

Министерство образования Республики Мордовия  
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение  
Республики Мордовия  
«Республиканский лицей для одарённых детей»  
(ГБОУ РМ «Республиканский лицей»)

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
2022/23 УЧЕБНЫЙ ГОД  
Заключительный этап  
Предметная область: технология

Тема проекта:

**Роботизированная шахматная доска «Азбука»**

Автор:  
Тундыков Сергей Сергеевич  
Ученик 9В класса  
ГБОУ РМ «Республиканский лицей»

Руководитель:  
Кадикин Рушан Ринадович  
Педагог доп. образования  
ГБОУ РМ «Республиканский лицей»

Саранск 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Анализ рынка и аналогов .....	9
2 Сравнение роботизированных шахматных досок и шахматных роботов .....	11
3 Техническое задание .....	12
3.1 Цель разработки .....	12
3.2 Описание работы доски .....	12
3.3 Функционал доски .....	12
3.4 Требования к программному обеспечению .....	12
3.5 Требования к железу .....	13
3.6 Итоги тестирования .....	13
4 Процесс проектирования .....	14
4.1 Проектирование конструкции робота .....	14
4.2 Проектирование электроники робота .....	14
5 Описание ПО .....	15
6 Описание устройства .....	17
6.1 Принцип работы устройства .....	17
6.2 Комплектующие и компоненты устройства .....	17
6.2.1 Части механизма .....	17
6.2.2 Части электроники .....	19
6.2.3 Части корпуса .....	20
7 Процесс создания проекта .....	22
7.1 Первая модель .....	22
7.2 Вторая модель .....	22
7.3 Третья модель .....	22

7.4 Четвёртая модель .....	23
8 Влияние устройства на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации.....	24
8.1 Производство.....	24
8.2 Эксплуатация.....	24
8.3 Утилизация.....	25
9 Экономическая оценка .....	28
Заключение .....	29
Список использованных источников .....	30
Приложение А Структурная схема устройства .....	31
Приложение Б Принципиальная схема устройства .....	32
Приложение В Блок схема алгоритма работы изделия.....	33
Приложение Г Технологическая карта .....	34
Приложение Д Чертёж поворотного ролика.....	39
Приложение Е Чертёж стойки межслойной .....	40

## ВВЕДЕНИЕ

Шахматы — одна из старейших игр в мире. Их происхождение уходит своими корнями в глубь веков и обретает свое начало в древней Индии, где эта игра называлась чатуранга.

Во времена Великих Моголов, шахматы стали популярным развлечением и материалом для философских размышлений. Позже игра распространилась по всей Азии и в Европе.

Развитие шахмат в Европе началось со средневековья. В течение многих столетий игра продолжала эволюционировать и приобретала всё большую сложность. Важным этапом стало появление новых фигур и правил.

В XIX веке шахматы стали конкурировать с другими видами развлечений. Однако, с развитием телеграфа и пароходства, шахматы смогли развиваться в международную игру, и в 1851 году в Лондоне был проведен первый международный турнир.

В XX веке шахматы стали популярным видом спорта, и появилось много талантливых игроков, таких как Гарри Каспаров и Бобби Фишер. Сегодня шахматы остаются одним из самых популярных интеллектуальных развлечений в мире, в них играют миллионы людей во всем мире.

Шахматы — это не только увлекательная игра, но и отличный способ развития умственных способностей. Игра в шахматы помогает развивать логическое мышление, улучшает память, внимание и концентрацию, а также способствует развитию стратегического и тактического мышления. Кроме того, шахматы учат абстрактному мышлению и способствуют развитию креативности, что немаловажно в современном мире. Поэтому игра в шахматы может быть полезна для людей всех возрастов, в том числе для детей и студентов.

Несмотря на все это, они действительно теряют популярность среди детей и молодежи. Вот несколько причин, почему это происходит:

а) Конкуренция со стороны других игр и развлечений: Существует множество других игр и развлечений, которые привлекают детей больше чем шахматы.

б) Недостаток рекламы и популярности: Шахматам необходимо большая реклама, для привлечения детей.

в) Сложность игры: Шахматы являются достаточно сложной игрой, которая требует от игрока хорошей концентрации, умения планировать и анализировать ходы, что может быть слишком трудным для детей.

г) Недостаток доступных ресурсов: Некоторым детям может быть сложно найти доступные ресурсы для изучения шахмат, такие как клубы, тренера или книги.

д) Недостаток времени: Многие дети сегодня заняты различными активностями и не могут выделить достаточно времени для игры в шахматы.

Например, в первом классе когда я посещал шахматный кружок, мы с трудом помещались в комнате, несмотря на то, что она была рассчитана на 30 человек, и там были только первоклассники! Я попросил свою сестру, которая посещает тот же кружок, подсчитать учеников. Она насчитала всего лишь 15 человек, а ведь теперь разделения по классам нет. Узнав это мне в голову пришла идея создать роботизированную шахматную доску.

Роботизированная шахматная доска — это устройство, которое позволяет играть в шахматы на доске, которая способна сама перемещать фигуры. Она может использоваться для тренировок, развлечений, а также для участия в турнирах.

Мой проект является **актуальным** из-за нескольких факторов. Во-первых, шахматы до сих пор остаются одной из самых популярных игр в мире, и люди играют в нее в течение многих веков. Во-вторых, использование робота или компьютера для игры в шахматы

может улучшить игровой процесс и повысить качество игры. Также роботизированная доска может использоваться для обучения или тренировки новичков или опытных игроков и предоставлять статистические данные об игре, что улучшает опыт и знания шахматного мира.

Кроме того, в последнее время роботизированные шахматные доски набирают популярность благодаря технологическому прогрессу в области ИИ и робототехники. Они не только повышают удобство игры, но и создают новые возможности для развития технологий в области игрового процесса.

И наконец, роботизированные доски могут использоваться как достопримечательность и развлечение на различных мероприятиях, где люди могут играть с роботом или другим соперником через шахматную доску. Это также может быть интересным опытом для тех, кто не играет в шахматы, чтобы узнать об игре и получить удовольствие от игры. Несомненно это может стать отличным подарком.

**Целью** проекта является создание инновационной шахматной доски, которая бы сочетала в себе традиционные правила игры с использованием новейших технологий, привлекала внимание любителей шахмат и технологий, а также была бы доступной для продажи на рынке.

