунок 3.2 – первая деталь оси Y

Чтобы обе детали имели возможность вращаться относительно друг друга, сделана шестерня с зубцами, направленные внутрь рис. 3.3. В ней также оставлена прорезь для стальных шариков, которые будут в роли импровизированного осевого подшипника, который будет двигаться за счет движения электропривода на первой детали базы.

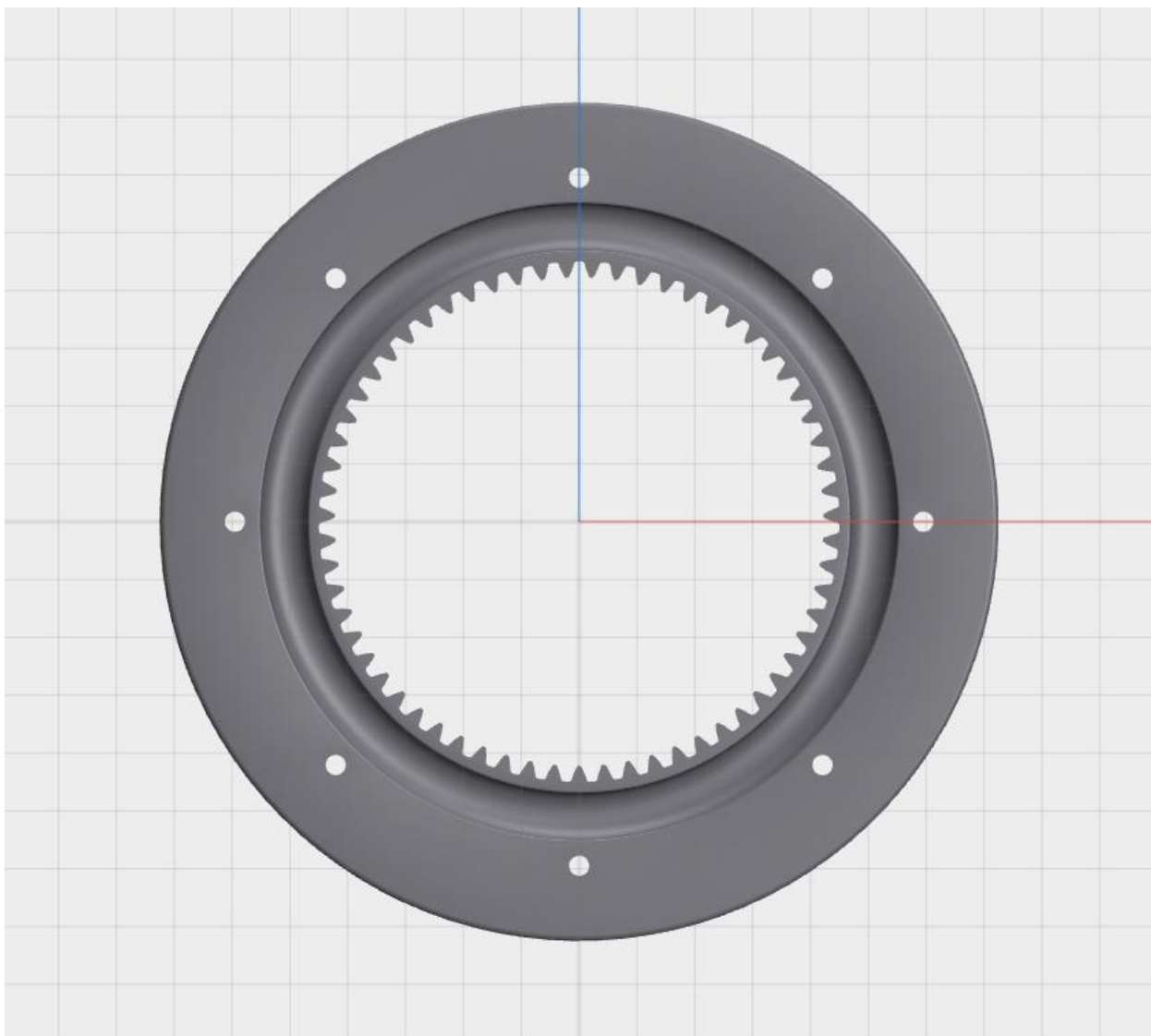


Рисунок 3.3 – верхняя часть подшипника

Теперь нам нужно закрепить все детали вместе. Для этого я сделал обруч, отмеченный синим цветом, который имеет внутри ступень, за счет которой не мешает внутреннему движению подшипника, но намертво скрепляется с базой за счет многочисленных винтов рисунок 3.4.

