

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

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



Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

Мурзатай Бейбарс Темирбулатулы

Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно  
поступательного движения

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

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



Институт Автоматики и информационных технологий  
Кафедра Робототехники и технических средств автоматизации

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой РИИТСА  
кандидат технических наук,  
профессор  
Ожигенов К. А.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.



**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

На тему: «Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно  
поступательного движения»

6B07113 – Робототехника и мехатроника

Выполнил

Мурзатай Бейбарс Темирбулатулы

Рецензент  
Кандидат технических-  
наук, ассоциированный профессор  
«Академии гражданской авиации»  
Сейдильдаева А.К.

Научный руководитель  
Кандидат физико-  
математических наук,  
ассоциированный профессор  
Бактыбаев М. К.

«\_\_» май 2024 г.

«\_\_» май 2024 г.

Алматы 2024

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 автоматике

6B07113 – Робототехника и мехатроника

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТИ ИСА  
кандидат технических наук,

профессор

Ожигенов К.А.



**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломного проекта**

Студенту Мурзатай Бейбарс Темирбулатулы

Тема: Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно  
поступательного движения

Утверждена приказом ректора \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Срок сдачи законченной работы \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Исходные данные к дипломному проекту: Arduino IDE, Fritzing, SolidWorks

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- Анализ действующих аналогов
- Преимущества данного проекта
- Доказательства пользы устройства

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных  
чертежей): представлены слайдов презентации работы 13

Рекомендуемая основная литература: из 15 наименований

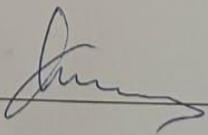
**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
Теоретическая часть	15.01.2024	
Практическая часть	12.03.2024	
Экспериментальная часть	05.05.2024	

**Подписи**

консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль	Клычнев Е.Г.	05.06.2024.	

Научный руководитель:  Бактыбаев М. К.

Задание принял к исполнению обучающийся:  Мурзатай Б. Т.

Дата

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024

## ОТЗЫВ

дипломного проекта (работы)

студента специальности 6В07111 – «Робототехника и мехатроника»

**Мурзатай Бейбарса Темирбулатовича**

**На тему: «Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно поступательного движения»**

Отзыв о дипломном проекте студента бакалавриата Мурзатай Бейбарса на тему "Создания мехатронного привода для возвратно поступательного движения":

Дипломный проект студента Мурзатай Бейбарса посвящен разработке линейного манипулятора с мехатронным приводом, который предназначен для решения задач промышленной автоматизации и робототехники. Целью работы является создание эффективной системы управления линейным манипулятором с использованием мехатронных приводов для выполнения различных операций в производственной среде.

В ходе выполнения дипломного проекта Мурзатай Бейбарс провел глубокий анализ существующих технологий и методов управления манипуляторами, изучил принципы работы мехатронных приводов и их интеграцию в систему управления.

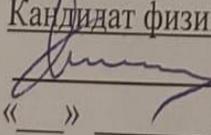
Практическая часть работы включает в себя разработку конструкции манипулятора, выбор оптимальных мехатронных приводов, а также написание программного обеспечения для управления движением и выполнения задач. Результаты экспериментальных исследований подтвердили эффективность работы мехатронного привода.

Дипломный проект выполнен на высоком уровне, соответствует общим требованиям к содержанию, оформлению и изложению материала. Работа содержит экономические расчеты, математические модели и иллюстративный графический материал, включая схемы, 3D-модели и программный код.

Считаю, что дипломный проект студента Мурзатай Бейбарса заслуживает высокой оценки и полностью соответствует предъявляемым требованиям для присуждения академической степени бакалавра.

**Научный руководитель**

Кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор

 Бактыбаев М.К.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

дипломного проекта Мурзатай Бейбарса Темирбулатулы  
по специальности 6B07111 – «Робототехника и мехатроника»  
Satbayev University

На тему: «Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно-  
поступательного движения»

Выполнено:

- а) графическая часть на \_\_\_\_ листах
- б) пояснительная записка на \_\_\_\_ страницах

**Актуальность темы.** Рецензия на данную дипломную работу подчеркивает значимость создания мехатронного рекуперативного привода для возвратно-поступательного движения. Введение работы явно описывает актуальность этой темы, подчеркивая ключевую роль эффективного управления и работы генераторов в современной индустрии. Анализируя структуру работы, можно видеть, что она хорошо разработана, с тщательно продуманными разделами и подразделами, что делает ее содержание логичным и последовательным.