Основные **задачи** проекта включают в себя:

— Создание уникальной роботизированной шахматной доски, имеющей следующий основной **функционал**:

- Автоматическое распознавание и корректное размещение фигур на доске
- Возможность играть с компьютером или другим игроком на расстоянии
- Возможность отображения истории ходов
- Возможность обучения и тренировки

- Возможность сохранения статистики и результатов игры для последующего анализа и улучшения игры
- Разработка программного обеспечения и алгоритмов, которые бы учитывали все возможные ходы и комбинации
- Разработка уникального дизайна доски и фигур, которые были бы привлекательными и функциональными
- Проведение маркетинговых исследований для определения потенциальной аудитории и рынка для продажи продукта

**Практическая значимость** проекта обуславливается по следующим причинам:

а) Обучение шахматным навыкам: Роботизированная шахматная доска может использоваться для обучения шахматным навыкам, как начинающим, так и опытным игрокам. Она может помочь игрокам улучшить свои навыки в игре.

б) Продвижение шахматной культуры: Роботизированная шахматная доска может стать инструментом продвижения шахматной культуры в обществе. Она может использоваться на шахматных турнирах, в школах и других образовательных учреждениях для привлечения внимания к шахматам.

в) Развлечение: Роботизированная шахматная доска может использоваться как развлечение для шахматных игроков. Она может быть установлена в кафе, барах или других местах для проведения шахматных игр.

Таким образом, роботизированная шахматная доска имеет множество практических применений, которые могут быть полезны для шахматистов, общества и науки.

**В приложения** пояснительной записки вынесены:

- Структурная схема
- Принципиальная схема

- Блок схема
- Технологическая карта
- Чертёж поворотного ролика
- Чертёж стойки межслойной



## 1 Анализ рынка и аналогов

Наверное ни одно хорошее воплощение замысла в изобретение не начиналось без грамотного анализа рынка и аналогов. Анализ рынка и аналогов необходим для определения потенциала рынка, изучения конкурентов, выявления преимуществ и недостатков своего продукта, определения ценовой политики и разработки эффективной маркетинговой стратегии. Этот процесс помогает повысить вероятность успеха изобретения.

В настоящий момент отечественные производители не предлагают никаких подобных устройств. Зарубежом существует несколько устройств с похожим функционалом. Подробный анализ их преимуществ и недостатков можно увидеть в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Преимущества и недостатки устройств зарубежных производителей

Название	Преимущества	Недостатки
Phantom Chess	Голосовое управление; Безрамочный механизм; Фигуры из натурального дерева	Большая толщина доски; Отсутствие клеток для сбитых фигур
Square OFF Swap	Световая индикация клеток; Бесшумная система	Большая толщина доски; Большой вес
Square OFF NEO Z	Возможность изменения уровня игры компьютера; Небольшие размеры	Необходимость нажатия до и после совершения хода; Отсутствие клеток для сбитых фигур; Высокая цена

Продолжение на след. стр.

Продолжение таблицы 1.1

Square OFF Grand Kingdom Set	Красивый дизайн; Множество функций	Необходимость нажатия до и после совершения хода; Высокая цена
Square OFF Pro	Стильный дизайн; Световая индикация клеток	Нет передвижения фигур; Высокая цена

На российском рынке подобные устройства — новинка. Однако опыт зарубежных конкурентов показывает, что подобные устройства пользуются спросом. Таким образом, сделав такое устройство, я могу занять свою нишу и найти свою целевую аудиторию.

Анализ конкурентов помог бы мне определить вектор будущего развития проекта. Опыт зарубежных конкурентов помог мне избежать множества ошибок, которые они совершили при конструировании своих устройств. Таким образом, наиболее удачным на рынке устройством будет то, которое обладает некоторыми важными параметрами:

- Небольшая цена относительно других производителей
- Малые габариты, позволяющие удобно хранить и транспортировать устройство

## 2 Сравнение роботизированных шахматных досок и шахматных роботов

Шахматные доски и шахматные роботы — это два разных подхода к автоматизации игры в шахматы. Роботизированные шахматные доски — это доски, которые с помощью электроники и программного обеспечения могут отображать ходы, показывать время, управлять часами и т.д. Такие доски могут использоваться для игры как в режиме онлайн, так и офлайн.

С другой стороны, шахматные роботы представляют собой физические манипуляторы, способные ходить фигурами и играть в шахматы на физическом уровне. Они обычно оснащены датчиками, чтобы определять положение фигур и контролировать время, а также программным обеспечением, чтобы обрабатывать игровую стратегию и принимать решения.

При сравнении обоих подходов, можно отметить следующие различия:

— Роботизированные шахматные доски могут быть более доступны и удобны в использовании для большинства людей, так как они не требуют навыков программирования и используются как обычные шахматные доски.

— Шахматные роботы обычно стоят значительно дороже, чем роботизированные шахматные доски, и требуют более высоких технических знаний и умений для их разработки и управления.

— Роботизированные шахматные доски могут быть более портативными и легче переносимыми, чем шахматные роботы, которые являются более массивными и значительно тяжелее.

### **3 Техническое задание**

#### **3.1 Цель разработки**

Разработать роботизированную шахматную доску, которая позволит компьютеру играть с человеком в шахматы в полном автоматическом режиме.

#### **3.2 Описание работы доски**

Доска должна позволять пользователям сыграть партию шахмат как в режиме "человек-человек так и в режиме "человек-компьютер". Для этого на доске должно быть 64 клетки, расположенных в соответствии с общепринятыми правилами игры в шахматы.

#### **3.3 Функционал доски**

Доска должна позволять:

- определять положения шахматных фигур на доске
- передавать эти данные компьютеру для принятия хода
- производить ходы шахматных фигур по командам компьютера
- отображать ходы компьютера на доске с помощью специальных индикаторов
- предоставлять пользователю возможность выбирать режим игры "человек-человек" или "человек-компьютер"
- отображать текущий статус игры на дисплее доски

#### **3.4 Требования к программному обеспечению**

- Для работы доски должно быть разработано программное обеспечение, которое будет управлять её функционированием.

— Программа должна быть написана на языке высокого уровня и должна отвечать самым современным стандартам безопасности при работе с компьютером.

— Программа должна разрабатываться с применением современных методов и подходов в программировании, таких как объектно-ориентированное программирование.

— Программа должна иметь дружественный интерфейс для работы с пользователем.

### **3.5 Требования к железу**

— Для работы доски должна использоваться качественная шахматная доска с подходящим размером и расположением клеток.

— Для определения положений фигур на доске должны быть установлены датчики, которые будут передавать информацию о ходе компьютеру.

— Шахматные фигуры на доске должны быть устойчиво закреплены на своих клетках.

### **3.6 Итоги тестирования**

— После завершения разработки доски, провести тестирование её функций на предмет последовательной работы всех элементов.

— Все выявленные ошибки и недоработки должны быть устранены.

## **4 Процесс проектирования**

### **4.1 Проектирование конструкции робота**

Проектирование роботизированной шахматной доски в САПР происходило в несколько этапов:

а) Определение требований к конструкции На первом этапе проектирования, я определился с требованиями к конструкции, составил техническое задание.