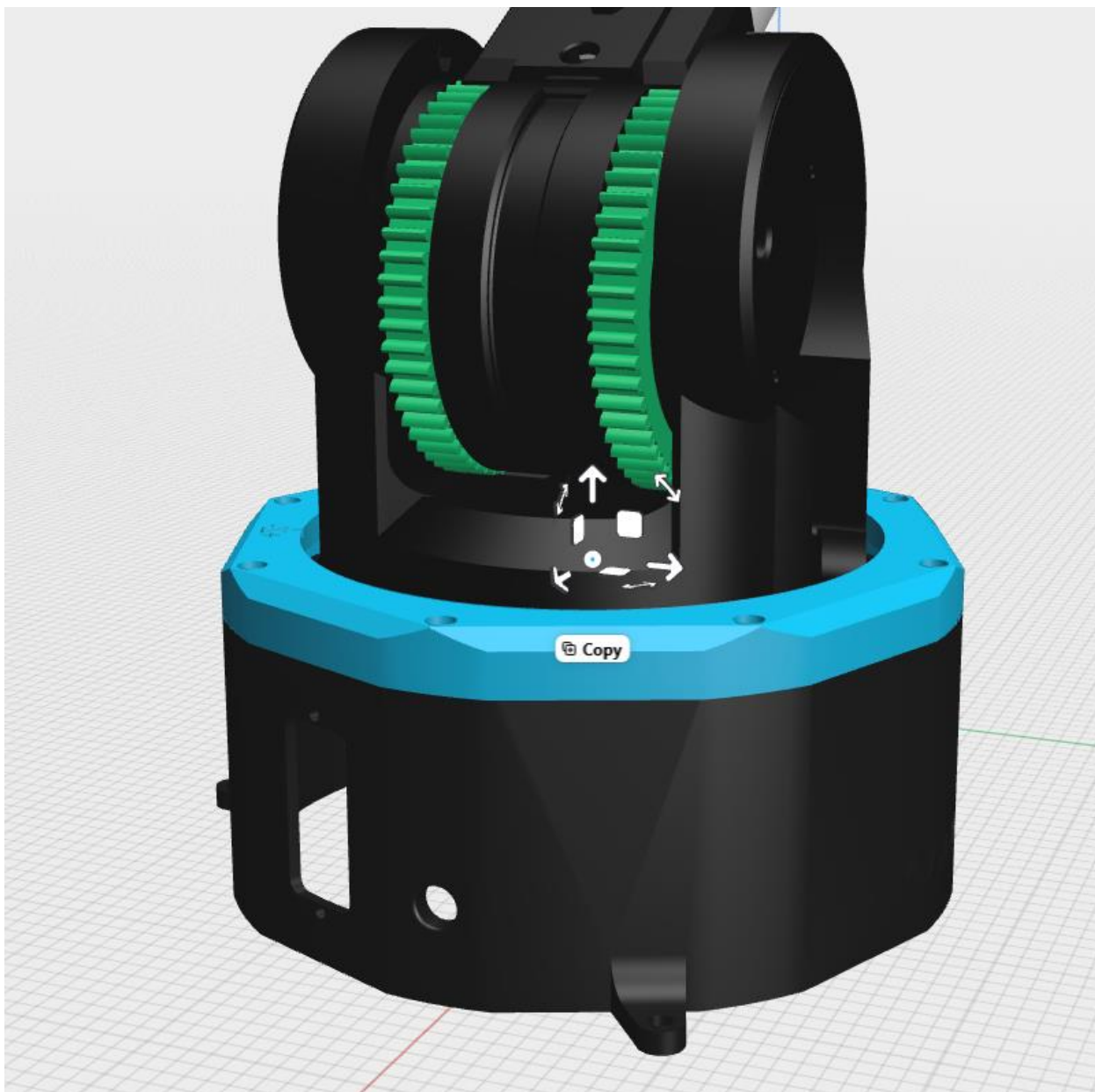


Рисунок 3.4 – скрепляющий обруч.

Продолжая тему оси Y, сделаем деталь, которую должно вращать двумя электроприводами. На рисунке 3.5 голубым цветом отмечена симметричная деталь, которая совмещает в себе крепление для двух ведомых половинчатых шестерней и выступает в роли удерживающей детали для трубки, соединяющую ее со следующим звеном.

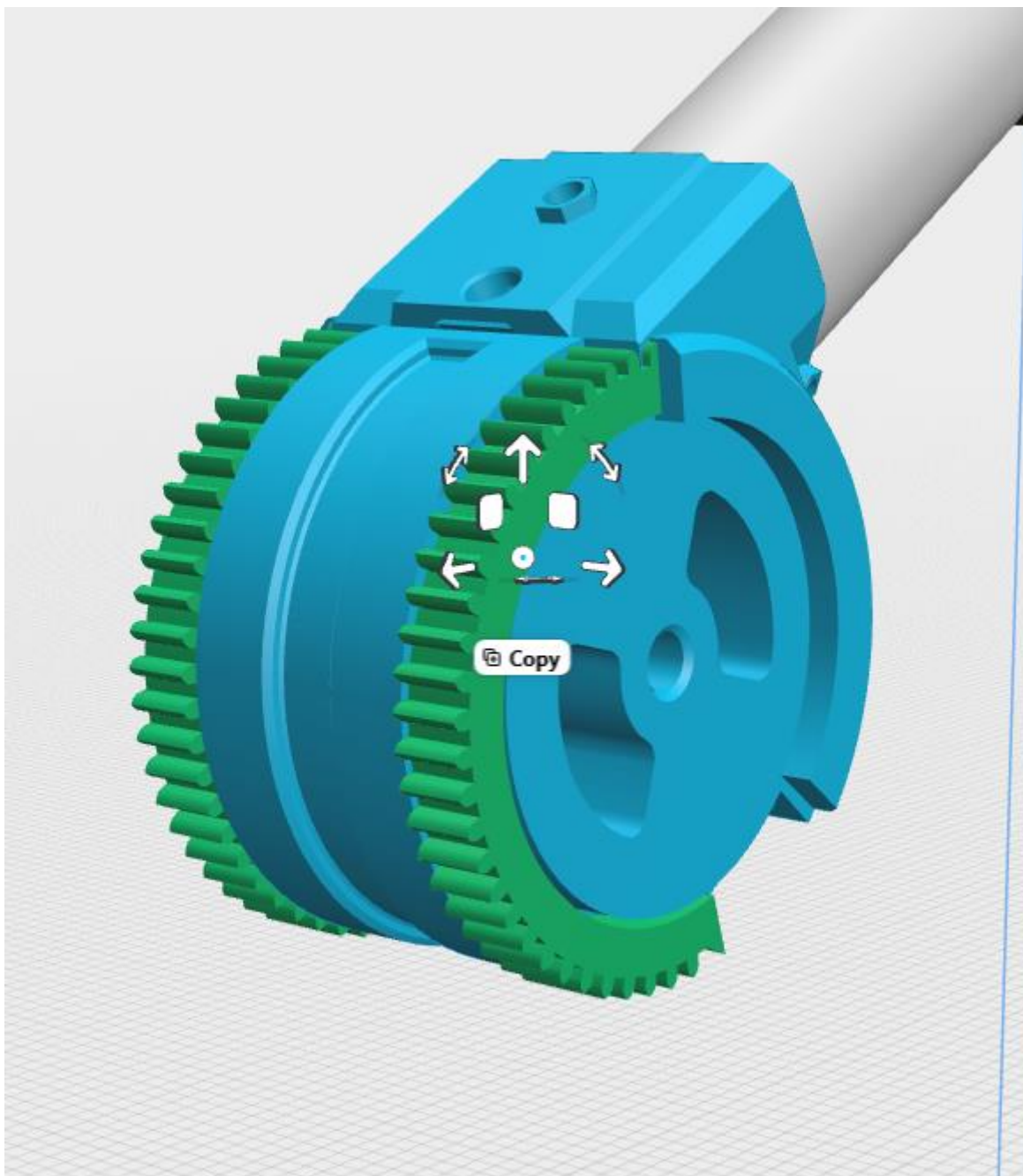


Рисунок 3.5 – крепление ведомых шестерней.