### Структура работы.

Первая глава работы уделяет внимание исследовательской части, где ясно формулируется постановка проблемы и ее актуальность в контексте создания рекуперативного привода для возвратно-поступательного движения.

Во второй главе представлена подробная информация о выборе генератора для исследования, его характеристики, а также обоснование выбора гидрогенератора в контексте целей работы.

Третья глава содержит экспериментальную часть, где систематически описаны процессы настройки системы и практические результаты работы мехатронного привода.

**Оценка работы.** Оценивая дипломную работу Мурзатай Б.Т., можно отметить ее высокое качество и полноту. Проект представляет собой значимый вклад в развитие мехатроники, обращая внимание на создание эффективных рекуперативных приводов для возвратно-поступательного движения. Работа заслуживает высокой оценки 92% за свой вклад в область промышленной автоматизации и мехатроники, а также рекомендуется к защите.

### Рецензент

Кандидат технических наук, ассоциированный профессор Академии гражданской авиации.

Кафедра: «Общеобразовательные дисциплины»

  
Сейдилдаева А.К.  
«    »    2024г.

**Протокол**

**о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)**

**Автор:** Мурзатай Бейбарс Темирбулатулы **Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно поступательного движения

**Научный руководитель:** Бактыбаев М.К.

**Коэффициент Подобия 1:** 8.1

**Коэффициент Подобия 2:** 5.8

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 0

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-06-04

Дата

Заведующий кафедрой

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

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»



Мурзатай Бейбарс Темирбулатулы

Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно  
поступательного движения

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

Специальность 6В07113 – Робототехника и мехатроника

Алматы 2024 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Список терминов и сокращений

**ВВЕДЕНИЕ**

1 Исследовательская часть

1.1 Актуальность проекта

1.2 Определение проблемы и методы ее решений

2 Практическая часть

2.1 Характеристика робота

2.2 Электронные компоненты робота

2.3 Электронная схема подключения

2.4 3D-модель

2.5 Программный код

3 Экспериментальная часть

3.1 Механическая часть линейного манипулятора

3.3 электронная часть

4. Готовый макет робота

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

## ВВЕДЕНИЕ

Современный мир активно исследует эффективные и экономные технологии, включая мехатронику, объединяющую в себе механику, электронику и программное обеспечение. Одной из важных задач является создание эффективного мехатронного привода для возвратно-поступательного движения. Такие приводы могут использовать и экономить ресурсы, что повышает эффективность и коэффициент полезного действия

Целью данной работы является анализ, проектирование, реализация и исследование применения мехатронного рекуперативного привода. Задачи включают анализ существующих приводов, разработку концепции, реализацию привода и его тестирование, а также исследование применения в различных областях. В самой работе мною были использованы методы моделирования, экспериментов и сравнительного анализа. Результаты позволят оценить эффективность и применимость разработанного привода. Объектом исследования стала мехатронная система, предназначенная для преобразования электрической энергии в энергию движения. Предметом исследования является оптимизация компонентов привода для повышения эффективности.

Разработка эффективных и в то же время недорогих систем привода, способных преобразовывать и использовать энергию, выделяющуюся при торможении или замедлении движения, становится все более актуальной задачей в условиях стремительного развития технологий и необходимости сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду. Создание мехатронного рекуперативного привода для возвратно-поступательного движения открывает новые перспективы для повышения эффективности работы механизмов и снижения энергопотребления, что является важным шагом в развитии инженерных решений в области мехатроники и энергосбережения.

## КІРІСПЕ

Заманауи әлем тиімді және энергияны үнемдейтін технологияларды, соның ішінде механика, электроника және бағдарламалық қамтамасыз етуді біріктіретін мехатрониканы белсенді түрде зерттеп жатыр. Маңызды міндеттердің бірі кері қозғалыс үшін тиімді мехатронды қалпына келтіретін жетекті жасау болып табылады. Мұндай дискілер тиімділікті арттырып, қуат тұтынуды азайта отырып, энергияны пайдаланып, қалпына келтіре алады.

Бұл жұмыстың мақсаты мехатрондық регенеративті жетекті талдау, жобалау, енгізу және қолдануды зерттеу болып табылады. Тапсырмалар қолданыстағы жетектерді талдауды, тұжырымдаманы әзірлеуді, жетекті енгізуді және сынауды және әртүрлі салалардағы қолданбалы зерттеулерді қамтиды. Жұмыстың өзінде аналитикалық талдау, модельдеу, эксперимент және салыстырмалы талдау әдістерін қолдандым. Нәтижелер әзірленген жетектің тиімділігі мен қолдану мүмкіндігін бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеу объектісі қозғалыс энергиясын электр энергиясына түрлендіруге арналған мехатрондық жүйе болды. Зерттеу пәні тиімділік пен қоршаған ортаның өнімділігін арттыру үшін жетек компоненттерін оңтайландыру болып табылады.