#### **б) Создание 3D-модели**

Следующий этап — создание 3D-модели конструкции в САПР. На этом этапе я создал модель конструкции, используя инструменты FreeCad. Эта модель включает в себя все компоненты конструкции, такие как доска, фигуры, механизмы, датчики и т.д.

в) Анализ конструкции После создания 3D-модели я провел анализ конструкции. Исправил несколько недочётов и приступил к созданию устройства.

### **4.2 Проектирование электроники робота**

Проектирование электроники роботизированной шахматной доски в САПР включает в себя несколько этапов.

— Я определился с требованиями к устройству, составил структурную схему.

— На втором шаге я составил подробную принципиальную схему со всеми компонентами доски в САПР KiCad.

— Тестирование и отладка. На этом шаге я провел проверку работоспособности устройства и выявил возможные ошибок и недочетов. В этом мне помогли системы проверки электрических схем KiCad.

## 5 Описание ПО

Программирование устройства выполнялось в программе Arduino IDE 1.8.19.

К одному из основных преимуществ Arduino IDE можно отнести его простоту и удобство использования. Эта среда имеет простой и понятный интерфейс, где все необходимые функции и настройки интуитивно понятны для пользователя. Данный интерфейс не требует глубоких знаний в программировании и может быть использован как начинающими, так и опытными программистами.

Arduino IDE также обладает широким сообществом разработчиков, что позволяет быстро найти ответ на любой вопрос или решение какой-либо проблемы. Все это объединено на одном сайте, где можно найти обширную библиотеку с исходными кодами, скетчами и примерами.

Еще одним преимуществом Arduino IDE является его открытость и поддержка множеством платформ и микроконтроллеров. Это позволяет использовать его для решения большого количества задач в сфере электроники и робототехники.

### Структура ПО

Arduino-скетч – `azbuka.ino` Использованные библиотеки:

— **Tone32.h** – библиотека для использования пьезоэлектрического излучателя на esp32 (<https://github.com/lbernstone/Tone32>)

— **ESPmDNS.h** – библиотека для использования технологии mDNS (<https://github.com/espressif/arduino-esp32>)

— **AdafruitPCF8574.h** – библиотека для работы с расширителем портов PCF8574 ([https://github.com/adafruit/Adafruit\\_PCF8574](https://github.com/adafruit/Adafruit_PCF8574))

— **azbuka.h** – собственная библиотека созданная для удобной работы с данным проектом

```

1 void movePerX(int mm) { // Перемещение каретки по оси OX
2   int steps = mm * _mmToSteps;
3   if(steps < 0) { // Отрицательное направление движения
4     steps = -steps;
5     digitalWrite(yDir, LOW);
6     digitalWrite(xDir, HIGH);
7   } else { // Положительное направление движения
8     digitalWrite(yDir, HIGH);
9     digitalWrite(xDir, LOW);
10  }
11  while(steps--) {
12    digitalWrite(yStp, HIGH);
13    digitalWrite(xStp, HIGH);
14    digitalWrite(yStp, LOW);
15    digitalWrite(xStp, LOW);
16    delayMicroseconds(Delay);
17  }
18  X += mm;
19 }
20
21 void movePerY(int mm) { // Перемещение каретки по оси OY
22   int steps = mm * _mmToSteps;
23   if(steps < 0) { // Отрицательное направление движения
24     steps = -steps;
25     digitalWrite(yDir, HIGH);
26     digitalWrite(xDir, HIGH);
27   } else { // Положительное направление движения
28     digitalWrite(yDir, LOW);
29     digitalWrite(xDir, LOW);
30   }
31   while(steps--) {
32     digitalWrite(yStp, HIGH);
33     digitalWrite(xStp, HIGH);
34     digitalWrite(yStp, LOW);
35     digitalWrite(xStp, LOW);
36     delayMicroseconds(Delay);
37   }
38   Y += mm;
39 }

```

Листинг 1 — Часть кода, отвечающая за перемещение каретки с электромагнитом



## **6 Описание устройства**

### **6.1 Принцип работы устройства**

Принцип работы роботизированной доски включает в себя несколько основных компонентов: доску с сенсорами, фигуры с магнитами, систему обработки данных и управления движением фигур.

Первый компонент — доска с сенсорами — имеет датчики эффекта Холла на каждой клетке. Они позволяют системе определять, стоит ли на определённой клетке фигура. Второй компонент — фигуры с магнитами — позволяет системе определить наличие фигуры на клетке.

Система обработки данных является ключевым компонентом роботизированной шахматной доски. Она состоит из микроконтроллера, который считывает данные с доски и фигур, а затем обрабатывает информацию и принимает решения о том, какие движения нужно сделать для следующего хода.

Управление движением фигур осуществляется с помощью механической системы, которая перемещает электромагнит. Система обработки данных и управления движением фигур работают вместе, чтобы точно определить ход игрока и переместить соответствующую фигуру на доске.

В целом, роботизированная шахматная доска позволяет играть в шахматы в удобном и инновационном формате, облегчая игру для новичков и потребителей, а также даёт возможность опытным шахматистам сражаться с более сильными противниками.

### **6.2 Комплектующие и компоненты устройства**

#### **6.2.1 Части механизма**

Основой для механизма служат 3 профильных минирельса с линейным подшипником (кареткой) MGN12H.

Минирельсы MGN12H — это высокоточные рельсовые направляющие, которые обеспечивают плавное и точное перемещение фигур на доске. Эти рельсы имеют очень маленький размер и высокую точность, что делает их идеальным выбором для применения в роботизированных устройствах. К тому же они имеют долгий срок службы и устойчивы к коррозии, этим и обуславливается их выбор.

Приводят в движение механическую часть два шаговых двигателя US-17HS4023. Мой выбор пал на эти двигатели в основном из-за их толщины и доступности, они были куплены в ближайшем магазине радиодеталей. Эти двигатели обладают достаточным крутящим моментом и моментом удержания, имеют небольшую толщину и энергопотребление.

Ролики и межуровневые стойки были изготовлены с применением технологий 3d печати. Модели этих деталей были сделаны в программе FreeCad. Выбор этой программы обуславливается простотой освоения и использования. Программа FreeCad имеет открытый исходный код и распространяется бесплатно, а также не требует больших вычислительных ресурсов, по этим причинам выбор пал на неё.

Подробный список компонентов механики, а также их происхождение и количество находится в таблице ??.

Таблица 6.1 — Пример длинной таблицы с длинным названием на много длинных-длинных строк

Наименование	Происхождение	Кол.
Минирельс MGN12H 300мм	интернет-магазин на AliExpress	3
Шаговый двигатель US-17HS4023	магазин «РадиоМир»	2
Капроновая нить	интернет-магазин на Ozon	1
Поворотный ролик для нити	3d печать	7
Ведущий ролик для нити	3d печать	2

Продолжение на след. стр.

