

**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ГИМНАЗИЯ № 8 ГОРОДА ТИХОРЕЦКА
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТИХОРЕЦКИЙ РАЙОН
ИМЕНИ ЧЕТЫРЕЖДЫ ГЕРОЯ СОВЕТСКОГО СОЮЗА
ГЕОРГИЯ КОНСТАНТИНОВИЧА ЖУКОВА**

**Создание бионического протеза кисти руки с возможностью управления
захвата объекта с использованием 3D печати и программирования**

(Аддитивные технологии)

Выполнил:

Сапьян Михаил

ученик 9 «Е» класса

Руководитель:

Ногина Елена Михайловна

Учитель Информатики

г. Тихорецк

2026г.

Проект по созданию бионического протеза кисти руки представляет собой инновационное решение для людей, потерявших конечность. Используя передовые технологии 3D-печати и микроконтроллеры, мы стремимся разработать доступный и функциональный протез кисти руки.

Цель работы: «Создание бионического протеза кисти руки с возможностью управления захвата объектов с использованием 3D печати и программирования»

Задачи работы:

- анализ видов протезов конечностей;
- создание 3D модели бионического протеза кисти руки с учетом биомеханических особенностей кисти;
- осуществление его автоматизации с помощью микроконтроллера;
- сделать экономический анализ создание бионического протеза кисти руки.

Реализация данного проекта позволит значительно улучшить качество жизни людей с ампутациями кисти руки, предоставив им возможность вести полноценную и активную жизнь, а низкая себестоимость изготовления позволит всем нуждающимся получить эффективный протез кисти.

1.1 История протезов.

История создания бионических протезов насчитывает десятилетия и включает множество этапов разработки и усовершенствования технологий.

Древние времена

Протезы существуют с древних времен. Уже в Древнем Египте использовались простые деревянные и металлические протезы для замены утраченных конечностей. Они не имели сложной системы управления, но были важным шагом на пути к разработке более совершенных решений.

XX век

С помощью технологических достижений XX века началось активное развитие бионических протезов. В 1960-е годы ученые начали интегрировать электронику в протезы, что сделало возможным управление ими с помощью мышечной активности. Первые протезы стали оснащаться электроникой, что открыло новые горизонты для их функциональности.

1970-е – 1980-е годы

В это время были разработаны первые протезы, управляемые нервными сигналами. Одним из таких инновационных протезов стал функциональный протез руки, который мог выполнять простые действия благодаря усилиям мышц оставшейся части тела.

1990-е годы

Началось активное внедрение микропроцессоров в бионические протезы. В 1998 году была представлена протез руки с функцией захвата, управляемая нейронными импульсами, что стало значительным шагом вперед в области бионических технологий.

XXI век

С развитием технологий и материалов бионические протезы стали **更加** сложными и многофункциональными. Появились протезы с возможностью адаптивного управления, которые способны изучать привычки пользователя и подстраиваться под них. Применение таких технологий, как 3D-печать, также позволило создать индивидуально подогнанные протезы.

Совсем недавно, в последние годы, появилась возможность интеграции нейроинтерфейсов, которые позволяют протезам взаимодействовать с центральной нервной системой пользователя. Это обеспечивает более точное управление и увеличивает функциональность протезов.

1.2 Текущие исследования и будущее протезов

Научные исследования продолжаются, и ученые работают над разработкой еще более совершенных протезов, которые могут помочь людям с инвалидностью восстанавливать не только физические навыки, но и чувствительность. Исследования в области нейроинженерии и искусственного интеллекта обещают изменить представление о бионических протезах, делая их более чувствительными и интеллектуальными.

Таким образом, история бионических протезов — это история непрерывного поиска решений для улучшения качества жизни людей с ампутациями, и это направление будет продолжать развиваться благодаря новым технологиям и открытиям.

Протезы можно классифицировать по различным критериям. Основные виды протезов включают:

1. Механические протезы:

- Сделаны из различных материалов (металлы, пластик, дерево) и предназначены для замещения утраченных конечностей или их частей.
- Не имеют электронных компонентов и работают за счет механических принципов (рычаги, пружины).
- Применяются как для верхних, так и для нижних конечностей.

2. Бионические протезы:

- Оснащены электроникой и могут имитировать функции настоящих конечностей.
- Используют сенсоры для считывания мышечных сигналов (Миоэлектрические протезы) или других методов управления (например, системы на основе нейросигналов).
- Обладают функциями, такими как захват, вращение, и могут адаптироваться под различные условия. (См. Приложение 1 Рис.1)

3. Накладные протезы:

- Простейшие конструкции, которые надеваются на оставшуюся часть конечности.
- Удобны в использовании и могут быть временными.
- Не обеспечивают активного движения, а используются для косметического эффекта или в качестве поддержки.

