

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И
ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ МОЛОДЁЖИ
«МЕНЯ ОЦЕНЯТ В XXI ВЕКЕ»**

Направление: Робототехника

Тема: создание робота по принципу механизма чебышева

Соискатель: Елизарова Анна Дмитриевна

Научный руководитель: Еделев Андрей Юрьевич

Место выполнения работы: МАОУ Лицей 38

Нижний Новгород

2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. ВВЕДЕНИЕ	2
1.1. Актуальность работы	2
1.2. Цель работы	2
1.3. Задачи работы	2
1.4. Гипотеза исследования	2
1.5. Проблема исследования	2
1.6. Объект исследования	2
1.7. Предмет исследования	2
1.8. Методы исследования	3
1.9. Новизна исследования	3
Глава 2. П. Л. ЧЕБЫШЕВ И ЕГО МЕХАНИЗМЫ	4
2.1. Краткая биография	4
2.2. Механизмы Чебышева	7
Глава 3. 3D-МОДЕЛИ	10
Глава 4. ПЕЧАТЬ МОДЕЛИ НА 3D-ПРИНТЕРЕ	11
4.1. Программа для 3D-печати Cura 3D	11
4.2. 3D-принтер и выбор пластика	12
4.3. Полученные 3D-модели	12
Глава 5. ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ	13
5.1. Arduino NANO	13
5.2. Bluetooth-модуль HC-06	14
5.3. Сервопривод sg90	14
5.4. Аккумулятор Lipo 2S	15
Глава 6. ИТОГОВАЯ СБОРКА	16
Глава 7. ВЫВОДЫ	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20

Глава 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Актуальность работы

Мы редко задумываемся о механизмах, окружающих нас. Однако эти, казалось бы, простые устройства основаны на сложных механизмах, разработанных еще давно. П.Л. Чебышев — блестящий математик, создавший множество механизмов и оставивший богатое научное наследие. Именно его изобретениям и принципам их работы посвящено наше исследование.

1.2. Цель работы

Цель работы — изучить наиболее интересные изобретения П. Л. Чебышева; начать конструировать робота.

1.3. Задачи работы

Исследовать работу механизмов Чебышева.

1.4. Гипотеза исследования

Пафнутий Львович Чебышев создал большое количество разнообразных оригинальных механизмов, и внес огромный вклад в развитие теории и практики механики.

1.5. Проблема исследования

Поиск сведений о русском ученом П.Л. Чебышеве и о его механизмах.

1.6. Объект исследования

Применение механизма Чебышева в робототехнике и роботостроении.

1.7. Предмет исследования

Свойства и принципы работы механизмов П.Л. Чебышева.

1.8. Методы исследования

Анализ научной литературы и интернет-ресурсов; моделирование; конструирование.

1.9. Новизна исследования

На сегодняшний день существуют работы, посвященные механизмам Чебышева. Новизна представленной нами научной работы заключается в методе исследования, а именно: в создании робота, на примере которого рассмотрена лямбда механизм вживую.

Глава 2. П. Л. ЧЕБЫШЕВ И ЕГО МЕХАНИЗМЫ

2.1. Краткая биография

Пафнутий Чебышев родился 26 мая 1821 года в деревне Акатово Калужской губернии в семье помещика.

Мальчик получил начальное образование дома. Его мать научила его грамоте, а двоюродная сестра Авдотья — французскому языку и математике.

В детстве он увлекался музыкой и проявлял значительный интерес к различным механизмам. Часто Чебышев самостоятельно конструировал механические игрушки и устройства.



Рис. 1. Семья Чебышева после приезда в Москву

Когда Пафнутию исполнилось 11 лет, его семья переехала в Москву (рис. 1), где он продолжил свое образование. Родители наняли ему учителей по физике, математике и латыни.

В 1837 году Чебышев поступил на физико-математическое отделение Московского университета, где учился до 1841 года. Через пять лет он защитил магистерскую диссертацию на тему «Опыт элементарного анализа теории вероятностей».

Через несколько месяцев Пафнутия Чебышева утвердили в должности адъюнкт-профессора Петербургского университета (рис. 2). Он преподавал высшую алгебру, геометрию, практическую механику и другие дисциплины. Спустя два года его отправили в командировку в Великобританию, Францию и Бельгию. За это время он изучил зарубежное машиностроение и познакомился с работой промышленных предприятий.