### Продолжение таблицы 6.1

Стойки межуровневые для нити	3d печать	2
Шестигранные стойки для крепления двигателей	Магазин «Креп-М»	6
Гайки М3	Магазин «Креп-М»	10
Винты М3 различной длины	Магазин «Креп-М»	20
Шайбы М3	Магазин «Креп-М»	20

### 6.2.2 Части электроники

«Мозгом» моей доски является микроконтроллер esp-32, мне давно приглянулись эти контроллеры, т.к. в них уже есть встроенные модули Bluetooth и Wi-Fi, и при этом их цена не выше «классической» Arduino UNO при сходных возможностях.

Для управления шаговыми двигателями я использую драйвера на основе микросхемы A4988. Эти драйвера обеспечивают достаточную величину микрошага (1/16 шага), и могут работать без дополнительных компонентов с esp32 у которой логическая единица на выходе – 3.3 В, в отличие от DRV8825 с логической единицей в 5 В.

Драйвера шаговых двигателей устанавливаются на платы разработанные и изготовленные самостоятельно на фрезерном станке с ЧПУ.

Для считывания наличия фигуры на клетке я использую датчики эффекта Холла 44е. Они имеют высокую скорость срабатывания, чем в основном и обусловлен мой выбор.

Подробный список компонентов электроники, а также их происхождение и количество находится в таблице 6.2.

Таблица 6.2 — Составляющие части электроники доски

Наименование	Прохождение	Кол.
Микроконтроллер esp32	интернет-магазин на AliExpress	1
Драйвер шагового двигателя A4988	интернет-магазин на AliExpress	2
Датчик эффекта Холла 44e	интернет-магазин на AliExpress	64
Расширитель портов РСF8574	интернет-магазин на AliExpress	2
Пьезоэлектрический излучатель	магазин «РадиоМир»	1
Гнездо для подключения питания	магазин «РадиоМир»	1
Провода	магазин «РадиоМир»	
Припой и иные расходные материалы	Было в наличии	

### 6.2.3 Части корпуса

Дно и крышка моей доски выполнены из фанеры толщины 3 и 6 миллиметров соответственно. Фанера имеет фактуру дерева, что придаёт стильный вид устройству и обладает достаточную прочность.

Боковины корпуса изготовлены из десятимиллиметровой фанеры. Этот выбор обусловлен высокой прочностью фанеры.

Чертежи для обработки на фрезерном станке с ЧПУ подготовлены в программе с открытым исходным кодом Inkscape. Программа Inkscape также распространяется бесплатно, и не требует больших вычислительных мощностей, что делает её наверное лучшим выбором.

Подробный список материалов корпуса, а также их происхождение и количество находится в таблице 6.3.

Таблица 6.3 — Материалы корпуса доски

Наименование	Прохождение	Кол.
Фанера 3мм	Магазин «Мегастрой»	1
Фанера 6мм	Магазин «Мегастрой»	1
Фанера 10мм	Магазин «Мегастрой»	1
Клей ПВА	Магазин «Мегастрой»	1

## **7 Процесс создания проекта**

### **7.1 Первая модель**

В первой модели ходы совершённые на доске должны были также вводиться с матричной клавиатуры 4x4, которая была подсоединена к платформе Arduino Mega. Ответные ходы передавались по Serial порту и воспроизводились шаговыми двигателями объединенными в кинематику «Scara», позже было принято решение от неё отказаться из-за высокой толщины доски.

### **7.2 Вторая модель**

После не долгих поисков в интернете я нашел замену «Scara» – H-Bot. Детали для этой кинематики были смоделированы мной в САПР «FreeCad». Также в этой версии я заменил микроконтроллер на esp-32, т.к. он имеет встроенные модули Bluetooth и Wi-Fi, высокую производительность и низкую стоимость. Также на фрезерном станке с ЧПУ был изготовлен корпус из фанеры. Разметка производилась в Inkscape. Команда перемещения фигур теперь пердаётся по стеку протоколов TCP/IP.

### **7.3 Третья модель**

В третьей модели для определения расположения фигур под каждую клетку был установлен геркон. Все герконы объединены в матрицу и подключены к микроконтроллеру с помощью расширителей портов РСF8574. Также была переделана крышка корпуса, теперь она выполнена из 8-ми миллиметровой фанеры. Также теперь поддерживается рокировка и взятие на проходе.

## 7.4 Четвёртая модель

У модели с герконами есть множество недостатков, поэтому было решено заменить их на датчики эффекта Холла. Это позволило уменьшить толщину крышки до 5 мм и улучшить сцепление электромагнита с фигурами.

## **8 Влияние устройства на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации**

### **8.1 Производство**

Для производства роботизированной шахматной доски необходимо соблюдать множество правил безопасности, чтобы защитить окружающую среду от негативного воздействия различных веществ и материалов. Прежде всего, необходимо убедиться, что использованные материалы не являются токсичными. Кроме того, вся техника должна иметь соответствующие сертификаты качества и соответствовать нормам экологической безопасности.

Также необходимо обеспечить эффективное управление и контроль производственного процесса для того, чтобы предотвратить попадание вредных веществ в окружающую среду. И важно проводить постоянный мониторинг качества выпускаемой продукции, чтобы вовремя выявлять возможные производственные отклонения и предпринимать меры по их устранению. Такие меры позволят сделать производство роботизированной шахматной доски безопасным не только для окружающей среды, но и для всех, кто связан с этим процессом.

### **8.2 Эксплуатация**

Роботизированная шахматная доска представляет собой инновационный продукт, разработанный с использованием передовых технологий. Эта доска не только облегчает процесс игры, но и не оказывает негативного влияния на окружающую среду.

Благодаря использованию современных экологичных материалов, таких как PLA пластик, древесина и металл, при производстве роботизированных шахматных досок, риск загрязнения окружающей среды снижается до минимума. Также, из-за их электрической природы роботизированные шахматные доски не создают отходов или



выбросов, что делает их продуктом, не оказывающим отрицательного влияния на нашу планету.

Кроме того, роботизирование шахматной доски снижает количество ее использования, ведь электронная доска не требует замены или ремонта, что в свою очередь снижает объем производства материалов на производстве, что в свою очередь оказывает положительное влияние на экологию планеты.

Таким образом, роботизированные шахматные доски не представляют угрозы для окружающей среды и могут способствовать улучшению экологической ситуации в мире.