Каждый тип протезов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от индивидуальных потребностей пациента, уровня ампутации и других факторов.

(См. Приложение 1 Рис.2)

1.3 Виды бионических протезов.

Бионические протезы — это устройства, которые имитируют функции утраченной конечности и могут использовать различные технологии для управления движениями. Существует несколько видов бионических протезов, среди которых можно выделить однохватные и многохватные:

Однохватные протезы

- **Устройства с одним захватом:** Эти протезы имеют одну основную функцию и предназначены для выполнения однородных действий, например, захвата и удержания предметов. Они могут быть управляемыми с помощью мускульных сигналов или кнопок.
- **Преимущества:** Обычно проще в использовании и настройке, меньше затрат на производство и обслуживание.

Многохватные протезы

- **Многофункциональные устройства:** Эти протезы способны выполнять несколько функций и имеют более сложные механизмы захвата, что позволяет лучше адаптироваться к различным задачам (например, захватывать мелкие предметы или выполнять сложные манипуляции).
- **Управление:** Такие протезы могут иметь более сложные системы управления, включая машинное обучение, что позволяет им адаптироваться к условиям использования и предпочтениям пользователя.
- **Преимущества:** Большая функциональность и универсальность, возможность выполнения более сложных задач.

(См. Приложение 1 Рис.3)

Также стоит отметить, что многие современные бионические протезы используют прорывные технологии, такие как нейроинтерфейсы, которые позволяют управлять протезами с помощью мыслей или биосигналов, что значительно улучшает качество жизни пользователей.

Бионическая рука — это искусственный протез, который обеспечивает некоторые функции естественной руки. Хотя технологии и конструкции могут различаться, основная идея бионических конечностей заключается в интеграции механических, электронных и нейронных систем для обеспечения управления и функциональности.

Вот основные компоненты и принципы работы бионической руки:

1. **Датчики:** Бионические руки часто оборудуются датчиками, которые могут определять электрические сигналы, исходящие от мышц (электромиография — ЭМГ). Эти датчики фиксируют активность мышц в остаточной части руки и передают сигналы на протез.
2. **Обработка сигналов:** Полученные электрические сигналы обрабатываются встроенной платой управления. Она интерпретирует сигналы и определяет, какие движения нужно выполнить. Например, сжать или разжать "пальцы" протеза.
3. **Механизм движения:** Бионические руки могут использовать различные механизмы, такие как электродвигатели или пневматические системы, для выполнения движений. Механизмы приводят в действие "пальцы" и другие элементы протеза, позволяя выполнять захватывающие и другие команды.
4. **Энергетическая система:** Бионические руки обычно работают на аккумуляторах, которые могут подзаряжаться. Эффективность и продолжительность работы протеза зависят от мощности и качества батарей.
5. **Коммуникация с пользователем:** Некоторые современные бионические руки могут быть дополнены системами обратной связи, которые помогают пользователю ощущать, что происходит с протезом (например, с помощью вибраций или других сигналов).
6. **Программирование и обучение:** Современные протезы могут быть адаптированы под конкретные нужды пользователя. Это может включать обучение системы, чтобы она могла лучше интерпретировать сигналы мышц и предсказывать желания владельца, а также индивидуальную настройку под определенные задачи.

Бионические руки продолжают развиваться, используя новые технологии, такие как искусственный интеллект и нейроинтерфейсы, что позволяет значительно улучшить их функциональность и удобство использования. (См. Приложение 1 Рис.4)

2.1 Анализ устройства кисти руки.

В нашем случае мы будем изготавливать протез кисти руки. Рассмотрим строение кисти руки человека. Кисть имеет 5 пальцев и каждый палец состоит из 4 фаланг три из которых отвечают за сгибание пальцев и удержание предметов. При сгибании пальцев происходит движение всех трех фаланг, отвечающих за сгибание. Сгибание пальцев происходит за счет сухожилий. Располагаются сухожилия сгибателей на ладонной поверхности кисти, разгибателей – на тыльной стороне прямо под кожей.

(См. Приложение 1 Рис.5)

2.2 Создание 3D модели протеза кисти.