Тежеу немесе тежеу кезінде бөлінетін энергияны түрлендіретін және пайдалана алатын тиімді және экологиялық таза жетек жүйелерін дамыту жылдам технологиялық даму және қоршаған ортаға зиянды заттардың шығарындыларын азайту қажеттілігі жағдайында маңыздырақ болып отыр. Қайталанатын қозғалысқа арналған мехатрондық регенеративті жетекті құру механизмдердің тиімділігін арттыру және энергияны тұтынуды азайту үшін жаңа перспективалар ашады, бұл мехатроника және энергия үнемдеу саласындағы инженерлік шешімдерді әзірлеуде маңызды қадам болып табылады.

## INTRODUCTION

The modern world is actively exploring efficient and energy-saving technologies, including mechatronics, which combines mechanics, electronics and software. One of the important tasks is to create an effective mechatronic regenerative drive for reciprocating motion. Such drives can harness and recover energy, increasing efficiency and reducing energy consumption.

The purpose of this work is to analyze, design, implement and study the application of mechatronic regenerative drive. Tasks include analysis of existing actuators, concept development, actuator implementation and testing, and application research in various fields. In the work itself, I used methods of analytical analysis, modeling, experiments and comparative analysis. The results will allow us to evaluate the effectiveness and applicability of the developed actuator. The object of the study was a mechatronic system designed to convert motion energy into electrical energy. The subject of the research is the optimization of drive components to improve efficiency and environmental performance.

The development of efficient and environmentally friendly drive systems that can convert and use the energy released during braking or deceleration is becoming increasingly important in the face of rapid technological developments and the need to reduce emissions of harmful substances into the environment. The creation of a mechatronic regenerative drive for reciprocating motion opens up new prospects for increasing the efficiency of mechanisms and reducing energy consumption, which is an important step in the development of engineering solutions in the field of mechatronics and energy saving.

# 1 Исследовательская часть

## 1.1 Актуальность проекта

На данном этапе прогресса использование штативов для стабилизации камер и видеооборудования является неотъемлемой частью процесса создания высококачественного контента. Однако, существующие модели штативов имеют определенные ограничения в своей функциональности, особенно когда речь идет о необходимости точного и плавного движения, а так же нельзя исключать проблемы с мобильностью и удобством.

**Точность и стабильность движения:** Мехатронный привод позволит обеспечить более точное и стабильное движение штатива, что особенно важно при съемке видеоматериалов высокого качества.

**Энергоэффективность:** Использование рекуперации энергии позволит уменьшить потребление электроэнергии и повысить энергоэффективность системы.

**Инновационность:** Разработка мехатронного привода для штатива с камерой представляет собой возможность улучшения функциональности, мобильности фото- и видеооборудования.

**Конкурентоспособность:** Разработка нового продукта на рынке фото- и видеотехники способствует повышению конкурентоспособности компании.

По данным исследования PwC, объем мирового рынка фото- и видеотехники в 2020 году составил более 50 миллиардов долларов, что доказывает о большом спросе на инновационные продукты в этой области.

[1]

Согласно отчету MarketsandMarkets, глобальный рынок мехатроники оценивается в более чем 32 миллиарда долларов к 2025 году, что подчеркивает огромную значимость мехатронных систем в различных отраслях. [2]

Данные аналитической компании Statista показывают, что объем продаж штативов для фото- и видеокамер в 2019 году составил более 8 миллионов единиц, что говорит о постоянном спросе на такие устройства.

[3]

Помимо этого все больше внимания уделяется разработке и применению эффективных, конкурентоспособных и недорогих технологий в различных отраслях промышленности. Одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются инженеры и конструкторы, является поиск способов оптимизации процессов движения и энергопотребления механических систем. В данном случае разработка мехатронного рекуперативного привода для возвратно-поступательного движения представляет собой актуальную и перспективную задачу, обусловленную несколькими

важными факторами.

Один из таких факторов является повышение конкурентоспособности и инновационности в промышленности требует постоянного совершенствования технических решений и внедрения передовых технологий. Создание мехатронного рекуперативного привода открывает новые возможности для оптимизации производственных процессов, улучшения качества продукции и снижения затрат на энергию, что является важным фактором в современной конкурентной среде.