### **8.3 Утилизация**

Как и любое электронное устройство, роботизированная шахматная доска состоит из нескольких материалов, которые могут быть переработаны. Например, платы с электроникой их можно переработать разными способами, включая расплавление, химическую обработку или физическую обработку. Другие материалы, такие как металлические детали или пластиковые части могут быть переработаны в качестве вторсырья, используя различные методы переработки, например, измельчение, разделение по типу, обработка термическим способом или рециклирование.

Часть деталей моей доски напечатаны из разлагаемого PLA пластика, поддающегося переработке. Детали будут переработаны в соответствии с ГОСТ Р 54533-2011.

Однако, следует учитывать, что переработка PLA отличается от переработки других видов пластика, так как он является биоразлагаемым материалом. Поэтому, необходимо выбирать специализированное оборудование для переработки PLA и учитывать особенности этого материала при применении ГОСТов.

Часть корпуса моего робота изготовлен из фанеры. Эти детали будут переработаны в соответствии с ГОСТ 3916.1-2018.

Применение вторичной переработки фанеры может иметь несколько направлений:

а) Производство топлива. Различные компании создают биотопливо из фанеры. Для этого материал измельчается и сжигается, чтобы получить энергию.

б) Производство бумаги. Вторичная переработка фанеры может быть использована для производства различных видов бумаги, включая оберточную бумагу, туалетную бумагу, тетради и др.

в) Производство древесных плит. Фанера может быть использована в качестве основного материала для производства древесных плит, таких как ОСП и МДФ. Это позволяет использовать материал повторно и снизить количество новых ресурсов для создания новых материалов.

г) Производство композиционных материалов. Фанера может быть использована в качестве основного компонента для производства различных композиционных материалов, таких как фанеропластик и композитные панели. Это позволяет повторно использовать материал и создавать новые продукты.

В целом, вторичная переработка фанеры позволяет использовать материал повторно и сокращать количество отходов в окружающей среде. Она также может способствовать экономической выгоде, создавая новые продукты и снижая количество требуемых ресурсов.

Механика роботизированной шахматной доски — это сложный и технологичный механизм, включающий в себя множество металлических частей. После использования доски источники энергии, проводки, контроллеры и другие металлические элементы могут остаться не нужными. Поэтому важно заботиться о вторичном использовании и переработке металлических частей.

Вторичное использование металлических составных частей доски – это возможность создать новые изделия или механизмы. Металлические детали, такие как шестерни, зубчатые колеса и крепежные

элементы, можно использовать для ремонта других устройств или механизмов. Это позволяет сэкономить ресурсы и получить максимальную пользу от использованных деталей.

Таким образом, вторичное использование и переработка металлических деталей механики роботизированной шахматной доски – это важный шаг в защите окружающей среды и эффективное использование уже существующих ресурсов. Это может помочь улучшить нашу экологическую ситуацию и способствовать развитию современных технологий переработки материалов.

Важно не забывать об утилизации электроники, ведь ежегодно человечество отправляет на свалки более 50 миллионов тонн вышедшей из строя электроники. Утилизация электроники, сипользующейся в моей РШД будет производиться по ГОСТ Р 70146—2022.

Правильная утилизация электроники играет важную роль в сохранении здоровья и безопасности окружающей среды. Утилизированные неправильно электронные устройства могут быть опасными для человеческого здоровья, поскольку могут содержать токсичные химические вещества и материалы, например ртуть, свинец и кадмий.

Для правильной утилизации электроники существует несколько способов, включая переработку, перепродажу, обмен или пожертвование в благотворительных организациях. Во многих городах также существуют специальные пункты приема отработанной электроники.

В целом, правильная утилизация электроники играет большую роль в сохранении здоровья, безопасности и экономии ресурсов. Она может быть легко осуществима и имеет положительный эффект на окружающую среду и экономику в целом.

## 9 Экономическая оценка

Ранее было сказано, что большинство устройств на рынке имеют множество недостатков, среди которых одной из самых важных является высокая стоимость. При создании своего устройства я старался максимально удешевить его, при этом, не жертвуя качеством изделия. В табл. 9.1 представлена подробная экономическая оценка.

Таблица 9.1 — Стоимость компонентов

Название	Кол-во	Цена за ед., руб	Цена, руб
Микроконтроллер esp32	1 шт.	351.65	351.65
Драйвер шагового двигателя A4988	2 шт.	50	100
Шаговый двигатель 17HS4023	2 шт.	300	600
Линейная направляющая с ползунком MGN12H	3 шт.	900	2700
Блок питания	1 шт.	600	600
Фанера 3мм 1.5м x 1.5м	1 шт.	845	845
Фанера 6мм 1.5м x 1.5м	1 шт.	845	845
Фанера 10мм 1.5м x 1.5м	1 шт.	845	845
ДСП 16мм 1.5м x 1.5м	1 шт.	800	800
Датчик Холла 44e, 50шт	3 упк.	323.78	971.34
РЛА пластик, 750 гр	1 упк.	1100	1100
Электромагнит 2.5 кг	1 шт.	109.84	109.84
Крепежные элементы	-	-	300
Провода	-	-	200
Аренда оборудования	-	-	500
<b>ИТОГО:</b>			<b>10867.83</b>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижение цели потребовало создание трех моделей, последняя из которых соответствовала всем заданным характеристикам и возможностям. При доработке она может быть выведена на рынок.

Себестоимость устройства составила 10900 рублей. Беря в расчет функционал моего устройства и цены конкурентов это доступная цена. Я считаю, что цена с учетом труда и наценки составит порядка пятнадцати тысяч рублей.

В ходе работы над проектом была достигнута цель и выполнены все задачи поставленные в начале работы. Кроме того были получены большой объем знаний в областях робототехники, программирования, информатики и технологии, бесценные навыки в 3d моделировании, проектировании, конструировании и работы в множестве программ.

Для того чтобы полностью закончить мой проект необходимо в совершенстве овладеть языками программирования Java и C++, а также в совершенстве изучить возможности esp32.

Одной из главной задач является снижение цены на изделие без потери его качества. Внедрение новых технологий в модель не окажет отрицательного влияния на доступность данного проекта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *М.Ю., Гутенеев.* ШАХМАТНАЯ ИГРА В РАЗВИТИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ ОБЩЕСТВА / Гутенеев М.Ю.
2. *Погосян С.Г., Агузумцяи Р.В.* ВЛИЯНИЕ ШАХМАТ НА РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНОСТИ И ИНТЕЛЛЕКТА В МЛАДШЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТЕ / Агузумцяи Р.В. Погосян С.Г.
3. *Л.А., Шикарюк.* ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ШАХМАТ / Шикарюк Л.А.
4. *Д.Н., Кляченко.* ВВЕДЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ РОБОТОТЕХНИКУ НА БАЗЕ ARDUINO / Кляченко Д.Н.
5. *А.Н., Третьяков.* ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ / Третьяков А.Н.
6. ГОСТ Р 70146-2022.
7. ГОСТ 10632-2014.
8. ГОСТ 3916.1-2018.
9. ГОСТ 7.32-2017.