После соединения трубки вставляем деталь как на рисунке 3.6. На ней также есть крепление для электропривода и место под ведущую шестерню. Но чтобы вес остальных частей не давил на привод и не мешал вращению, я сделал два отверстия под осевые подшипники, через которые проходит ось, держащая конструкцию. Чтобы было проще отличить и понимать её функцию, я отметил ее меткой X на торцевой части. Помимо отметки я сделал отверстие, через которое можно провести провода от привода внутрь трубки и через нее уже соединить с основанием базы манипулятора как на деталях ранее показанных.

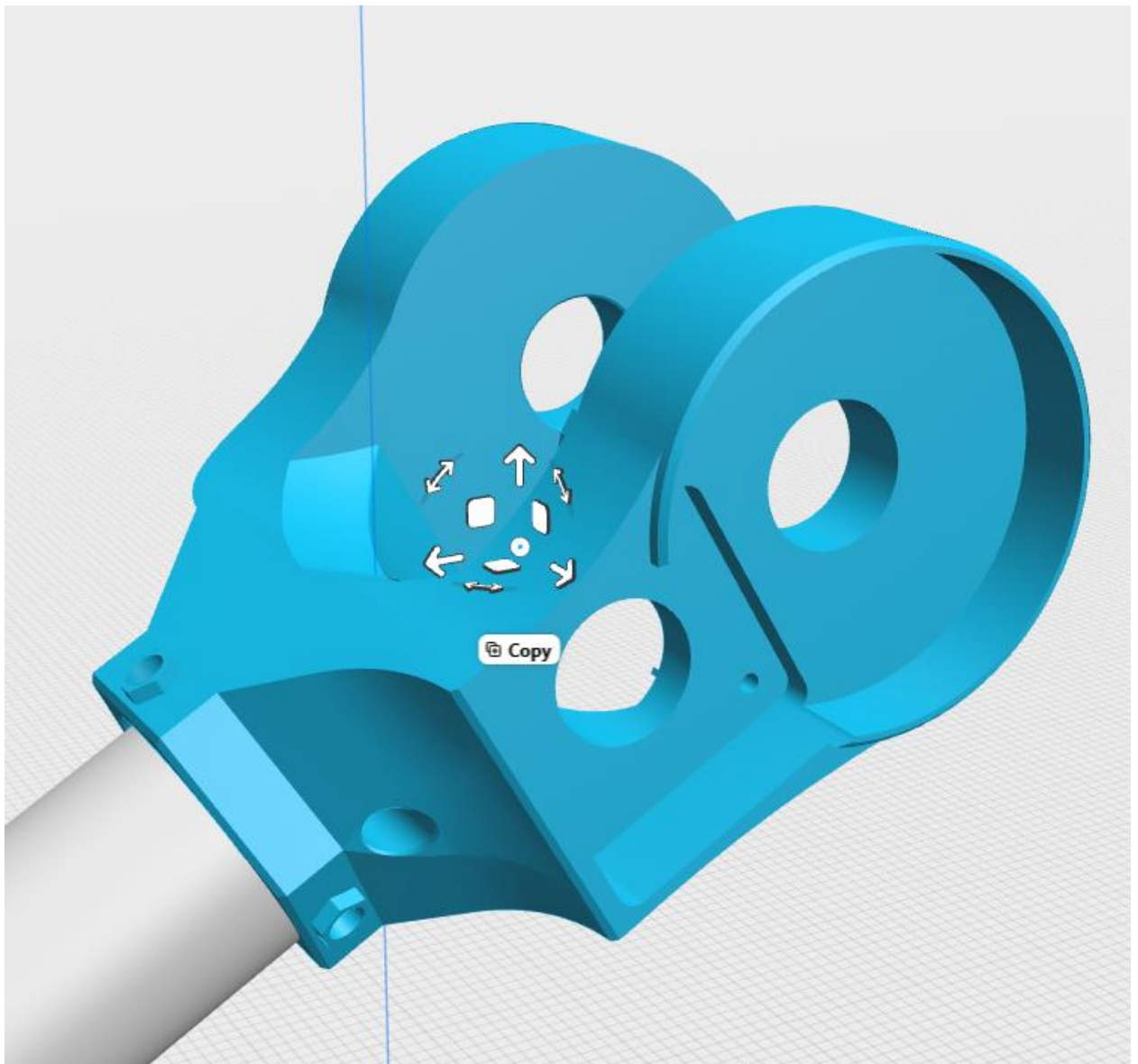


Рисунок 3.6 –Крепление оси Х

Соединение оси Х продолжается деталью с рисунка 3.7, которая имеет одну половинчатую шестерню, выступающая в роли тихоходной ведомой шестерни для привода с рисунка 3.6. Оставляя пространство под дальнейшую модернизацию, я оставил отверстие посередине оси и обеспечил ребрами жесткости на случай если кто-нибудь захочет переосмыслить дизайн звена.