С помощью САПР Компас 3D мною была разработана 3D модель бионической кисти руки. Кисть состоит из 5 пальцев, основы для крепления пальцев и электронных компонентов. (См. Приложение 1 Рис.6)

Каждый палец состоит из 4 фаланг, как и в настоящей кисти руки человека. Каждая фаланга соединена друг с другом с помощью болта и гайки в отверстиях крепления. Сгибание фаланг пальцев осуществляется путем движения тяговых штанг, закрепленных на концах сгибающих фаланг. (См. Приложение 2 Рис.7)

2.2 Устройство механики работы протеза.

Для осуществления процесса сгибания и разгибания пальцев протеза я использовал пять серводвигателей по одному на каждый палец. Серводвигатель подсоединен ко второй фаланге каждого пальца с помощью металлической штанги сделанной из медной проволоки.

Благодаря использованию серводвигателей в механике пальцев мы можем плавно, поворачивая привод серводвигателя с точностью до 1 градуса сжимать и разжимать пальца бионического протеза. На рисунке (См. Приложение 2 Рис.8) представлена полностью разжатая кисть бионической кисти. На следующей рисунке представлена полностью сжатая бионическая кисть. (См. Приложение 2 Рис.9)

2.3. Электронные компоненты кисти

Рассмотрим электронные компоненты бионической кисти руки. Для сгибания и разгибания пальцев кисти я использовал 5 серводвигателей MR 90 (См. Приложение 3 Рис.10). Крутящий момент данного серводвигателя составляет 1.8 кг/см, что достаточно чтобы осуществлять поворот и сгибание фаланги бионической кисти.

Для управления серводвигателями мною был использован микроконтроллер Трекдуино (См. Приложение 3 Рис.11), работающий на архитектуре Ардуино и языке C# (Си шарп).

В качестве питания микроконтроллера и серводвигателей был выбран аккумуляторный блок 8.2 вольта, состоящий из двух батарей типоразмера 18650 общей емкостью 3000 мАч.

2.4. Написание программы для работы кисти.

Выбранный микроконтроллер Трекдуино работает на языке C#, поэтому программу по управлению бионической кистью я написал на данном языке. Основная часть программы представлена на рисунке. Суть работы процесса сгибания и разгибания пальцев бионической кисти заключается в плавном повороте серводвигателей с помощью переменной.

Полное описание программы. В начале, чтобы сделать плавный поворот серводвигателей я создал две переменные, которые будут управлять углом поворота серводвигателей. Переменная `_ABVAR_1_servo` управляет поворотом серводвигателей 4 пальцев, а переменная `_ABVAR_1_servo2` управляет поворотом серводвигателя большого пальца, так как серводвигатель крутится в противоположную сторону. (См. Приложение 3 Рис.12)

После при первом запуске, чтобы все пальцы работали одинаково, я установил значение переменных в начальный угол. Для 4 пальцев угол 0 градусов, а для большого пальца угол 180 градусов. (См. Приложение 3 Рис.13)

Далее при нажатии на кнопку вверх на микроконтроллере будем прибавлять в переменную `_ABVAR_1_servo` по единице, а из переменной `_ABVAR_1_servo2` вычитать по единице и поворачивать серводвигатели на значение переменной через каждые 20 миллисекунд и тем самым обеспечим плавный захват пальцами. (См. Приложение 4 Рис.14)

Так как угол серводвигателя ограничен поворотом в 180 градусов, то я установим проверки в случае если `_ABVAR_1_servo` будет больше 179, то значение переменной будет всегда оставаться 180 градусов это необходимо, чтобы не было бесконечного прибавления в переменную чисел. (См. Приложение 4 Рис.15)

Аналогично была написана программа при нажатии на встроенную кнопку вниз происходит разжатие пальцев бионической кисти, так же с ограничением в 180 градусов. (См. Приложение 4 Рис.16)

2.5. Экономический анализ проекта.

Протез бионической кисти руки стоит из 25 пластиковых деталей, напечатанных на 3D принтере, 5 серводвигателей, микроконтроллера и аккумуляторного блока. Рассчитаем сначала количество использованного материала для печати. Для этого загружаем детали необходимые для сборки одного пальца в слайсер. Выставляем параметры печати и смотрим количество затраченного материала в виде пластиковый нити составляет 9.7 метра и времени печати составит 2 часа 30 минут. (См. Приложение 5 Рис.17). Округлим до 10 метров использования пластика и так как у нас 5 пальце, то используем на распечатку 5 пальцев 50 метров пластиковой нити.

Следующим загружаем деталь основания в слайсер (См. Приложение 5 Рис.18). В программе показывает количество использованного материала 12 метров и расчетное время печати 2 часа 12 минут.