# ПРИЛОЖЕНИЕ В

## БЛОК СХЕМА АЛГОРИТМА РАБОТЫ ИЗДЕЛИЯ

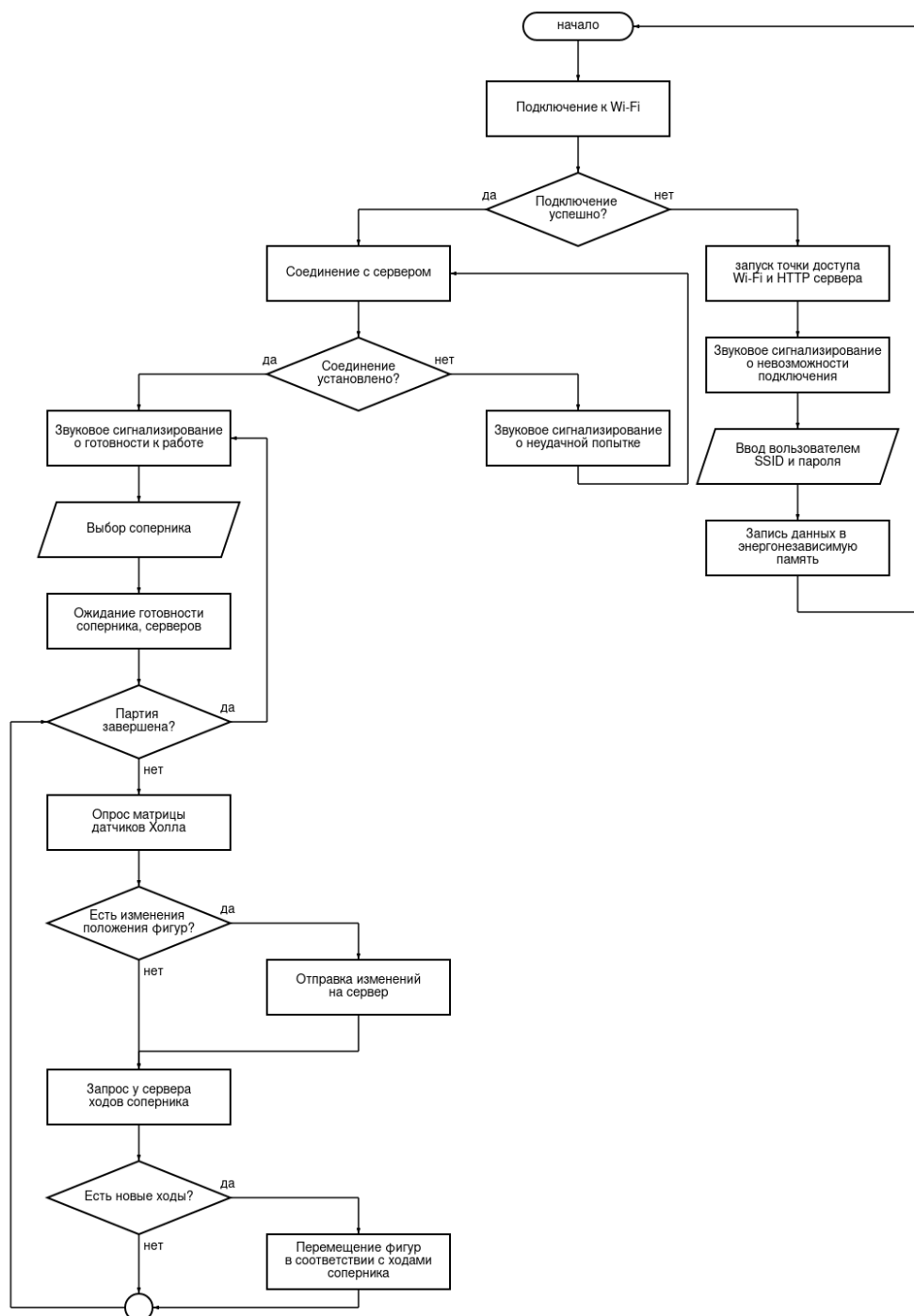





Рисунок В.1 — Блок схема алгоритма работы изделия

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г


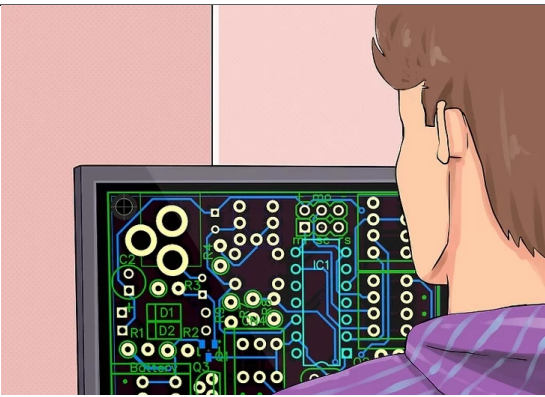
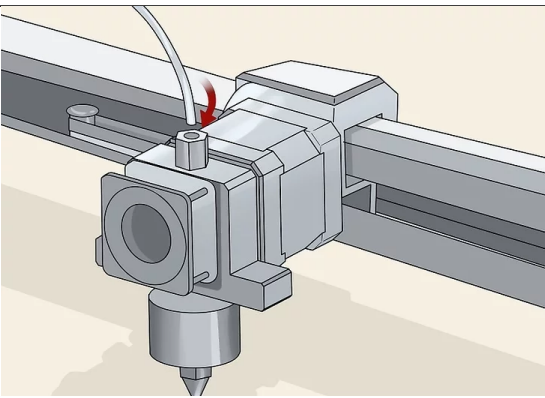
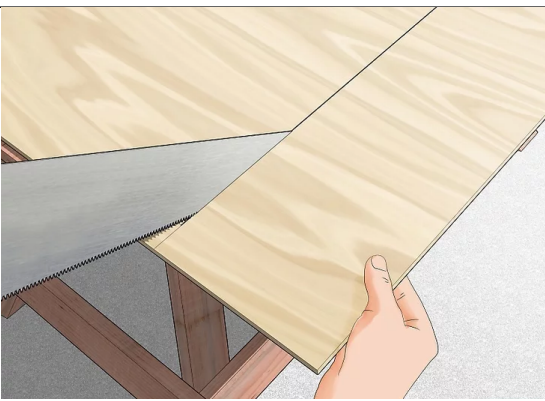
### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Таблица Г.1 — Технологическая карта

№	Действие	Материалы и оборудование	Иллюстрация
1	Разработка структурной электрической схемы	компьютер (графический редактор)	
2	Разработка принципиальной электрической схемы	компьютер (программа KiCad)	
3	Разработка деталей для 3d печати	компьютер (программа FreeCad)	

Продолжение на след. стр.