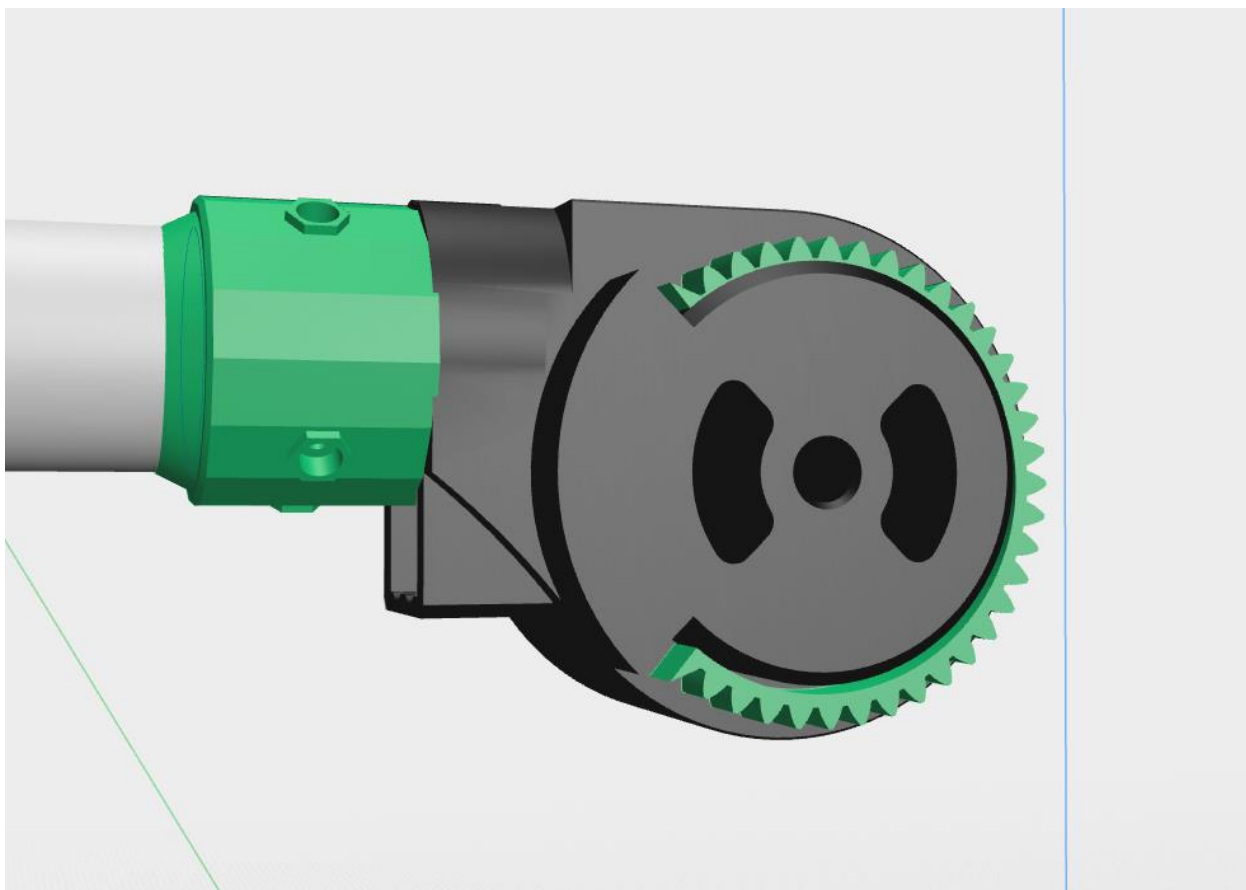


Рисунок 3.7 – крепление оси X

В этой детали я также оставил место под сервопривод на рисунке 3.8, который отвечает за вращение следующей трубки, держащей рабочий орган, задавая ему еще одну степень свободы. Сервопривод плотно садится внутрь детали и для дополнительного крепления у него есть отверстия для винтов крепления. По итогу сервопривод словно становится частью детали и торчит из него лишь движущая ось, к которой крепится деталь, соединяющая трубку с сервоприводом на рисунке 3.7.

В этой детали предусмотрены отверстия для крепления трубки, а снизу место под крепление к сервоприводу. Таким образом, деталь выступает в роли некоего переходника между звеном оси X с рабочим органом робота.