Пример мехатронного привода

Данное мехатронное устройство является станком ЧПУ. Так же имеют мехатронный привод. В данной конструкции это двигатель и винтовое соединение

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fstanokcnc.ru%2Farticles%2Fchto-takoe-standok-s-chpu-ustroystvo-i-printsip-raboty%2F&psig=AOvVaw1EOcwasK79b1l8ZpRVTh0q&ust=1717628843598000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCNjaupyIw4YDFQAAAAAdAAAAABAR>

## 1.2 Определение проблемы и методы ее решений

Линейный манипулятор с мехатронным приводом для возвратно-

поступательного движения штатива с камерой представляет собой инновационную систему, объединяющую механические, электрические компоненты обеспечения стабильности позиционирования камеры. Благодаря мехатронному приводу, позиционирование камеры становится более точным и стабильным. Система обеспечивает плавное и контролируемое движение штатива, что особенно важно для фото- и видеосъемки, где даже небольшое дрожание или размытие изображения может существенно ухудшить качество результатов. Таким образом, мехатронный привод для линейного манипулятора с камерой не только увеличивает автономность работы, но и обеспечивает высокую точность и стабильность позиционирования камеры, что значительно повышает качество съемки и удовлетворение пользователей от использования данной технологии.

Для того чтобы разработать такой привод, необходимо учитывать ряд факторов, таких как требования к скорости и точности движения, тип и характер нагрузки, особенности рабочей среды и условия эксплуатации, а также ограничения по энергопотреблению и габаритам. Например, в случае применения привода в промышленности, где требуется высокая точность и надежность работы, важно разработать систему, способную обеспечить стабильное и плавное движение с минимальными энергозатратами.

К методам решения данной задачи можно отнести анализ существующих решений. Первым шагом в решении данной проблемы является изучение и анализ существующих технологий и приводов, которые могут использоваться в качестве основы для разработки мехатронного привода. Это включает в себя изучение принципов работы гидравлических, пневматических, электрических и гибридных приводов, их преимуществ и недостатков. На основе анализа можно сделать выводы о том, какие технологии наиболее подходят для конкретной задачи и какие аспекты следует учитывать при разработке нового привода.

Помимо этого, можно отнести создание новых и инновационных решений, где на основе анализа существующих технологий можно разработать новые концепции и инновационные решения, которые позволят создать эффективный и энергосберегающий мехатронный привод.

Еще одним способом считается реализация и тестирование прототипов приводов. После разработки концепции необходимо приступить к созданию и тестированию прототипов мехатронного привода. Это позволит оценить эффективность и точность работы привода в реальных условиях эксплуатации, а также выявить возможные проблемы и

недостатки, которые могут потребовать доработки и усовершенствования конструкции.

Также немаловажным является исследование и оптимизация работы привода, где после проведения тестирования прототипов необходимо провести дальнейшее исследование и оптимизацию работы привода с целью повышения его эффективности и надежности. Это может включать в себя анализ результатов испытаний, моделирование работы привода в различных условиях и разработку методов управления и регулирования, позволяющих оптимизировать его работу в соответствии с требованиями конкретного приложения.

В целом, проблема создания мехатронного рекуперативного привода требует комплексного подхода и использования различных методов исследования и разработки, что позволит создать эффективную и надежную систему привода, способную удовлетворить требования современной промышленности и экологии.

## **2. Практическая часть**

В данной главе мною представлено краткое техническое задание на разработку манипулятора с 2-я степенями свободы.

### **2.1 Характеристика манипулятора**

Физические параметры.

Размеры и габариты:

- Робот должен быть компактным, чтобы занимать минимальное пространство и не привлекать внимание. В мм

- Габариты штатива должны быть достаточными для надежной фиксации камеры и обеспечения устойчивости во время работы. В кг

Тип передвижения:

- Система должна быть статичной и устанавливаться на определенной поверхности для выполнения функций позиционирования камеры.

- Штатив должен обеспечивать точное и плавное возвратно-поступательное движение для стабилизации и устойчивости на вибрационное механическое возмущение.