Продолжение таблицы Г.1

4	Разработка чертежа частей корпуса	компьютер (графический редактор)	
5	Разработка печатной платы	компьютер (программа KiCad)	
6	Печать компонентов	3D принтер; PLA пластик	
7	Подготовка фанеры к обработке на фрезерном станке с ЧПУ	фанера; ножовка	

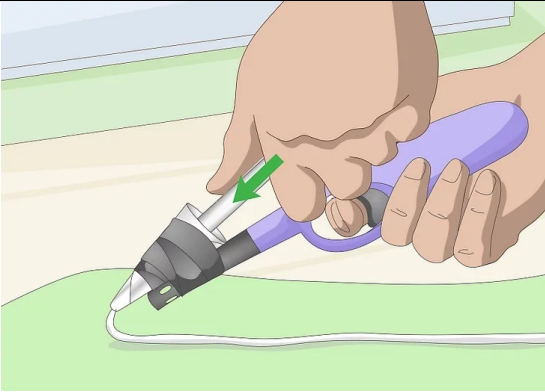
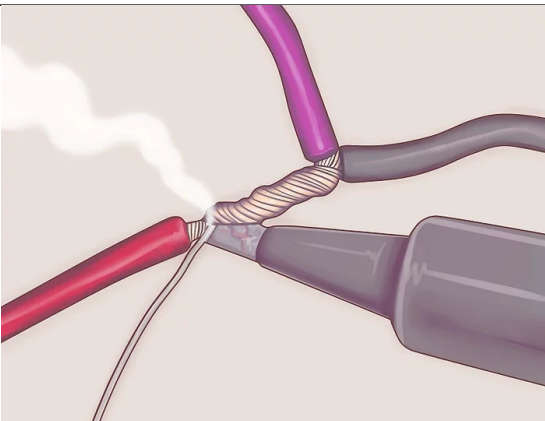
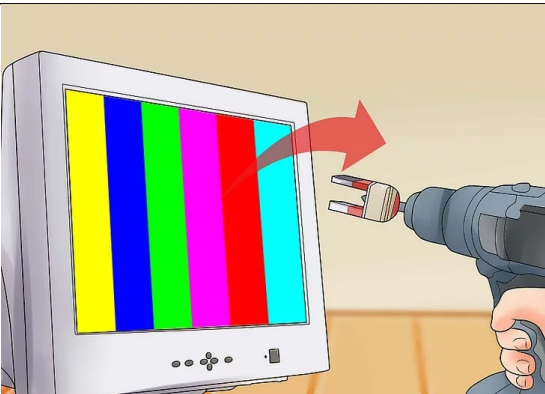
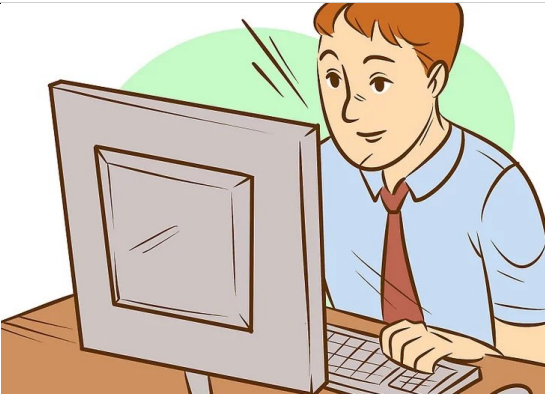
Продолжение на след. стр.

Продолжение таблицы Г.1

8	Фрезерование частей корпуса	компьютер; фрезерный станок с ЧПУ; фреза	
9	Фрезерование печатной платы	компьютер; фрезерный станок с ЧПУ; фреза	
10	Сборка корпуса и установка в корпус механической части	клей ПВА; крепеж	
11	Установка датчиков эффекта холла в корпус	клеевой пистолет; паяльник; припой; канифоль	

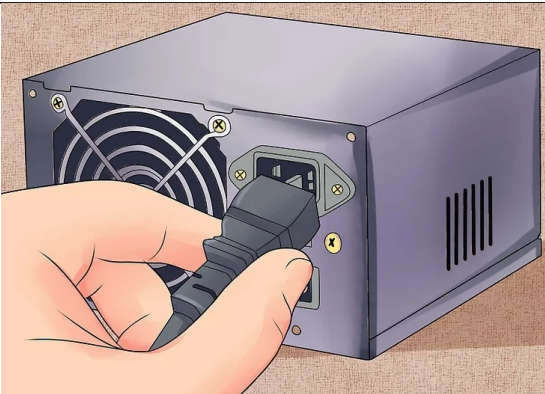

Продолжение на след. стр.

Продолжение таблицы Г.1

12	Установка компонентов электроники	клеевой пистолет	
13	Подключение компонентов электроники	паяльник; припой; канифоль; пинцет; отвертка	
14	Разработка блок-схемы алгоритма	компьютер (графический редактор)	
15	Разработка ПО	компьютер (программа Arduino IDE, VS Code)	

Продолжение на след. стр.

Продолжение таблицы Г.1

16	Отладка механизмов, электроники и алгоритмов устройства	компьютер; мульти- метр	
17	Финальная сборка устройства	крепеж; от- вертка	
18	Полевые испытания; Финальная отладка алгоритмов	компьютер (программа Arduino IDE, VS Code)	