Посчитаем стоимость 1 метра ABS пластика. Стоимость ABS пластика составляет 1500 рублей за 1 кг. В одном килограмме прутка 330 метров пластика. Считаем стоимость 1 метра пластика поделив 1500 рублей на 330 метров и получаем 4.54 рубля за один метр.

Зная стоимость одно метра пластика теперь мы можем посчитать себестоимость изготовления пластиковых деталей. Для создания деталей бионической кисти мы использовали 62 метра пластика умножаем на 4.54 и получаем 281,48 стоимость

изготовления деталей прибавляем в стоимость 5 серводвигателей по 200 рублей, ардуино nano 240 рублей и аккумуляторный блок 500 рублей и получаем стоимость изделия по материалам 2021 рублей.

Как видим из расчета себестоимости 3D печати протеза руки дает возможность людям восстанавливать двигательные функции рук.

Заключение

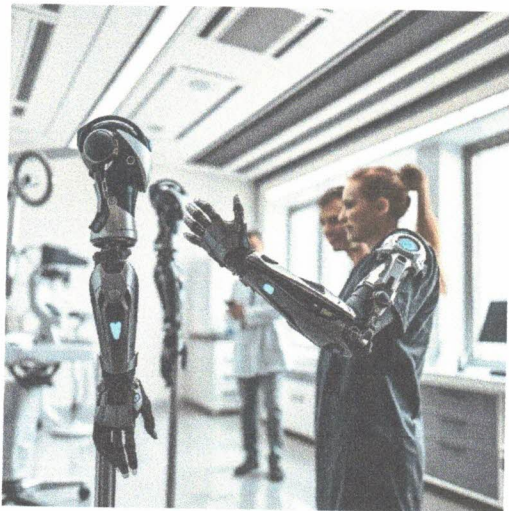
В заключение, проект по разработке бионического протеза кисти руки, реализованный с использованием технологий 3D-печати и микроконтроллеров, представляет собой значительный шаг вперед в области протезирования. Проведенные исследования и разработки подтвердили принципиальную возможность создания функционального и относительно недорогого протеза, способного частично восстановить утраченные функции конечности.

Применение 3D-печати позволило существенно снизить стоимость и время изготовления протеза, а также обеспечить возможность его индивидуальной адаптации под конкретного пациента. Использование микроконтроллеров обеспечило точное и надежное управление движениями протеза, открывая перспективы для дальнейшей интеграции с нейроинтерфейсами.

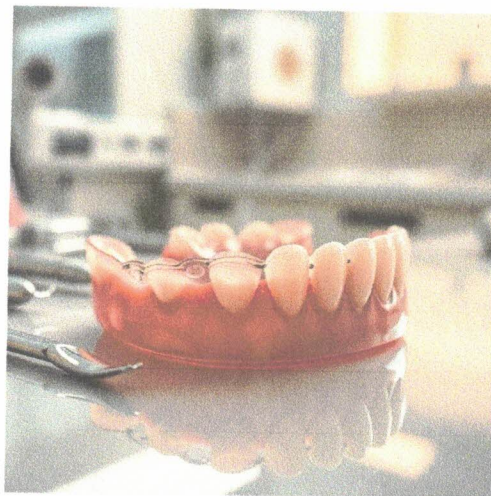
Результаты проекта демонстрируют высокий потенциал технологий 3D-печати и микроэлектроники в создании доступных и эффективных решений для людей с ограниченными возможностями. Дальнейшие исследования и разработки в этой области позволят расширить функциональность протезов, повысить их надежность и комфорт использования, а также снизить их стоимость, сделав их доступными для более широкого круга нуждающихся.

Список используемой литературы

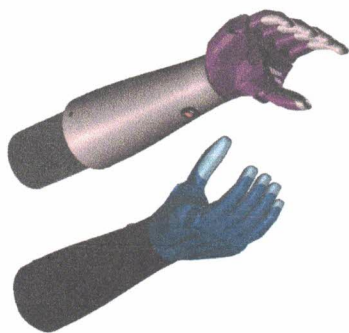
1. История протезирования: от древнейших времен до наших дней // Академия Медицинского Образования URL: <https://medobr.com/news/istoriya-protezirovaniya-ot-drevneyshikh-vremen-do-nashikh-dney/> (дата обращения: 20.03.2025).
2. Бионический протез: современное средство реабилитации // КиберМоторика URL: <https://motorica.org/bionicheskij-protez> (дата обращения: 19.03.2025).
3. Сервопривод TowerPro SG90 // RCCopter URL: <https://rccopter.ru/product/servoprivod-towerpro-sg90-18-kghsm-010-sek60-9g> (дата обращения: 19.03.2025).
4. Контроллеры // РоботрекВИКИ URL: <https://robotrack-rus.ru/wiki/> (дата обращения: 19.03.2025).