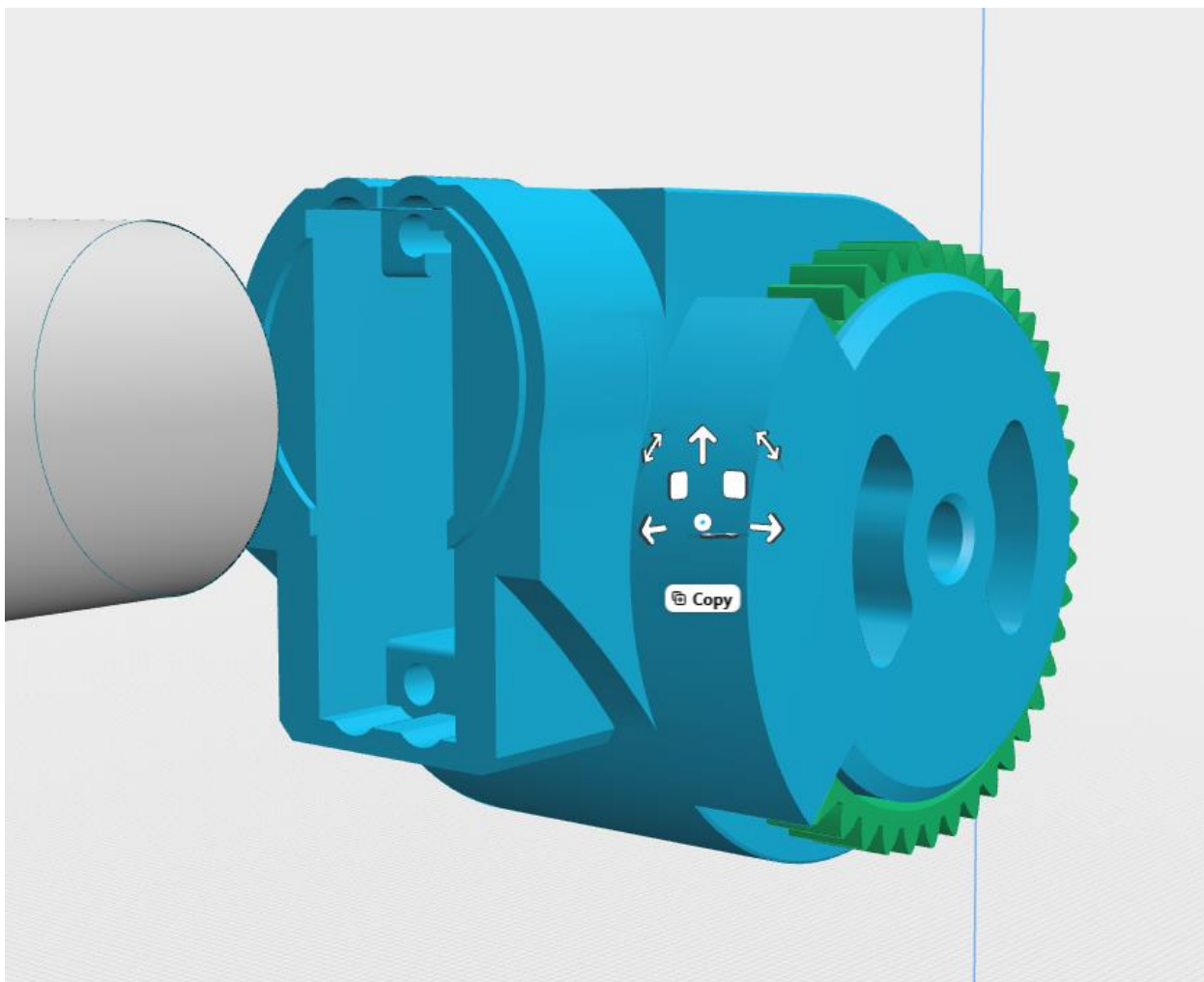


Рисунок 3.8 – крепление сервопривода на оси X

Переходя к рабочему органу манипулятора, нужно сказать, что мой робот имеет 2 варианта. А именно для схвата мелких объектов и второй для более крупной сферической формы. Оба они сделаны из мягкого eTPU85 пластика, который очень похож на резину. Это значит что схват не будет повреждать объект взаимодействия и обеспечит дополнительный хват за счет силы трения Flex пластика. На рисунке 3.9.1 изображены прототипы двух схватов.

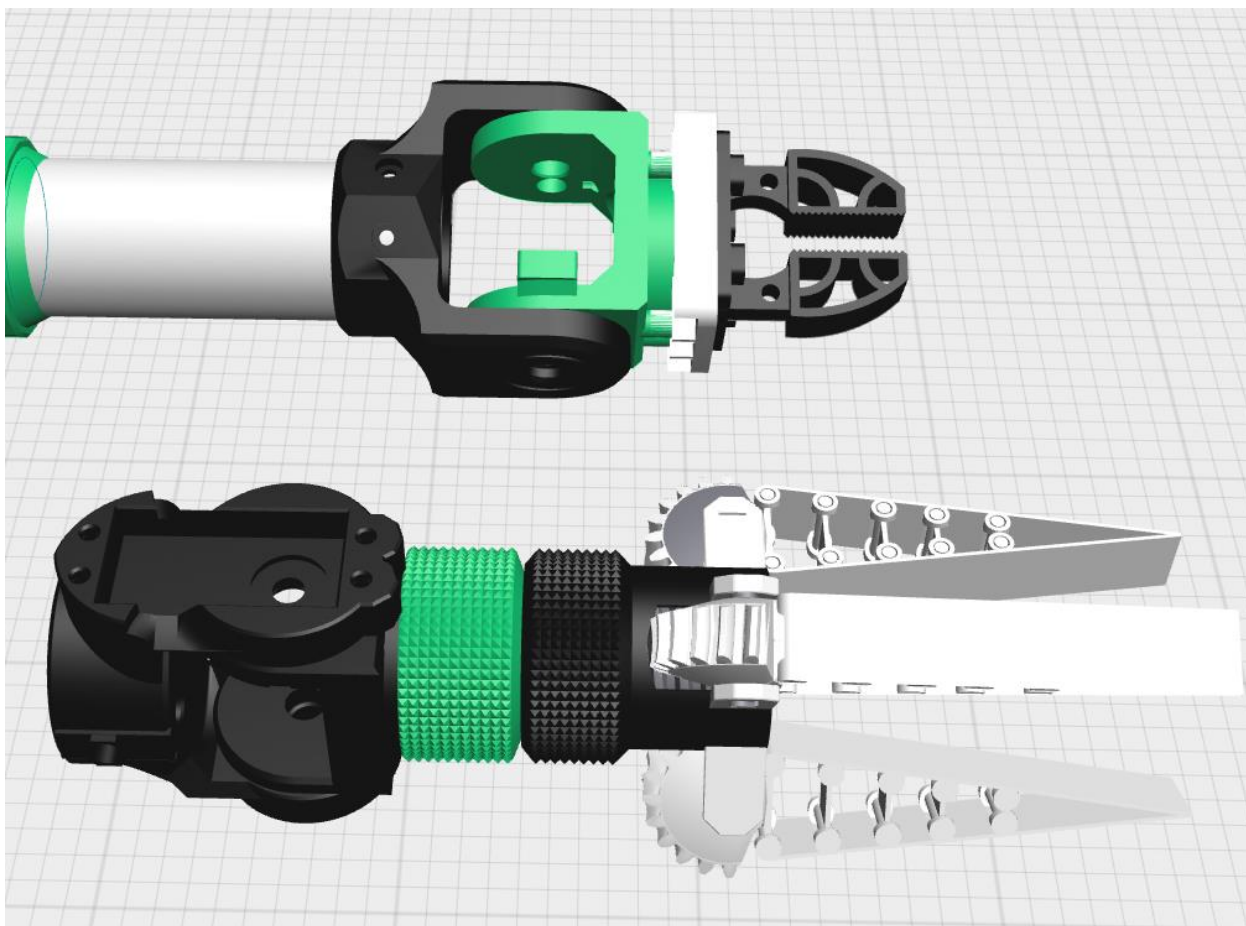


Рисунок 3.9.1 – прототипы мягких схватов

Начнем с рабочего органа для мелких объектов. Длина его губок 25 мм. Прорабатывая дизайн, ориентиром выступали манипуляторы фирмы KUKA поздних 90-х годов. Для обеспечения дополнительного сцепления с объектом взаимодействия я сделал их зубчатыми.

Схват происходит посредством вращения ведущей шестеренки на внутренней части рабочего органа (рис. 3.9.2). Так, губки являются частью линейных шестерней, соединяясь с ними посредством винтов на гайках. Ребра жесткости на внутренних частях губок не дадут рабочему органу сминаться и деформироваться под нагрузками.

На рисунке 3.9.2 не должно быть видимым соединение линейных зубцов с шестерней, так как там имеются пазы крепления под шаговый двигатель 5В, который я тоже постарался сделать частью конструкции для эргономичности и экономии места. На детали, отмеченной зеленым цветом сбоку видно место под крепление сервопривода меньших размеров, отвечающий за поворот рабочего органа на 180 градусов. Напротив него я сделал отверстие под осевой подшипник, разделяющий нагрузку на рабочий орган, соединяющийся посредством простой трубки-оси.



Рисунок 3.9.2 – механизм схвата

Со вторым вариантом схвата ситуация интереснее. Мне всегда хотелось сделать манипулятор, способный поднимать не только маленькие детали или таблетки, но и крупные сферические объекты, например, апельсины. При разработке дизайна я уже ранее упоминал что вдохновлялся концептами компании Festo с их пневматическим схватом. Но в моем случае важным моментом было сделать тот же схват, но механическим.