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

## ЧЕРТЁЖ ПОВОРОТНОГО РОЛИКА

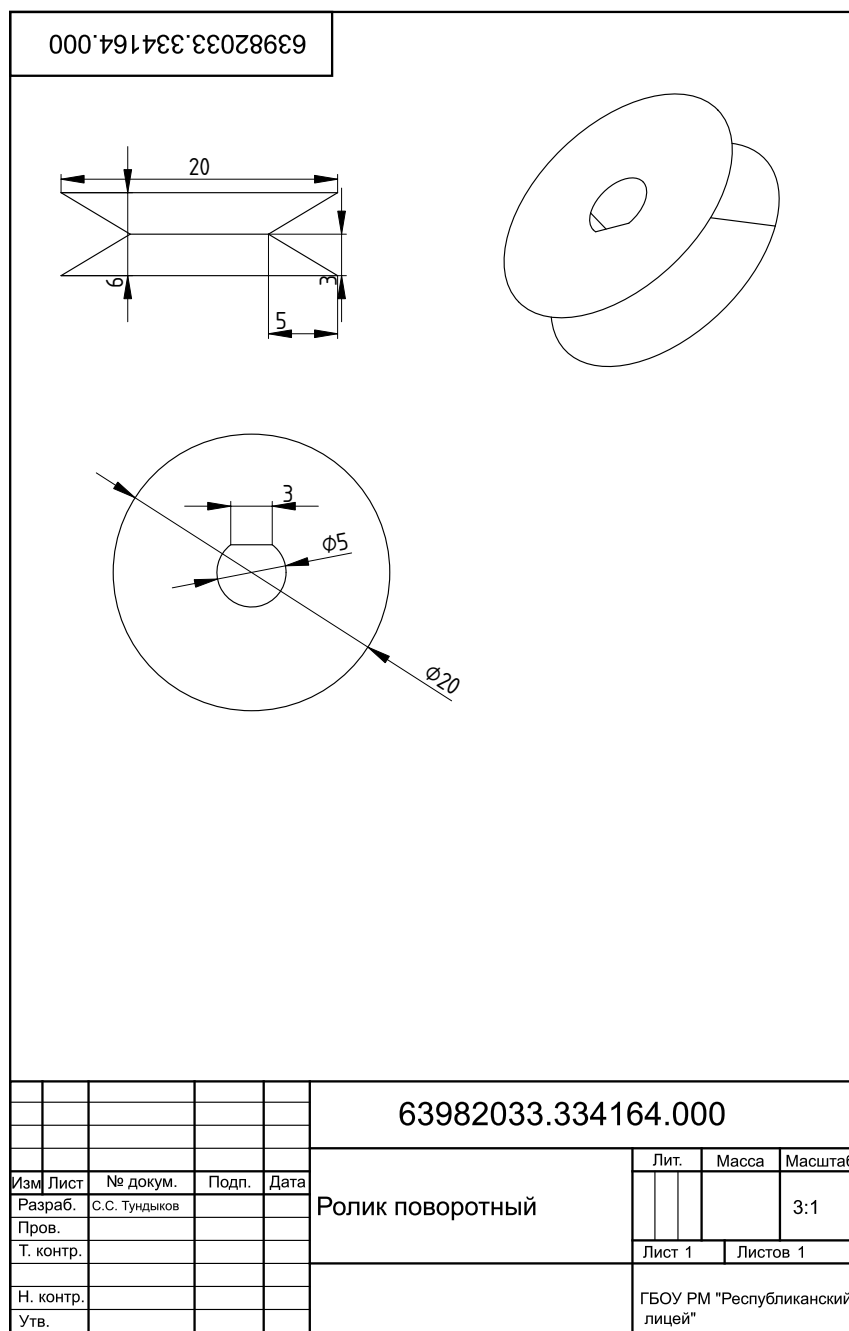


Рисунок Д.1 – Приципиальная схема устройства

# ПРИЛОЖЕНИЕ Е

## ЧЕРТЁЖ СТОЙКИ МЕЖСЛОЙНОЙ

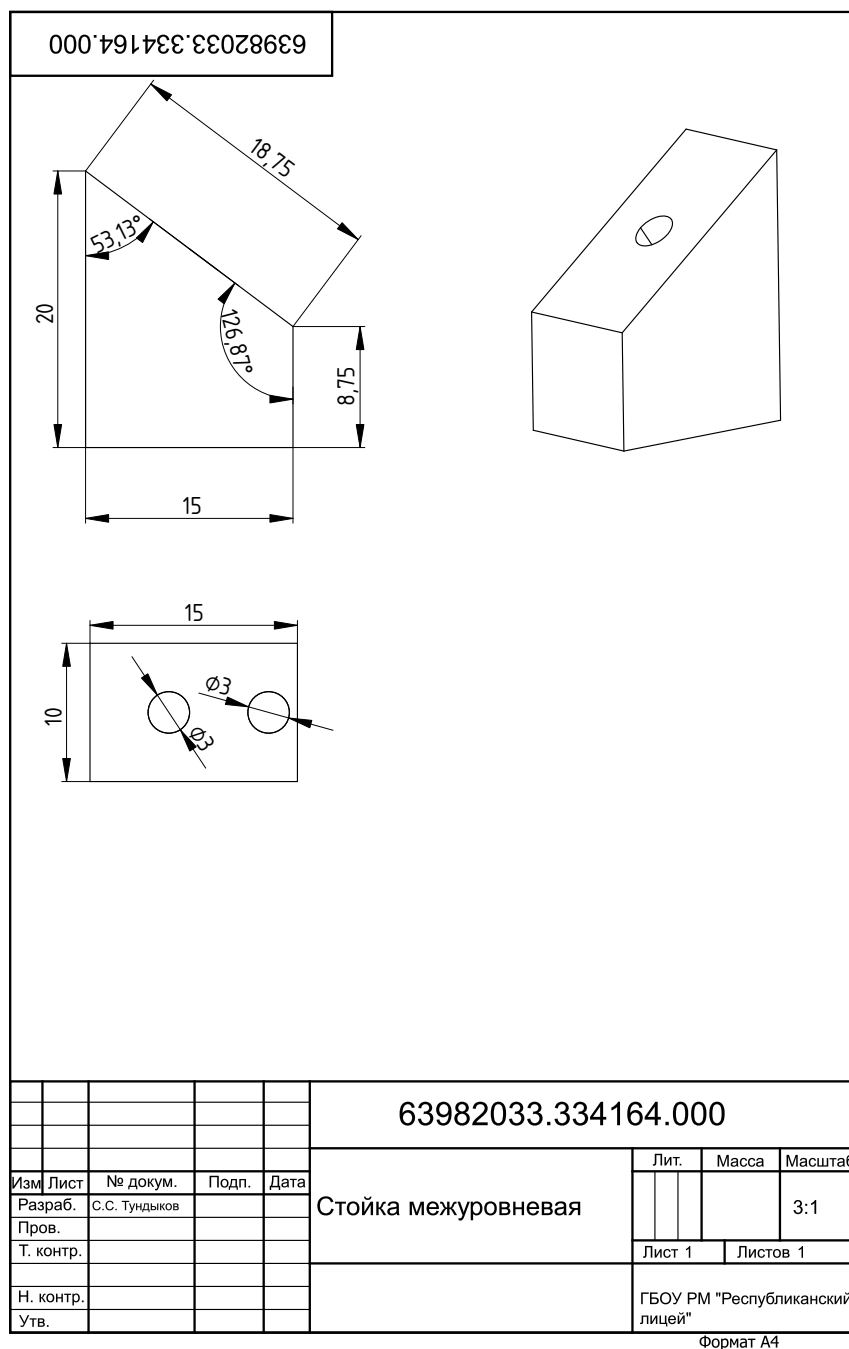


Рисунок Е.1 – Приципиальная схема устройства