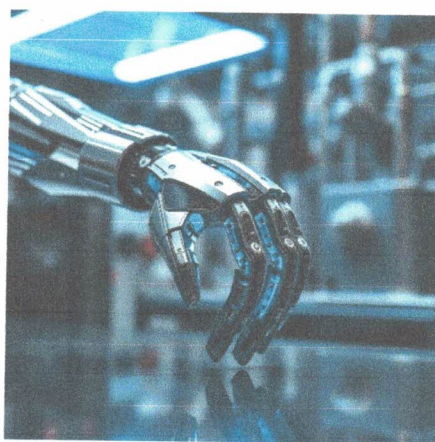
(Рисунок 1 – бионический протез)



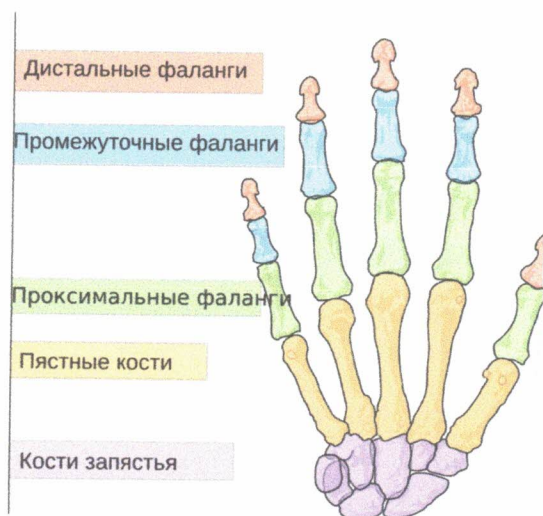
(Рисунок 2 – накладной протез)



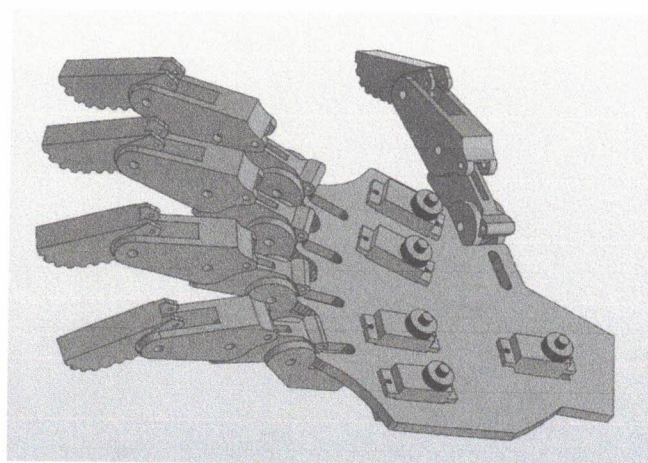
(Рисунок 3 – многохватный протез)



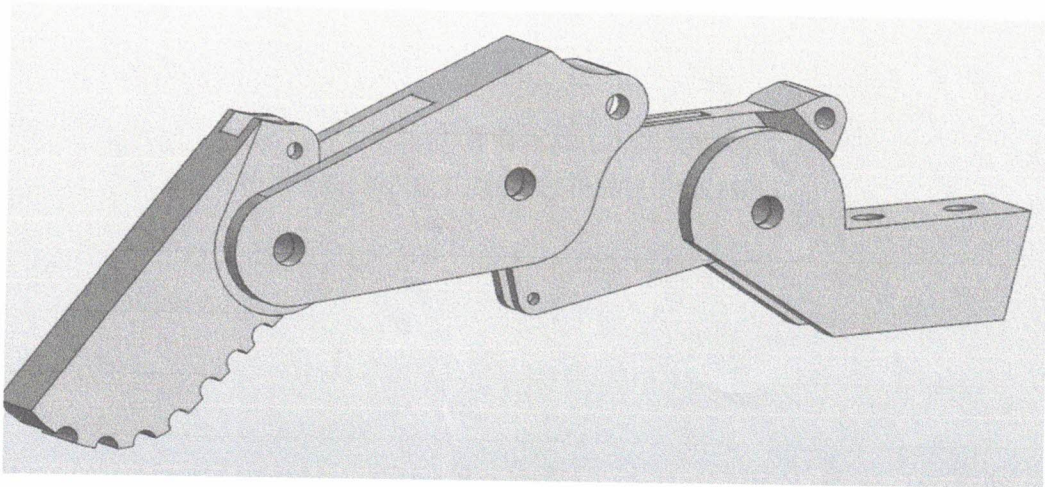
(Рисунок 4 – протез будущего)