Рис. 2. Профессора физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета

Вернувшись в Россию, Пафнутий продолжил свои научные исследования. В 1851 году опубликовал известную работу «Об определении числа простых чисел, не превосходящих данной величины», где предложил более точное приближение с помощью интегрального логарифма. Этот труд принес ему известность в Европе. В следующем году он выпустил статью «О простых числах», в которой изучил сходимость рядов, связанных с простыми числами, и определил правила их сходимости.

Пафнутий Чебышев был первым русским математиком, который прославился на мировом уровне, особенно в теории вероятностей. В своей работе «О средних величинах» он впервые доказал важную идею о случайной величине,

которая стала одним из основных понятий в теории вероятностей. Он также достиг больших успехов в области приближения функций и потратил на это около 40 лет жизни.

Чебышев решил важную задачу: как найти многочлены, которые меньше всего отклоняются от нуля.

Кроме этого, он исследовал математический анализ и геометрию; работал в военном артиллерийском ведомстве, пытаясь сделать стрельбу из пушек более точной.

Кроме того, он написал около 15 статей на тему теории механизмов. Благодаря разговорам с Чебышевым, такие британские ученые, как Джеймс Сильвестр и Артур Кэли, тоже заинтересовались кинематикой механизмов. В 1850-е годы он начал углубленно изучать шарнирно-рычажные механизмы. После множества расчетов и экспериментов он разработал теорию функций, минимально отклоняющихся от нуля. Он описал свои открытия в книге «Теория механизмов, известных под названием параллелограммов», что сделало его основателем математической теории синтеза механизмов.

Скончался великий математик 8 декабря 1894 (рис. 3).

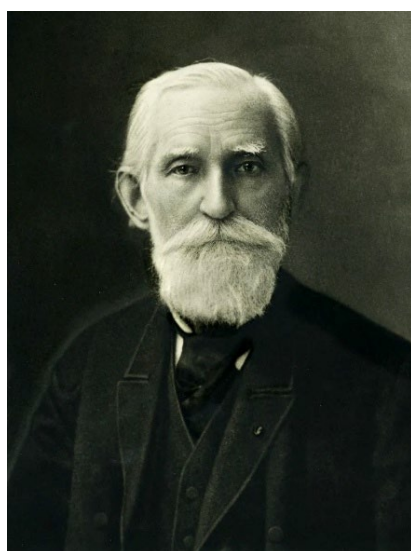


Рис. 3. П. Л. Чебышев

2.2. Механизмы Чебышева

Лямбда механизм

Лямбда механизм преобразовывает вращательное движение в движение, приближенное к прямолинейному.

Прямолинейное движение можно объяснить через точку P , которая находится в середине звена $L3$ (рис. 4). Это звено расположено между двумя крайними точками механизма, состоящего из четырех звеньев ($L1$, $L2$, $L3$ и $L4$). Когда лямбда механизм движется, точка P немного отклоняется от идеальной прямой линии.

Длины звеньев соотносятся как 2:2.5:1, что можно упростить до 4:5:2. Это означает, что звено $L3$ стоит вертикально, когда механизм находится в крайних положениях (рис. 4).

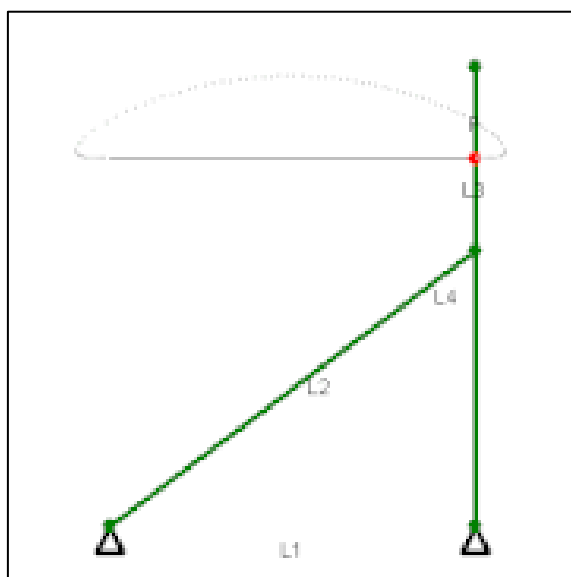


Рис. 4. Схема механизма Чебышева

Арифмометр

Чебышев изобрел и автомат для вычислений — *арифмометр*. В отличие от других счетных машин эта машина могла работать в быстром темпе, примерно 500 вычислений в час.