- Оптимальный баланс между массой штатива и его устойчивостью обеспечит надежную фиксацию камеры. - Крепежные элементы должны быть спроектированы с учетом массы штатива для долговечной работы системы. В кг

Электрические параметры

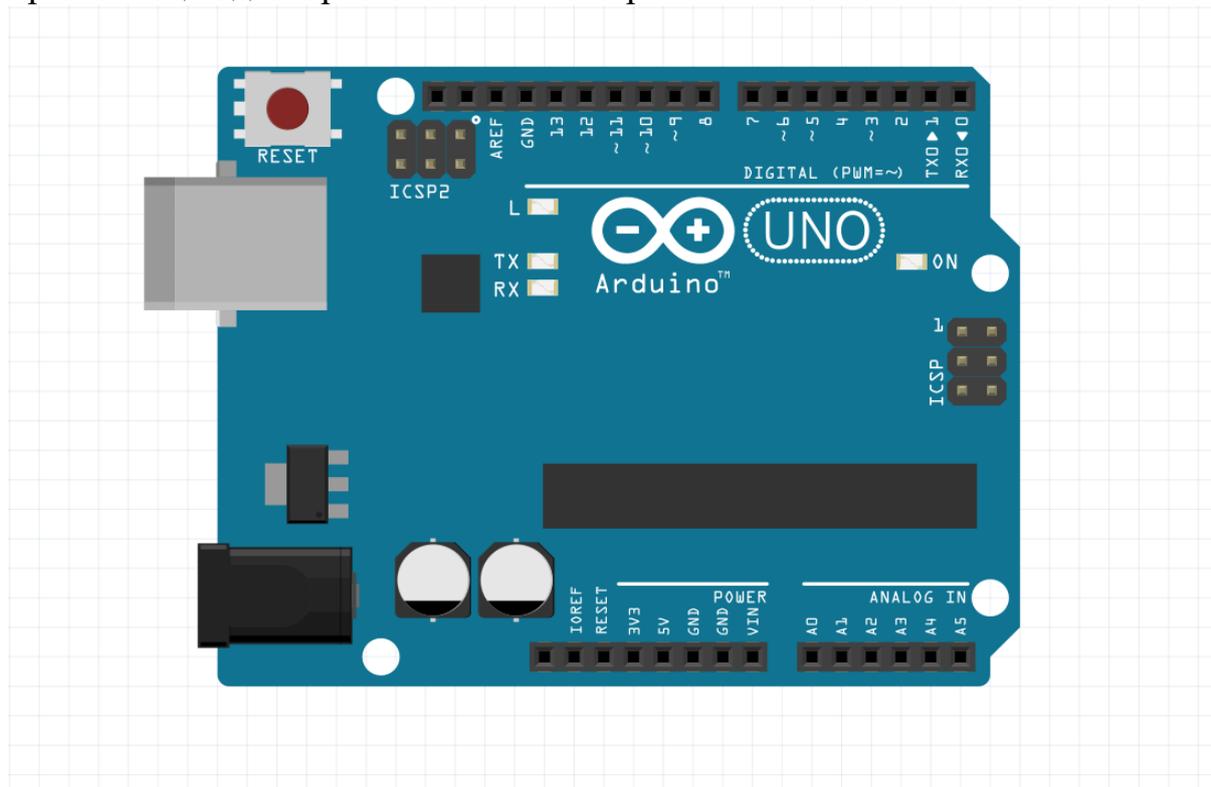
- Источники питания должны обеспечивать непрерывную работу штатива, особенно в случае возможных сбоев энергоснабжения. В Ам\*час для аккумуляторов и вых мощность Вт