(Рисунок 5 – устройство кисти руки)



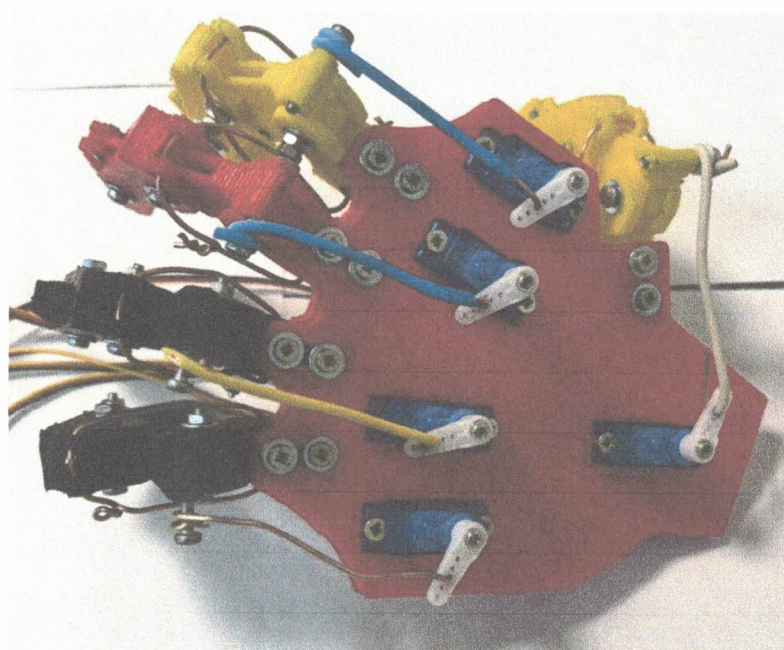
(Рисунок 6 – 3D модель протеза кисти)



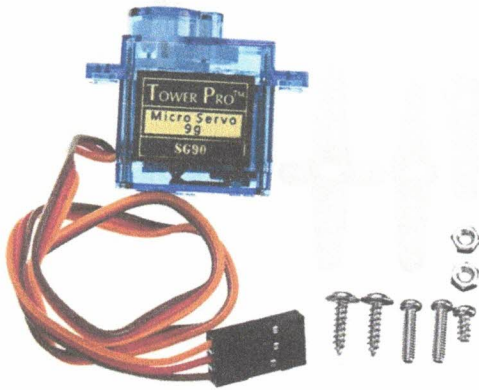
(Рисунок 7 – Сборная модель пальца)



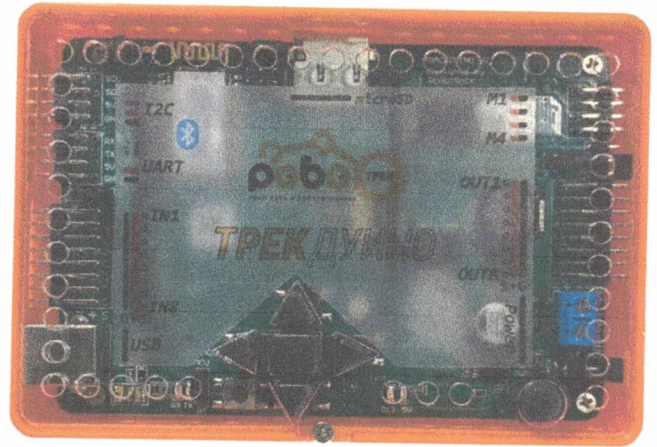
(Рисунок 8 – Разжатая кисть)



(Рисунок 9 – Сжатая кисть)



(Рисунок 10 – Серводвигатель)



(Рисунок 11 – Микроконтроллер Трекдуино)

```

sketch_mar26a $
1 #include <Servo.h> // подключаем библиотеку по работе с серводвигателем
2 int _ABVAR_1_servo = 0 ; // создаем переменную для управления серводвигателями
3 int _ABVAR_2_servo2 = 0 ; // создаем переменную для управления серводвигателями
4 Servo servo_port_OUT1; // указываем порт подключения первого серводвигателя
5 Servo servo_port_OUT2; // указываем порт подключения второго серводвигателя
6 Servo servo_port_OUT3; // указываем порт подключения третьего серводвигателя
7 Servo servo_port_OUT4; // указываем порт подключения четвертого серводвигателя
8 Servo servo_port_OUT5; // указываем порт подключения пятого серводвигателя
9
10 void setup()
11