Счетная машина Чебышева не смогла найти применение в царской России, единственный ее экземпляр попал во Францию в Париж в Музей искусств и ремесел (рис. 5).

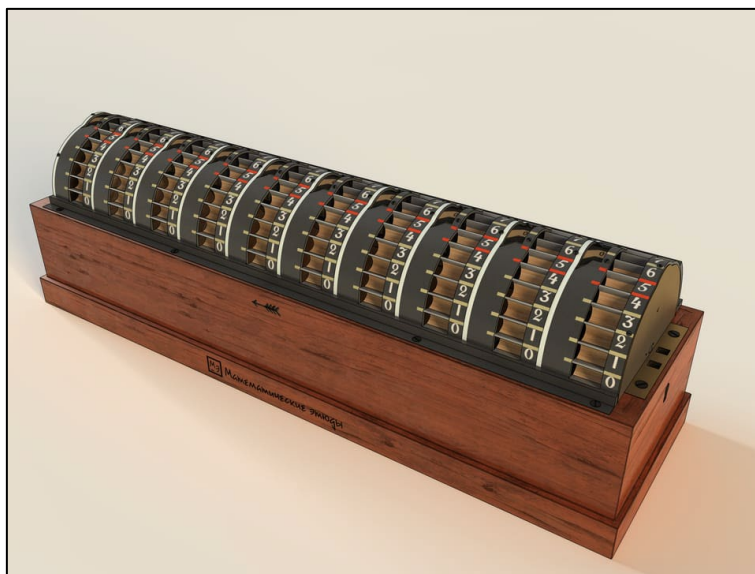


Рис. 5. Арифмометр

Сортировалька

Следующий дошедший механизм Пафнутия Львовича — *сортировалька*. В нем геометрическая идея служит решению важной практической задачи: сортировке зерна. В XIX веке, как и в наши дни, зерно сортировали по массе с целью отобрать лучшие, более тяжелые, зерна.

Принципы работы сортировальки Чебышева:

1. При крайнем правом положении коромысла зерно из бункера поступает в лоток, укрепленный в верхней части коромысла.
2. Так как остановка коромысла в этом положении продолжительна и соответствует полуобороту кривошипа, то зерно успевает полностью заполнить лоток.
3. За следующую половину оборота кривошипа коромысло с лотком, наполненным зерном, быстро совершает полное качание. При этом зерна, отделяясь от лотка, падают ближе или дальше, в зависимости от величины их массы.

4. Звено закрывает выходное отверстие бункера, открывая его лишь в момент, соответствующий остановке коромысла

5. При резком выбрасывании из лотка происходит сортировка зерен по массе: лучшие зерна оказываются лежащими дальше от механизма (рис. 6).

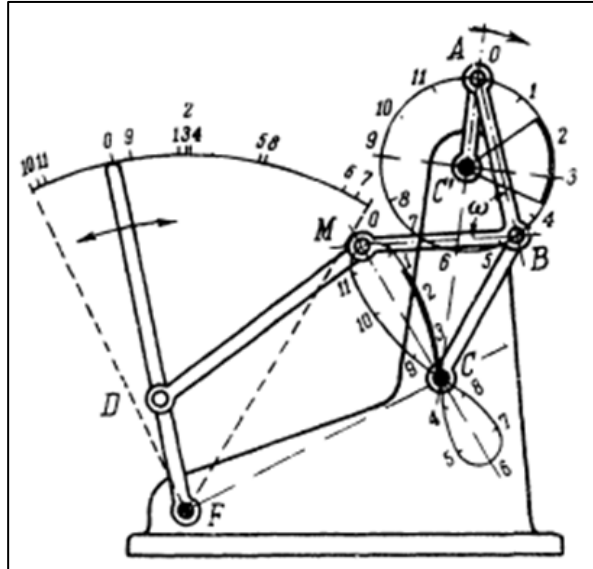


Рис. 6. Сортировалька

Глава 3. 3D-МОДЕЛИ

Изначально перед нами стояла задача создания каркаса устройства.