Потребляемая манипулятора Вт

## 2.2 Электронные компоненты робота

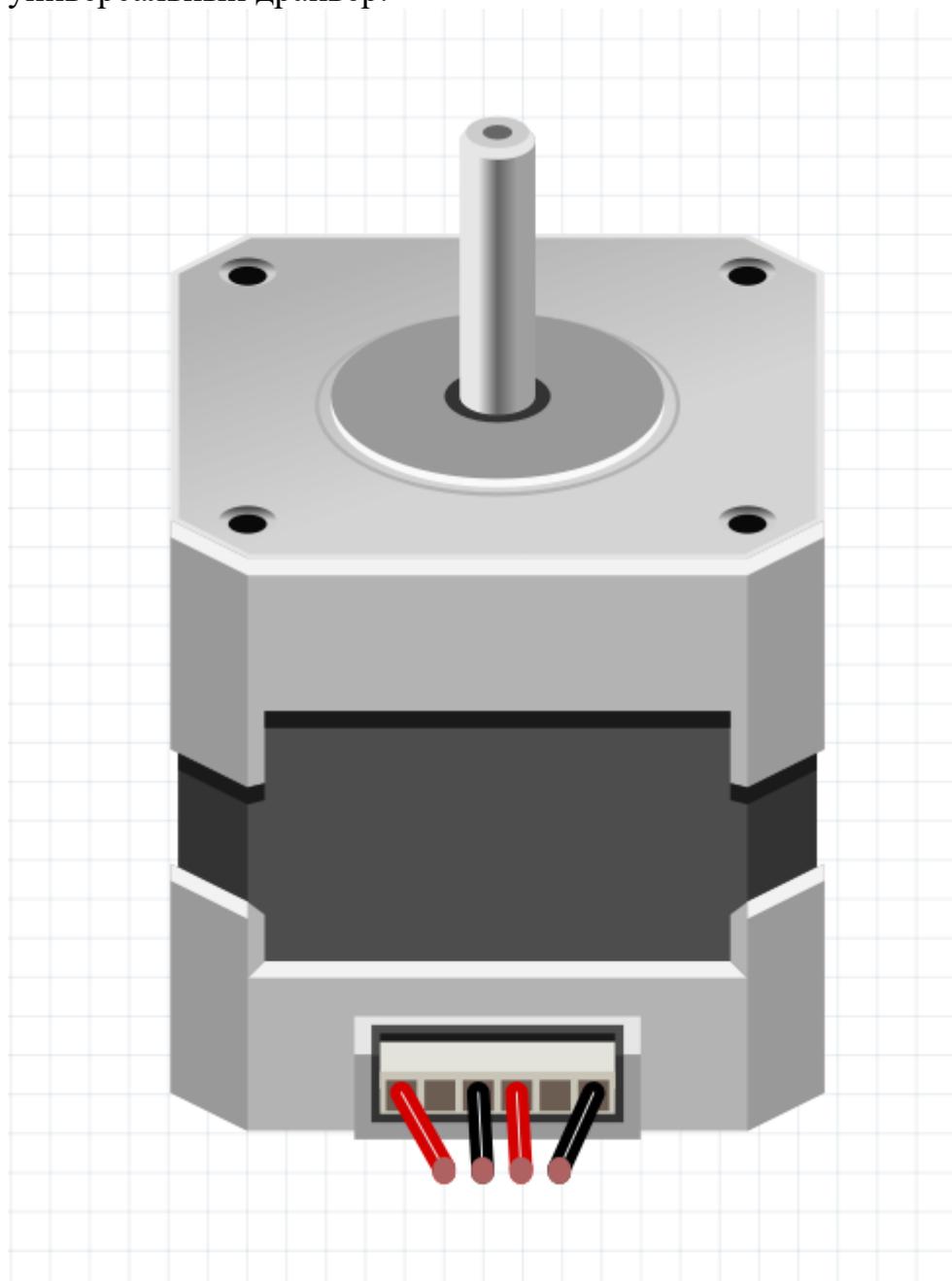
Для создания макета мне могут понадобиться следующие компоненты:  
ТАБЛИЦА 2

1. Arduino Uno - контроллер построен на базе микроконтроллера ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.



2. Шаговый двигатель - это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками. Сила тока, подаваемая в одну из катушек статора, вызывает фиксацию ротора. Следующая работа обмоток двигателя

вызывает дискретные угловые перемещения ротора, так называемые шаги двигателя. Именно поэтому двигатель называется шаговым. Для управления шаговым двигателем используется драйвер который представляет из себя электронный контроллер. Для шагового двигателя есть свои собственные драйвера, а так же есть возможность использовать универсальный драйвер.



3. Блютуз модуль-Один из способов удаленного подключения к устройству. В данной работе выполняет роль дистанционного управления

4. Резисторы (по необходимости), также сопротивление — пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым постоянным или

переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и других видов перераспределения электрической энергии. Весьма широко используемый компонент практически всех электрических и электронных устройств.



6. Батарейное питание - представляет собой электрическую энергию, которая поступает из батарей или аккумуляторов и используется для электропитания электронных устройств. В контексте создания макета мехатронного рекуперативного привода для возвратно-поступательного движения, батарейное питание служит источником энергии для всех компонентов системы, включая Arduino Uno, шаговый двигатель, генераторы и другие устройства. Батарейное питание может быть

реализовано с использованием различных типов батарей или аккумуляторов, таких как литий-ионные, никель-металл-гидридные или свинцово-кислотные батареи, в зависимости от требований по емкости, напряжению и другим параметрам.



Arduino Uno является микроконтроллерной платформой, обеспечивающей возможности программирования и управления устройствами. В контексте макета мехатронного привода, Arduino Uno используется для управления приводом. Шаговый двигатель представляет собой электромеханическое устройство, позволяющее осуществлять точное позиционирование и управление движением механических систем. В макете шаговый двигатель используется в качестве главного исполнительного механизма для возвратно-поступательного движения. Резисторы могут потребоваться для регулирования напряжения или тока в цепи, а также для защиты электронных компонентов от перегрузок. Они используются в схеме питания или в цепях сигнальной обработки для обеспечения стабильной работы макета. Провода необходимы для соединения всех компонентов макета между собой и с Arduino Uno. Они передают данные, электроэнергию и управляющие сигналы. Провода должны быть надежными и обеспечивать хороший контакт для эффективной работы макета. Батарейное питание обеспечивает питанием все компоненты макета, особенно для Arduino Uno и шагового двигателя.