Для выполнения поставленной задачи я решил использовать принципы червячной передачи, но применить ее не для продольного движения объекта, а для скручивания, то есть для сжатия губок как на предыдущем варианте схвата. Основным отличием от первого варианта будет возможность схвата огибать объект взаимодействия с трех сторон по его форме. Это происходит посредством вращения вала шаговым двигателем, который двигает половинчатые шестерни, соединенные с губками рабочего органа.

Ширина каждой губки 15 мм длиной 80 мм, чего вполне достаточно для обхвата большинства фруктов средних размеров. Ребра жесткости выступают одновременно в роли как удерживающего элемента, так и механизма огибания предмета по его форме за счет натяжения периметров. Процесс моделирования перед печатью виден на рисунке 3.9.3

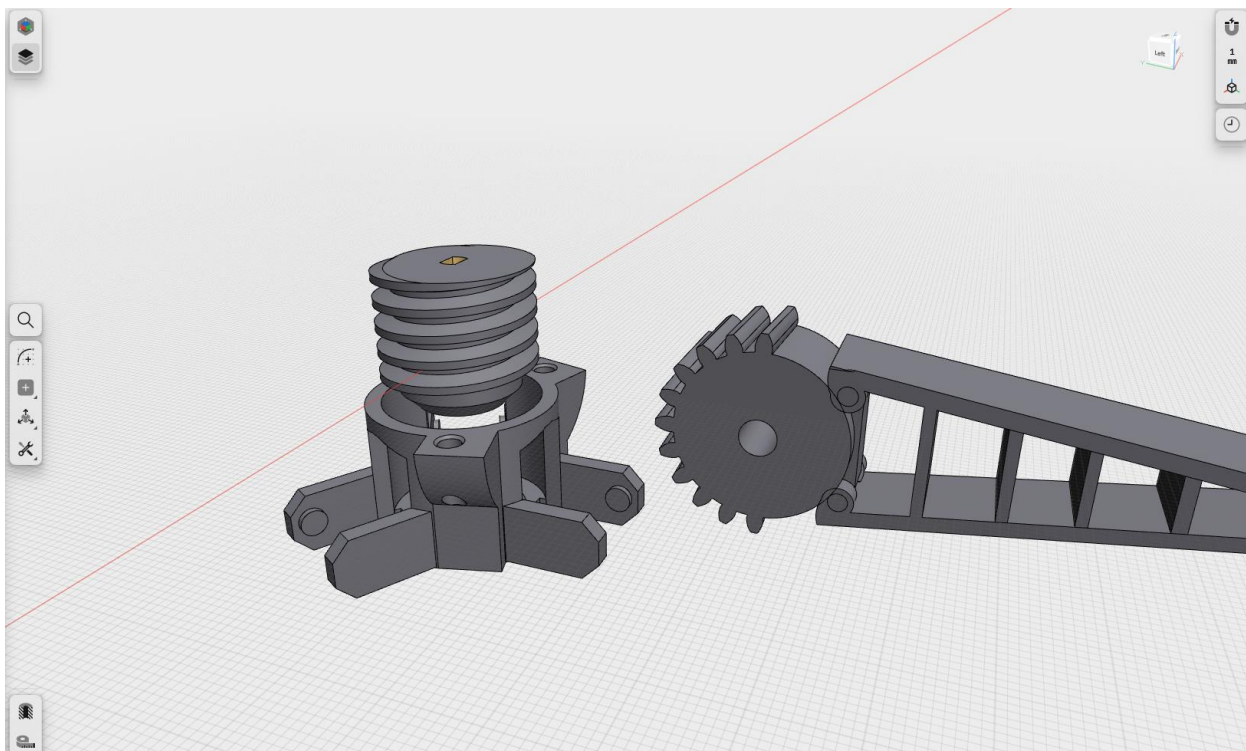


Рисунок 3.9.3 – процесс моделирования второго варианта схвата

На этом рисунке видно, как сильно отличается итоговый вариант с рисунка 3.9.4, где я решил сократить длину ведущего вала и сделать ребра жесткости частью периметров губок, увеличивая надежность конструкции.



Рисунок 3.9.4 – Реальный мягкий схват в сравнении с прототипом

Шаговый моторчик,двигающий вал, также становится частью конструкции рабочего органа для сохранения пространства и эргономичности, крепясь к основным конструкционным деталям посредством винтов.

4. Коммерциализация проекта

4.1 Метод производства

Эта дипломная работа имеет огромный на мой взгляд потенциал стать коммерческим проектом, например, на базе университета, потому я и выбрал свою разработку как тему для дипломной работы.

Как я ранее упоминал, методом производства такого манипулятора является применение аддитивных технологий, суть которых заключается в послойном взаимодействии с материалом, добавляя его послойно или так же снимать его слой за слоем с заготовки. Так или иначе, аддитивные технологии позволяют изготавливать совершенно уникальное изделие на основе одной только 3D-модели. В моем случае основой производства манипуляторов с мягким схватом будет 3D-принтер. Такой вид принтера является по своей сути станком с ЧПУ, то есть с числовым программным управлением, который имея загруженную 3D-модель, разрезает ее по слоям и задает рабочей, печатающей, головке набор координат и действий в них. Так слой за слоем формируется физическая модель изделия, которое в свою очередь не имеет ограничений на сложность геометрической формы и не требует форм-матриц для отливки.

Это в разы упрощает наладку мелкосерийного производства, так как оно требует гораздо меньших финансовых вложений, не требует специальных навыков для обслуживания и безопасно в обращении. Так, имея в наличии несколько 3D-принтеров, можно оборудовать несколько школ робототехники или лабораторий университетов, не останавливаясь на одной версии, допуская пространство для модернизации конструктивных решений.

Я решил поделиться с университетом своей разработкой, так как увидел новость о том, что 2018 году Satbayev University запустил первый в Казахстане центр 3D-печати, о чем писало в своем издательстве информационное агенство “Казинформ” 1-го февраля 2018 года. Также при нашем университете проходил конкурс на лучшего 3D-проектировщика 2024. В нем кафедра машиностроения предлагала студентам, используя CAD системы печатать на 3D-принтерах. Исходя из этой информации и наблюдая наличие принтеров в университете, я хочу помочь оборудовать манипуляторами все школы робототехники в нашем городе.