Чтобы создать 3D-модели, нами была использована программа Autodesk Fusion 360, в которой были смоделированы некоторые модели (рис. 7, 8).

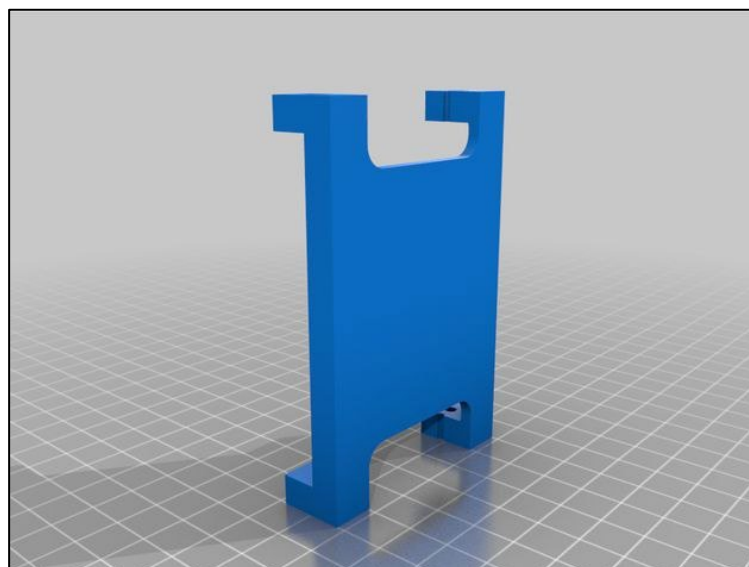


Рис. 7. Корпус

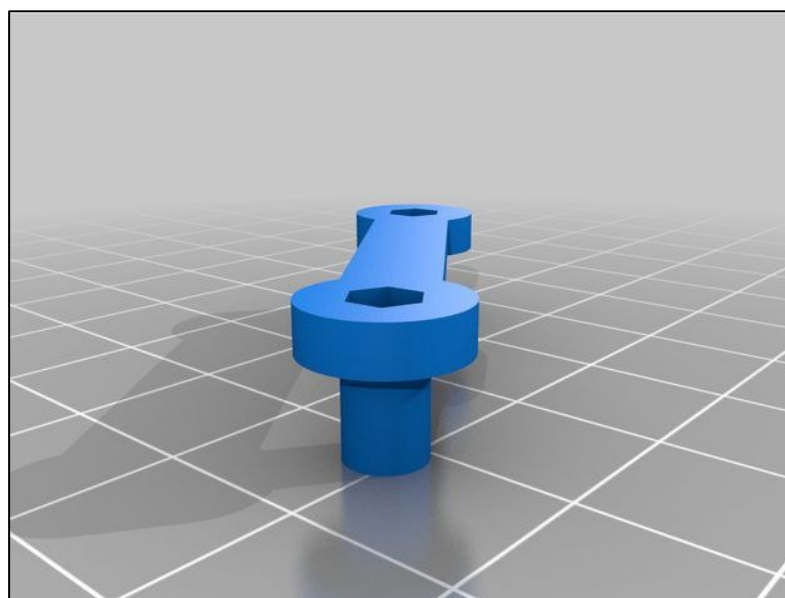


Рис. 8. Фрагмент ноги

Глава 4. ПЕЧАТЬ МОДЕЛИ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

4.1. Программа для 3D-печати Cura 3D

Для печати готовой модели нами была выбрана программа Cura 3D (рис. 9).