```

(Рисунок 12 – программа создания переменных)

```

10 void setup()
11
12 servo_port_OUT1.attach(OUT1, SMALL_SERVO); // указываем тип подключаемого серводвигателя на порту OUT1
13 servo_port_OUT2.attach(OUT2, SMALL_SERVO); // указываем тип подключаемого серводвигателя на порту OUT2
14 servo_port_OUT3.attach(OUT3, SMALL_SERVO); // указываем тип подключаемого серводвигателя на порту OUT3
15 servo_port_OUT4.attach(OUT4, SMALL_SERVO); // указываем тип подключаемого серводвигателя на порту OUT4
16 servo_port_OUT5.attach(OUT5, SMALL_SERVO); // указываем тип подключаемого серводвигателя на порту OUT5
17 _ABVAR_1_servo = 0 ; // устанавливаем значение переменной
18 _ABVAR_2_servo2 = 180 ; // устанавливаем значение переменной
19

```

(Рисунок 13 – программа установки серводвигателей в начальное положение)

Приложение 4

```
void loop()
{
  if (buttonRead(BTN_UP)) // при нажатии на встроенную кнопку вверх
  {
    ++_ABVAR_1_servo ;// прибавляем в переменную servo по единице
    --_ABVAR_2_servo2 ;// вычитаем из переменной servo 2 по единице
    servo_port_OUT1.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT2.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT3.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT4.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT5.write( _ABVAR_2_servo2 );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    delay(10); //задержка между поворотами 20 миллисекунд
  }
}
```

(Рисунок 14 – программа поворота серводвигателей на сжатие)

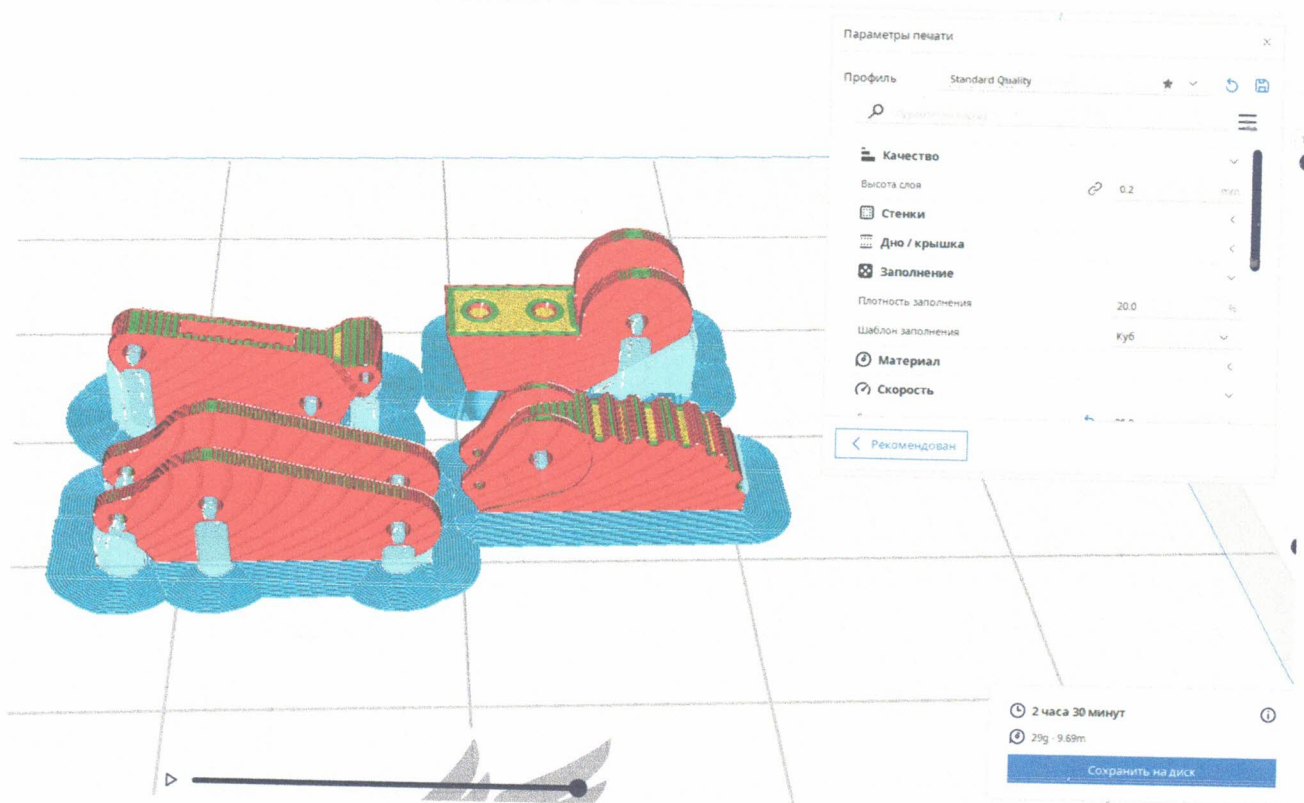
```
void loop()
{
  if (buttonRead(BTN_UP)) // при нажатии на встроенную кнопку вверх
  {
    ++_ABVAR_1_servo ;// прибавляем в переменную servo по единице
    --_ABVAR_2_servo2 ;// вычитаем из переменной servo 2 по единице
    servo_port_OUT1.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT2.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT3.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT4.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    servo_port_OUT5.write( _ABVAR_2_servo2 );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
    delay(10); //задержка между поворотами 20 миллисекунд
    if ( (_ABVAR_1_servo) > ( 179 ) ) // устанавливаем блокировку поворота при условии если переменная больше 179
    {
      _ABVAR_1_servo = 180 ;// задаем переменную servo в значение 180.
      _ABVAR_2_servo2 = 0 ;// задаем переменную servo2 в значение 0.
    }
  }
}
```