4.2 Расчет себестоимости конструкции и сборки.

При расчете себестоимости я считаю нужным начать с электроники. Как мы обсуждали в разделах ранее, в манипуляторе стоит 4 электропривода NEMA 17, 1 шаговый мотор 5В с драйверами к ним и 2 сервопривода. Вся эта система приводов управляется контроллером Arduino Mega и питается от блока питания на 12В.

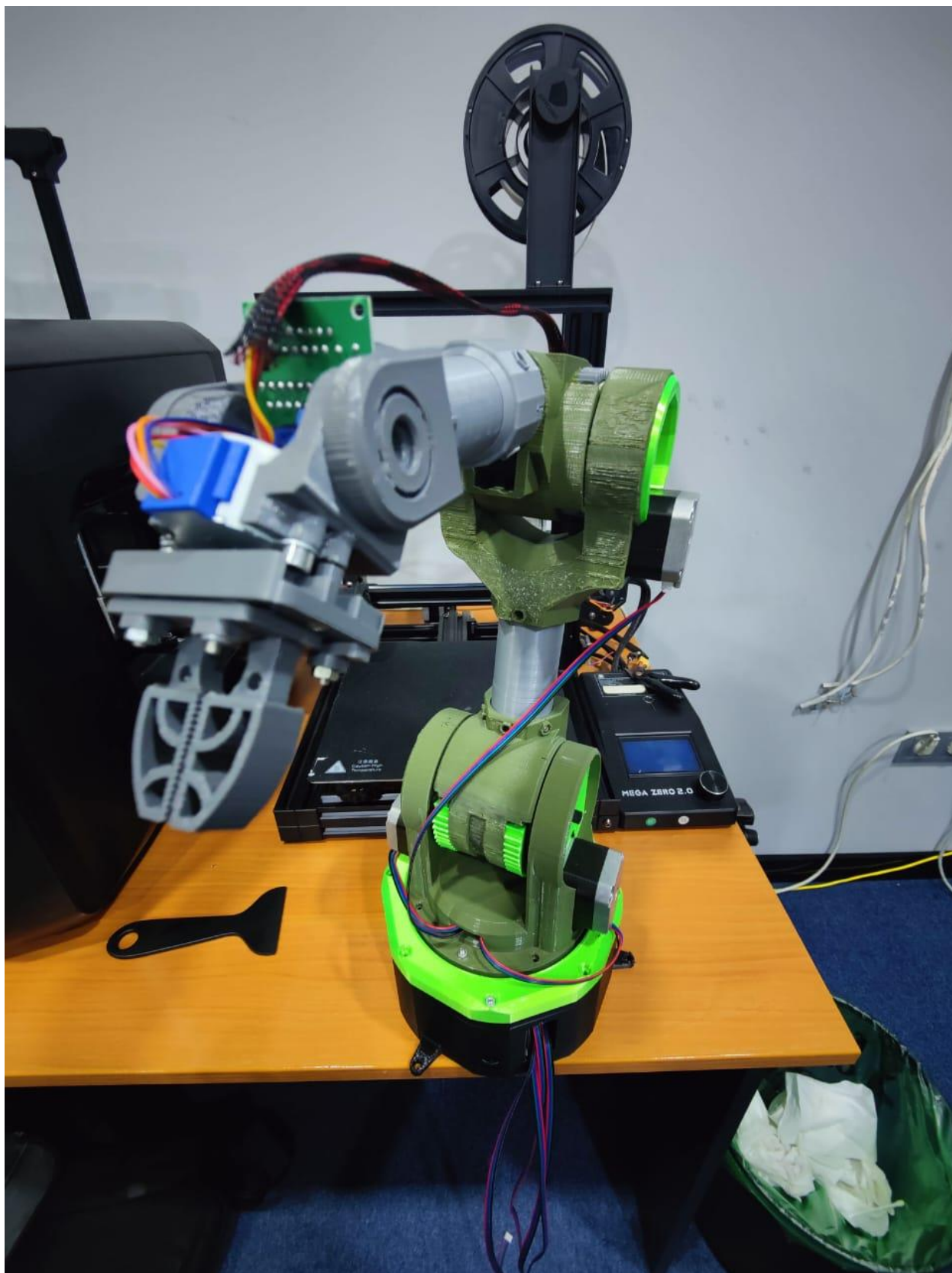
Номер	Наименование	Цена за шт.	Общая цена
1	Arduino Mega	2500 x1	
2	БП 5А 12В	1000 x1	
3	Сервопривод Micro FS90R	500 x1	
4	Сервопривод MG996R	1000 x1	
5	32-шаговый мотор 5В	500 x1	
6	Шаговый мотор NEMA 17	3500 x4	14000
7	Драйвер ТМС	2500 x4	10000

Итого получается 29 500 тг, что очень недорого для подобного манипулятора. Расходы на пластик составили еще 10 000 тг, что выводит нас на сумму в 49 500