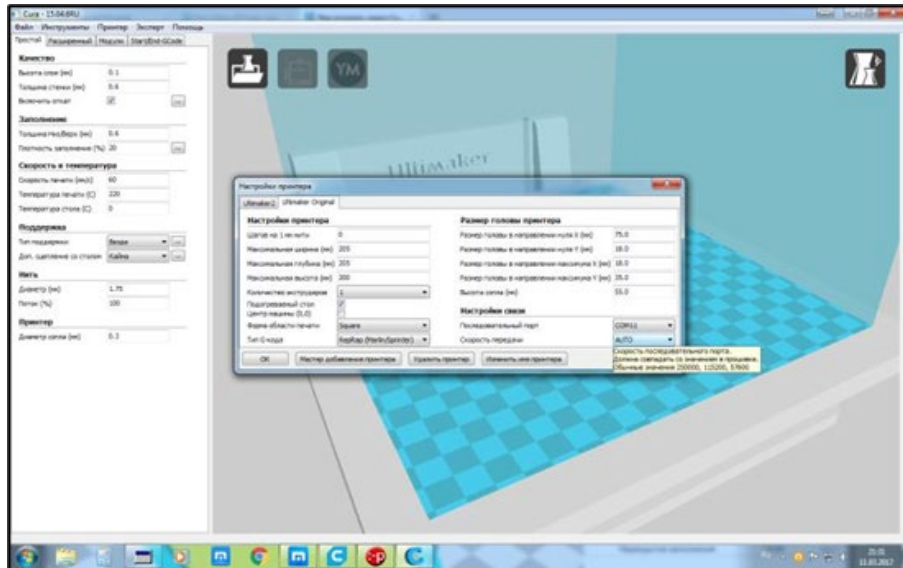


Рис. 9. Программа Cura 3D



Рис. 10. Виды 3D-принтеров

Cura 3D — это программа-слайсер для 3D-принтеров (рис. 10), которая берет 3D-модель и нарезает ее (slice) на слои, чтобы получить файл, известный как G-Code, в котором содержатся коды, которые понимает 3D-принтер.

4.2. 3D-принтер и выбор пластика

3D-модель мы печатали на принтере Tevo Tornado, Geetech A10M, так как он обладает рядом преимуществ.

Выбор пластика. Для печати мы выбрали пластик двух видов PETG и ABS, так как это самые доступные виды пластика.

4.3. Полученные 3D-модели (рис. 11, 12)