Любой резистор работает по закону Ома, по которому сопротивление меняется в зависимости от значений напряжения и силы проходящего через элемент тока. Используя резисторы подходящих номиналов, можно корректировать значения напряжения и силы тока.

### 2.3 3D-модель

Для построения 3D-модели я использовал специализированное программное обеспечение для трехмерного моделирования, такое как Компас 3D. Вот алгоритм создания 3D-модели моего проекта:

Первым делом стоит определить параметры и особенности линейного манипулятора, такие как типы используемых компонентов, их размеры, кинематические характеристики и т. д. Создать общий план моделирования, определить, какие части привода будут включены в модель, и как они будут взаимодействовать друг с другом.

После этого использовать инструменты эскизов программного обеспечения для создания двумерных контуров каждой части вашего привода. Создать эскизы для основных компонентов, таких как корпус, крепежные элементы, механизмы передачи движения и т. д.

Помимо этого, я использовал инструменты экструзии и вращения для преобразования эскизов в трехмерные тела. Экструдировал и изучала с разны осей путем вращения эскизы для каждой части модели, задавая им необходимую высоту и форму.

Далее я использовал функции сборки для объединения всех частей модели в единое целое создал компоновку для каждого компонента привода, определяя их расположение и взаимодействие между собой.

Последним этапом стало убедиться, что все детали корректно выровнены и прилегают друг к другу. Я провел проверку модели на наличие ошибок и несоответствий и проверил, что все части модели корректно взаимодействуют между собой и выполняют свои функции.

Эти процессы позволили мне создать детальную и реалистичную 3D-модель вашего мехатронного рекуперативного привода, которая будет полезной как для визуализации самого привода, так и для его анализа и демонстрации в рамках моей дипломной работы.

3D модель состоит из основания всего механизма, несет на себе функцию устойчивости, к основанию крепится балка для линейного перемещения по оси z. Вторая степень свободы движется по оси y



## 2.5 Программный код

Программный код был написан на интегрированной среде разработки Arduino IDE, разработанной на C и C++. Помимо этого, она включает в себя обширное количество библиотек и позволяет компилировать написанные программы в машинный код.

Создание переменных и установка пинов:

- Мы создали переменные motorPin, potentiometerPin, motorSpeed и potValue для хранения информации о пине двигателя, пине потенциометра, текущей скорости двигателя и значения считанного с потенциометра.

- Присвоили переменным значения: номер пина двигателя (9), номер аналогового пина потенциометра (A0), начальную скорость двигателя (0) и начальное значение с потенциометра (0).

- Мы установили пин двигателя как выходной для управления скоростью и инициализировали последовательную связь для взаимодействия с монитором порта.

Основной цикл loop()

- Считываем значение с потенциометра и сохраняем его в переменной potValue.

- Масштабируем значение с потенциометра в диапазон скорости двигателя от 0 до 255.

- Устанавливаем скорость двигателя равной полученному значению с помощью ШИМ сигнала.

Вывод данных:

- Мы выводим текущую скорость двигателя и значение с потенциометра через монитор порта для отслеживания процесса.

Задержка:

- Добавляем небольшую задержку для стабильной работы программы. Этот процесс позволяет управлять скоростью постоянного двигателя с помощью потенциометра и отслеживать значения скорости и потенциометра через монитор порта.

### 3. Экспериментальная часть

#### 3.1 Механическая часть линейного манипулятора



Винт

Принцип работы винта заключается в вращении, при вращении желтый бегунок движется либо вверх либо вниз тем самым создает возвратно поступательное движение



### Исполнительный механизм

При вращении винта движется бегунок. Бегунок движет исполнительный механизм. На исполнительном механизме находится камера.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

<https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9\\_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C)

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)

<https://www.chipdip.kz/catalog-show/current-sensors>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80>