(Рисунок 15 – программа ограничения поворота серводвигателей.)

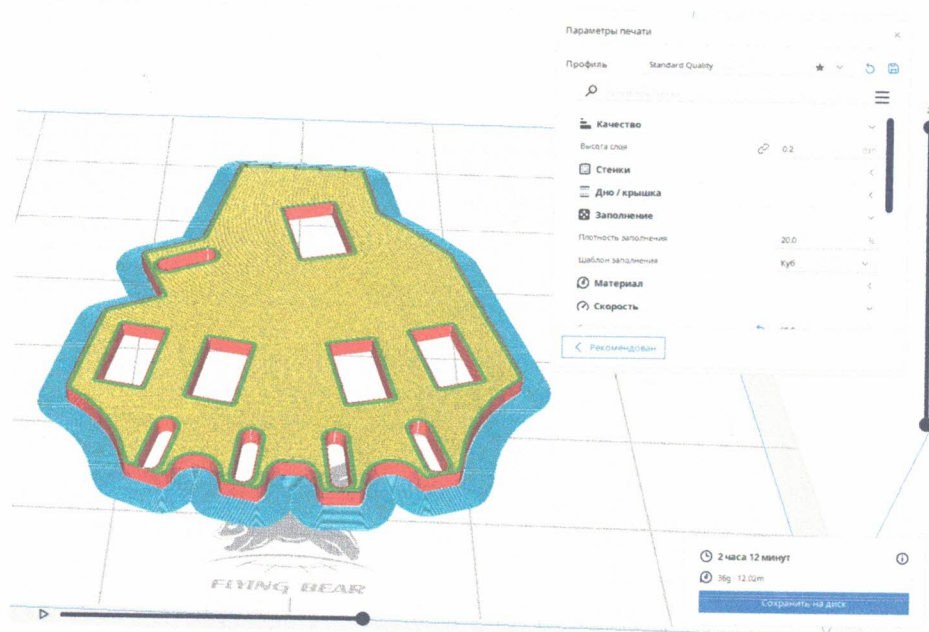
```
if (buttonRead(BTN_DOWN)) // при нажатии на встроенную кнопку вниз
{
  --_ABVAR_1_servo ;// вычитаем из переменной servo 1 по единице
  ++_ABVAR_2_servo2 ;// прибавляем в переменную servo2 по единице
  servo_port_OUT1.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
  servo_port_OUT2.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
  servo_port_OUT3.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
  servo_port_OUT4.write( _ABVAR_1_servo );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
  servo_port_OUT5.write( _ABVAR_2_servo2 );// поворачиваем серводвигатель на угол переменной
  delay(10); //задержка между поворотами 20 миллисекунд
  if ( (_ABVAR_1_servo) < ( 1 ) ) // устанавливаем блокировку поворота при условии если переменная меньше 1
  {
    _ABVAR_1_servo = 0 ;// задаем переменную servo в значение 0.
    _ABVAR_2_servo2 = 180 ;// задаем переменную servo2 в значение 180.
  }
}
```

(Рисунок 16 – программа поворота серводвигателей на разжатие.)

Приложение 5



(Рисунок 17 – подготовка к печати)



(Рисунок 18 – подготовка к печати основы)