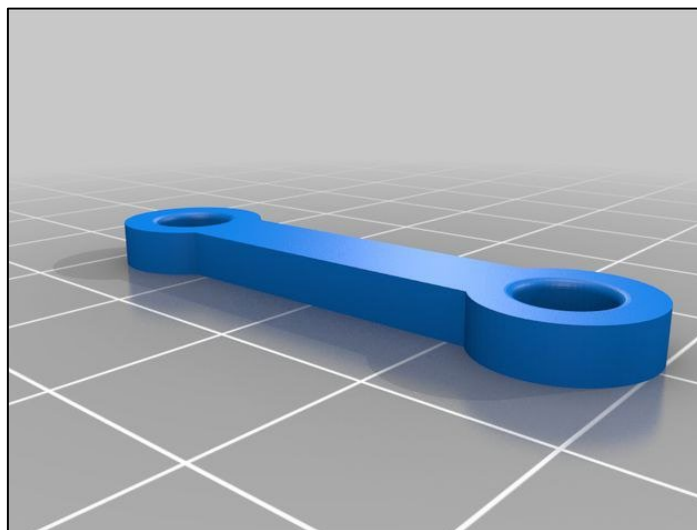


Рис. 11. Часть ноги

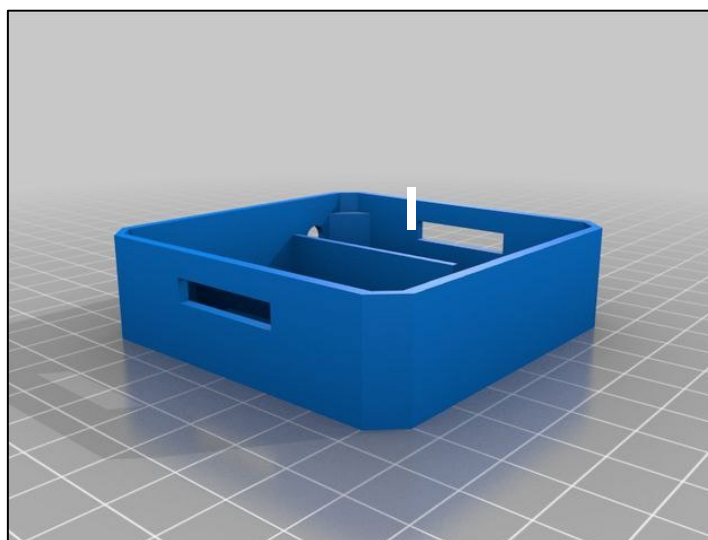


Рис. 12. Модель корпуса

Глава 5. ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ

5.1. Arduino Nano

Arduino Nano — это небольшая плата на базе микроконтроллера (рис. 13).

Она состоит:

- из микроконтроллера, выполняющего все вычисления и управляющего работой других компонентов;
- Flash-памяти для хранения программы;
- оперативной памяти для временного хранения данных;
- память для хранения настроек и данных, которые должны сохраняться даже при отключении питания;
- платы, имеющей несколько цифровых портов, которые можно использовать для подключения различных датчиков, кнопок и другого;
- USB-разъема;
- регулятора напряжения, обеспечивающего стабильное напряжение для работы микроконтроллера;
- кристалла генератора, определяющего частоту работы микроконтроллера;
- светодиодов, показывающих активность плат и конденсаторов и резисторов, которые используются для фильтрации и стабилизации сигнала.

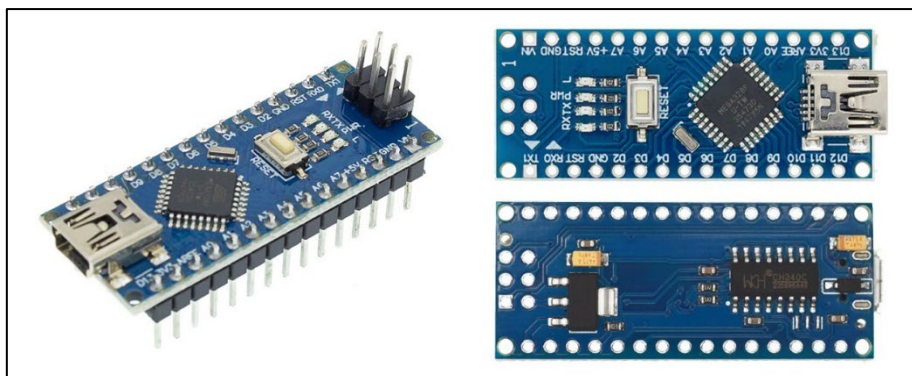


Рис. 13. Arduino Nano

5.2. Bluetooth-модуль HC-06

Модуль HC-06 (рис. 14) — это Bluetooth-устройство, которое способно передавать данные со скоростью до 3 Мбит/с и работать только в режиме SLAVE, то есть он не может самостоятельно искать другие устройства или устанавливать с ними соединение.

Частота работы модуля составляет около 2,45 ГГц, а его дальность действия достигает до 30 м. Максимальный ток потребления составляет 45 мА, а рабочее напряжение варьируется от 3,3 до 5,0 В.



Рис. 14. Bluetooth-модуль HC-06

5.3. Сервопривод SG90

Сервопривод SG90 состоит из нескольких компонентов, которые работают вместе для обеспечения точного управления движением:

- из мотора, приводящего в движение механизм;
- редуктора, уменьшающего/увеличивающего скорость вращения, что позволяет сервоприводу выполнять точные движения;
- потенциометра, определяющего угол поворота сервопривода;
- электронной схемы, управляющей работой всех компонентов;

— корпуса, защищающего компоненты от внешних воздействий (рис. 15).



Рис. 15. Сервопривод SG90

5.4. Аккумулятор Lipo 2S

Аккумулятор Lipo 2S состоит:

- из двух ячеек, соединенных последовательно, каждая с напряжением около 3.7 В;
- оболочки, защищающей ячейки от повреждений и удерживает их вместе;
- балансировочной платы, контролирующей напряжение каждой ячейки и разъемов, которые позволяют подключать аккумулятор к устройствам (рис. 16).