- 1 Козлов, Е. В., & Никитин, Г. П. (2019). Основы энергосбережения в мехатронике. Москва: Издательский дом "Энергоатомиздат".
- 2 Wang, J., Du, H., Xu, Z., & Hu, Y. (2018). Research on the design of regenerative shock absorber with adjustable damping based on single-axis electromagnetic induction. *Journal of Mechanical Engineering Research & Developments*, 41(4), 43-49.
- 3 Li, J., Jiang, Y., & Ren, X. (2020). Research on the control strategy of a regenerative electromagnetic suspension system based on different vehicle loads. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1-12.
- 4 Смирнов, П. Н. (2017). Мехатронные системы управления в промышленности. Санкт-Петербург: Издательство "Питер".
- 5 Wang, C., Cheng, G., Zuo, L., & Hu, J. (2018). Optimal design and energy management of a novel regenerative suspension system for electric vehicles. *Energies*, 11(3), 572.
- 6 Иванов, А. С. (2020). Применение мехатронных систем в автомобилестроении. Москва: Издательство "Техника".
- 7 Петров, В. И., & Сидоров, Д. Н. (2018). Мехатроника и робототехника в промышленности. Санкт-Петербург: Издательство "БХВ-Петербург".

- 8 Li, C., Luo, Y., & Pan, W. (2020). Study on energy regeneration of regenerative braking system based on sliding mode control. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1-10.
- 9 Антонов, Е. С. (2020). Оптимизация энергосберегающих систем в мехатронике. Санкт-Петербург: Издательство "Техносфера".
- 10 Kim, B., Lee, S., Kim, Y., Park, H., Kim, M., & Kim, D. (2020). Design and implementation of a regenerative braking system for an electric vehicle. *Energies*, 13(12), 3003.
- 11 Ge, X., Jiang, Z., Dong, G., & Tian, Z. (2019). Energy regenerative shock absorber for suspension system of electric vehicles: Design, modeling, and experiments. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 66(4), 2902-2912.
- 12 Zheng, S., Zhang, Y., Yuan, C., Li, Y., & Han, Y. (2017). Design and research of regenerative shock absorber system based on nonlinear electromagnetic induction. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(11), 1687814017733744.
- 13 Li, G., Feng, Y., Xing, L., & Yu, F. (2019). Design and research of vehicle regenerative suspension system based on single-axis linear electromagnetic generator. *IEEE Access*, 7, 33269-33279.
- 14 Романов, И. В. (2019). Проектирование мехатронных рекуперативных приводов. Москва: Издательство "Техника и прогресс".
- 15 Новиков, В. А., & Белкин, А. С. (2017). Рекуперация энергии в мехатронных системах. Санкт-Петербург: Издательство "Наука".

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

## СХЕМА электроники и гальванической развязки

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## Чертеж деталей

## ПРИЛОЖЕНИЕ С

```
sharabulletgym_afc.py  const int motorPin = 5; // Пин для подкл  Untitled-1
1  const int motorPin = 5; // Пин для подключения к постоянному двигателю
2  const int potentiometerPin = A0; // Пин для подключения потенциометра
3  int motorSpeed = 0; // Начальная скорость двигателя
4  int potValue = 0; // Значение с потенциометра
5
6  void setup() {
7      pinMode(motorPin, OUTPUT);
8      Serial.begin(9600); // Инициализация последовательной связи
9  }
10
11 void loop() {
12     // Чтение значения потенциометра
13     potValue = analogRead(potentiometerPin);
14     // Масштабирование значения потенциометра в диапазон скорости двигателя (0-255)
15     motorSpeed = map(potValue, 0, 1023, 0, 255);
16
17     // Управление скоростью двигателя
18     analogWrite(motorPin, motorSpeed);
19
20     // Отображение скорости двигателя и значения потенциометра в мониторе последовательной связи
21     Serial.print("Motor Speed: ");
22     Serial.print(motorSpeed);
23     Serial.print("\t Potentiometer Value: ");
24     Serial.println(potValue);
25
26     delay(100); // Задержка для стабилизации
27 }
```

```
#include <Stepper.h>
```

```
// Количество шагов на один оборот вашего шагового двигателя
```

```
const int stepsPerRevolution = 200;
```

```
// Подключение пинов шагового двигателя к пинам Arduino
```

```
const int motorPin1 = 8;
```

```
const int motorPin2 = 9;
```

```
const int motorPin3 = 10;
```

```
const int motorPin4 = 11;
```

```
// Инициализация объекта Stepper для управления шаговым двигателем
```

```
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, motorPin1, motorPin2, motorPin3, motorPin4);
```

```
void setup() {
```

```
    // Настройка скорости движения шагового двигателя (в оборотах в минуту)
```

```
    myStepper.setSpeed(100);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    // Вызов функции для выполнения одного шага вперед
```

```
    myStepper.step(stepsPerRevolution);
```

```
    // Задержка между шагами
```

```
    delay(500);
```