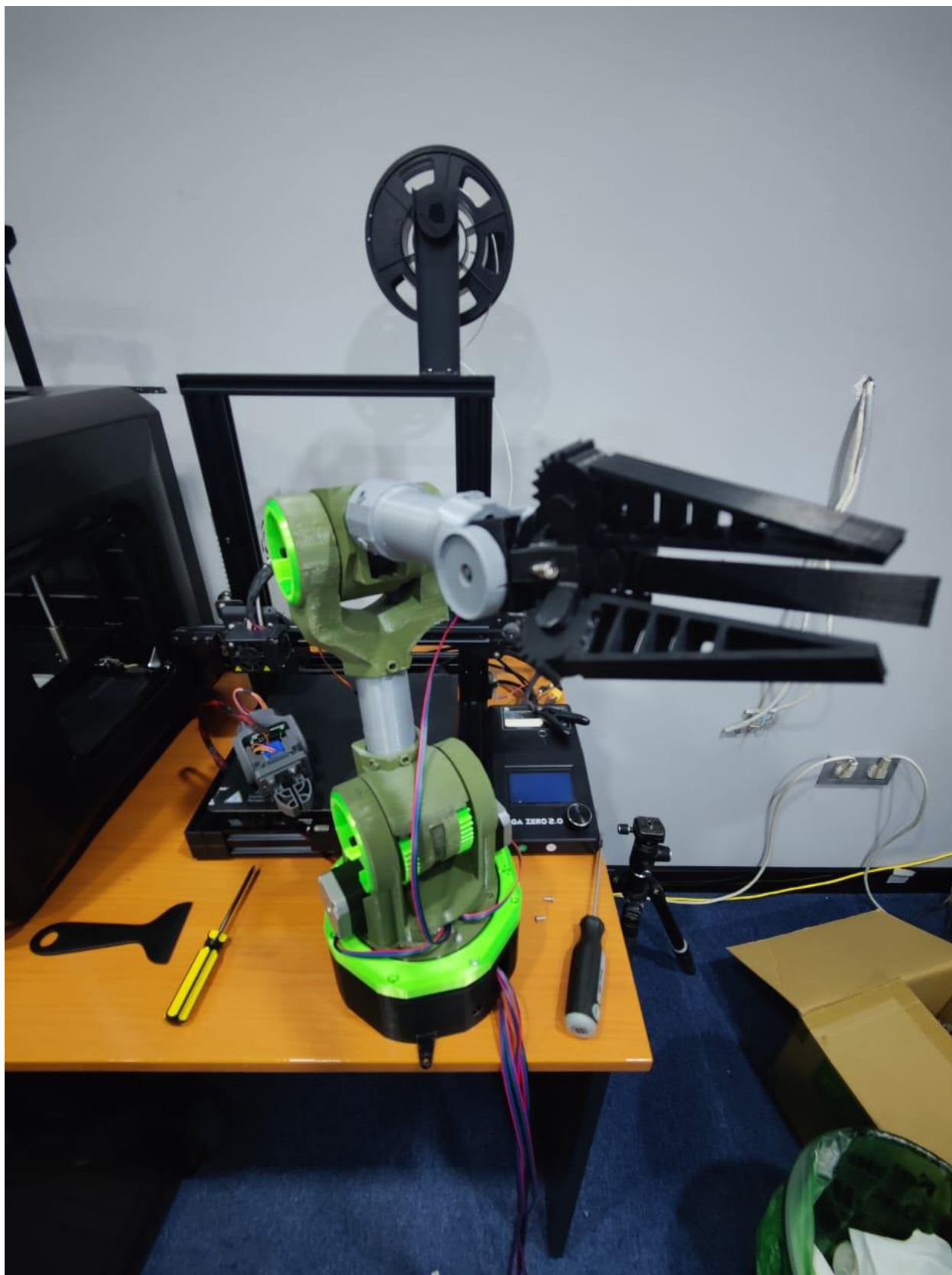
Список использованной литературы

1. П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов, Конструирование узлов и механизмов
2. И. Н. ЕГОРОВ В. П. УМНОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РОБОТОВ И
МАНИПУЛЯТОРОВ
3. Прямая и обратная задача кинематики <https://robocraft.ru/mechanics/756>
4. <https://satbayev.university/ru/news/priglashaem-prinyat-uchastie-v-studencheskom-konkurse-luchshiy-3d-proektirovshchik-2024>
5. https://www.inform.kz/ru/pervyy-centr-3d-pechati-otkryli-v-kazahstane_a3140496

Приложение А



Приложение Б



ОТЗЫВ

Дипломной работы

Студента по специальности 6B07111 – «Робототехника и Мехатроника»

Аскарбеков Динмухамед

На тему: «Конструирование манипулятора с мягким схватом и разработка
системы управления.»

Выпускная квалификационная работа, представленная Аскарбековым Динмухамедом, посвящена разработке учебного настольного манипулятора, предназначенного для начального обучения основам робототехники, мехатроники и конструирования. Автором была поставлена амбициозная и социально значимая цель — создать доступное и функциональное устройство, способное составить конкуренцию импортным аналогам и применимое в образовательной среде Казахстана.

Работа отличается высоким уровнем проработки и комплексным подходом. В исследовательской части приведён анализ существующих решений на рынке, даны обоснованные замечания в адрес малой вариативности, небезопасности и высокой стоимости имеющихся моделей. В практической части студент осуществил полный цикл проектирования устройства: от постановки технического задания и эскизного моделирования до разработки кинематики, подбора элементной базы, построения 3D-модели, расчётов привода и захвата.

Особо следует отметить: проявленную инициативу по созданию отечественного продукта с прицелом на коммерциализацию; Глубокое понимание кинематических основ движения манипулятора, подтверждённое расчётами прямой и обратной задачи; Использование современных CAD-систем (Shapr3D) и аддитивных технологий (3D-печать) в производственном цикле; Рациональный выбор недорогих, но эффективных электронных компонентов (Arduino Mega, NEMA 17 и др.).

Динмухамед продемонстрировал высокий уровень самостоятельности, инженерной логики и навыков технического творчества. Работа оформлена грамотно, с наглядными иллюстрациями, обоснованными расчетами и чёткой структурой.

Считаю, что данная дипломная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к ВКР бакалавра. Выпускник заслуживает оценки "отлично", а сама работа

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА»

— рекомендации к участию в конкурсах технических проектов и дальнейшему внедрению
в учебные процессы.

Научный руководитель:
Кандидат технических наук, PhD
Тулешов Е. А.
«6» июнь 2025 г.





Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Разработка и конструирование манипулятора мягким схватом с системой управления

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Аскарбеков Динмухамед Еркебулан Тулешов

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

5758

Количество слов



КЦ

42856

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		2
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		14

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	18 0.31 %
2	Разработка и конструирование манипулятора мягким схватом с системой управления 5/28/2024 Satbayev University (ИАиИТ)	16 0.28 %
3	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	13 0.23 %

4	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	13 0.23 %
5	Разработка и конструирование манипулятора мягким схватом с системой управления 5/28/2024 Satbayev University (ИАиИТ)	11 0.19 %
6	Разработка и конструирование манипулятора мягким схватом с системой управления 5/28/2024 Satbayev University (ИАиИТ)	11 0.19 %
7	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	7 0.12 %
8	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	7 0.12 %
9	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	7 0.12 %
10	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	6 0.10 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.76 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Разработка и конструирование манипулятора мягким схватом с системой управления 5/28/2024 Satbayev University (ИАиИТ)	44 (4) 0.76 %

из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (1.23 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html	71 (7) 1.23 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---