Рис. 16. Аккумулятор Lipo 2S

Глава 6. ИТОГОВАЯ СБОРКА

Пришло время собирать робота. Поэтапно рассмотрим данный процесс.

1. Подготовка материалов, так как важно убедиться, что все необходимые компоненты и инструменты под рукой (рис. 17).

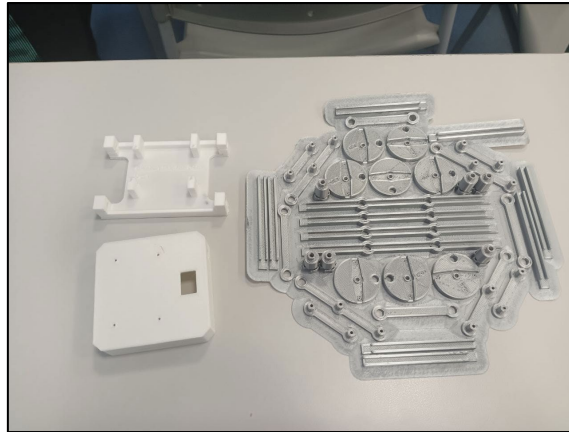


Рис. 17. Подготовка материалов

2. Собрана первая нога робота (рис. 18)



Рис. 18. Первая нога робота

3. Создана одна полноценная опора, состоящая из двух ног, и присоединена к каркасу робота.

4. По аналогии была создана вторая опора (рис. 19).

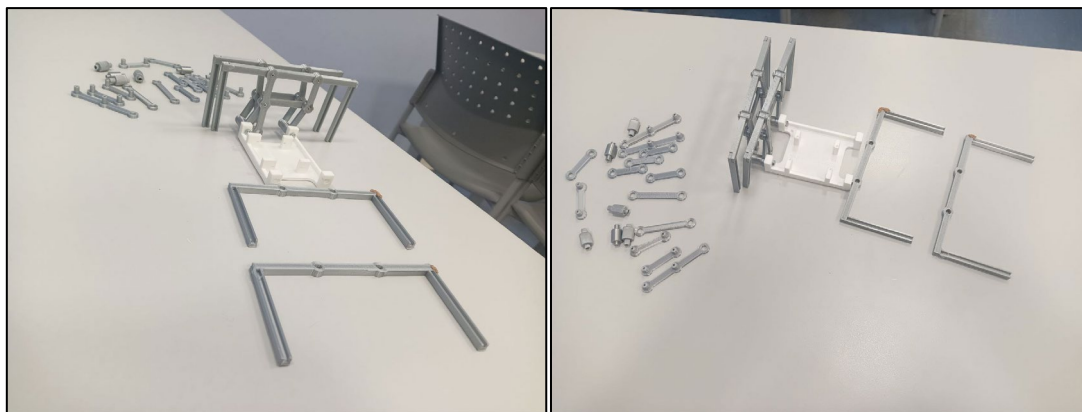


Рис. 19. Сборка опор

5. Прикреплены два мотора (рис. 20). Мотор в работе нужен для создания движения. Он преобразует электрическую энергию в механическую, позволяя роботу двигаться. Моторы обеспечивают необходимую силу и скорость для работы робота.

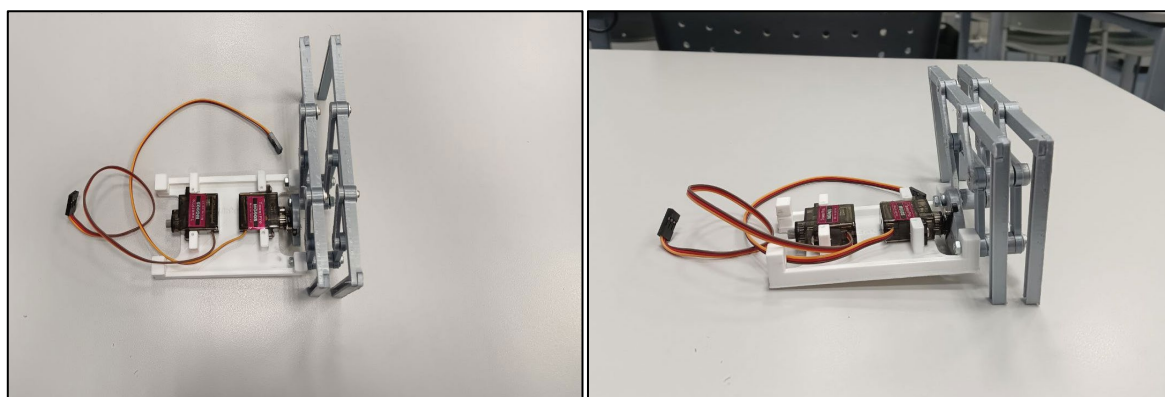


Рис. 20. Прикрепление двух моторов

6. Прикреплена контроллер-плата Arduino Nano (см. рис. 21), которая является «мозгом» робота: она получает команды, обрабатывает информацию с датчиков и управляет всеми компонентами.

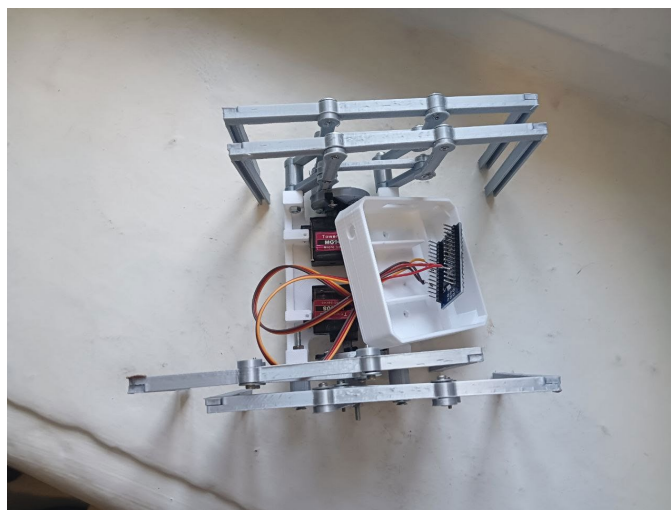


Рис. 21. Прикрепление контроллер-платы Arduino Nano

Глава 7. ВЫВОДЫ

В ходе работы был создан робот, ходящий по принципу лямбда-механизма Чебышева, проанализировав который, нами выделить ряд преимуществ хождения механизма, а именно:

1) точные и сложные движения: робот с таким механизмом может работать с остановками, превращать непрерывное движение в прерывистое;

2) простота и надежность: этот механизм прочный и практически не ломается: если сделать из него «ноги» для робота, как было сделано в нашем проекте, то он сможет ходить по разным поверхностям, правильно распределяя вес.

Мы также достигли поставленных нами целей работы:

1) подробно изучены и проанализированы наиболее интересные изобретения П. Л. Чебышева;

2) в дальнейшем будет окончательно сконструирован робот

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бурьян С. Н.** «Парадоксальный» механизм П. Л. Чебышева / С. Н. Бурьян. — Текст : электронный // КиберЛенинка : сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/paradoksalnyy-mehanizm-p-l-chebyshyova/viewer> (дата обращения: 23.12.2024).
2. Механизм Чебышева // Studfiles : сайт. — URL: <https://studfile.net/preview/16569272/page:40/> (дата обращения: 23.12.2024). — Текст : электронный.
3. Механизмы П. Л. Чебышева. 2024 год — 300-летие Российской академии наук // Tcheb.Ru : сайт. — URL: <https://tcheb.ru/?ysclid=m77sveb4tl520728522> (дата обращения: 23.12.2024). — Текст : электронный.
4. Сортировка // Математические этюды : сайт — URL: <https://etudes.ru/etudes/tchebyshev-sorting-mechanism/> (дата обращения: 23.12.2024). — Текст : электронный.
5. **Тихонов, А. А.** Пафнутий Львович Чебышев: человек науки на службе России (к 200-летию со дня рождения) / А. А. Тихонов. — Текст : непосредственный// Чебышевский сборник. — 2021. — Т. 22. — Вып. 3. — С. 405–422.
6. Чебышев Пафнутий Львович // РусКонтур : сайт. — URL: <https://ruskontur.com/chebyshev-pafnutij-lvovich/> (дата обращения: 23.12.2024). — Текст : электронный.