

**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
города Москвы «Школа №1363»
ДЕПАРТАМЕНТА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГОРОДА МОСКВЫ**

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОВ

Выполнили учащиеся ГБОУ города Москвы «Школа №1363»

Команда «PIROT»

Абелян Галина Сасуновна

Белоконь Мишель Евгеньевна

Костионова Ксения Ивановна

Сиворонова Екатерина Михайловна

Коровянко Сергей Алексеевич

Руководитель работы:

учитель информатики ГБОУ школы №1363

Черкасова Элла Владиславовна.

Москва, 2023 г.

Оглавление

Введение.....	3
Обзор и анализ предметной области.....	6
Инструменты реализации проекта	7
Описание разработанного устройства	8
Экспериментальные исследования	16
Заключение	19
Список литературы	20
Приложения	22

Введение

Актуальность работы

Робот-сортировщик – машина, состоящая из двух модулей. Первый отвечает за распознавание, а второй — за физический отбор.

Роботы-сортировщики помогают освободить людей от тяжелого и монотонного труда, который требует большой концентрации. Их сенсоры готовы 24/7 анализировать вид деталей и элементов, лежащих на конвейере, и распределять их по разным отсекам. Например, сегодня роботы-сортировщики часто разбирают строительный мусор, ведь что-то из него можно повторно использовать или переработать.

Бывают различные виды автоматических помощников:

- Роботы-тележки отбирают товары с конвейерной ленты, сканируют и распределяют по лоткам, ориентируясь на определенные пин-коды. Оборудованные механизмом рольганга могут разгружаться сами, раскладывать груз по полкам или собирать в контейнер.
- Паллетайзеры, роботы-штабелёры— это манипуляторы для автоматического захвата и размещения товаров на паллеты на складах с интенсивным движением людей и транспортных средств. Оптимальны для мест, где многократно повторяются одни и те же действия. Преимущество этих машин – возможность работы с большим весом.
- Буксировщики – перевозит крупные тележки, доставляет груз на большие расстояния.

Проектирование и разработка автоматических помощников (роботсортировщик) различных типов является одной из популярных задач в образовательном процессе при формировании инженерных компетенций у учеников учреждений среднего образования

Цель работы:

Спроектировать и реализовать конструкцию и программное обеспечение роботизированной системы распределения грузов.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи (этапы реализации проекта)**:

1. Анализ кейсового задания, формирование требований и ограничений к разрабатываемому устройству
2. Анализ предметной области и инструментов для решения задачи
3. Проектирование устройство (эскиз устройства, проектирование кинематической системы, UML-диаграммы).
4. Проектирование 3D-модели устройства, его составных частей и корпуса.
5. Проектирование электротехнической системы устройства.
6. Проектирование алгоритмов работы программного обеспечения.
7. Разработка кинематической, электротехнической систем устройства
8. Разработка программного обеспечения

Методы исследования. В работе используются методы теоретического исследования (имитационного моделирования в системе tinkercad.com и fritzing).

Научная новизна работы:

1. Разработана и интегрирована подсистема управления датчиком цвета, с помощью которой он распознаёт цвета грузов.
2. Разработана и интегрирована подсистема управления конвейера с помощью приложения, которая позволяет включить и выключить его, а также менять цвета грузов.
3. Разработана и интегрирована подсистема управления сервоприводом, позволяющая переместить груз в контейнер на 90°.

Достоверность и обоснованность полученных результатов доказывается посредством выявления зависимости полученных результатов от известных теоретических и эмпирических данных, опубликованных в литературных источниках, а также посредством получения положительных результатов по итогам внедрения результатов проекта.

Личный вклад авторов. Результаты работы получены лично авторами.

Проектная команда состоит из 5 учеников 10 класса ГБОУ школы №1363.

Распределение ролей в проектной команде:

1. Коровянко Сергей Алексеевич — разработка программного обеспечения.
2. Костионова Ксения Ивановна — разработка мобильного приложения.
3. Белоконь Мишель Евгеньевна — разработка 3D-моделей устройства, прототипирование и 3D-печать.
4. Абелян Галина Сасуновна — разработка технической документации, работа с электроникой.
5. Сиворонова Екатерина Михайловна — разработка электрической принципиальной схемы и сборка устройства.

Руководитель проектной команды: учитель информатики ГБОУ школы №1363 Черкасова Элла Владиславовна.

Работа проектной команды осуществлялась с использованием программного обеспечения Zoom, Github.

Обзор и анализ предметной области

Обзор и анализ предметной области позволил классифицировать основные подходы к разработке программно-аппаратных устройств, позволяющих изучать механику работы конвейера. В основном кратко описывается разработка системы распределения грузов. Также дополнительно описывается интеграция подсистемы выключения конвейера на определённое расстояние в автоматическом режиме. Описывается использование подсистемы управления конвейером при помощи мобильного приложения, а также с помощью приложения можно выбрать цвета грузов. Описывается использование подсистемы распознавания цвета грузов с помощью датчика цвета. Рассмотренные источники позволяют сделать вывод о том, что в данный момент отсутствуют методические указания по разработке конвейера с подсистемой управления с мобильного приложения, подсистемой автоматической остановки конвейера на определенном расстоянии для распознавания цвета грузов, подсистемой разворота сервоприводов. Роботизированная система распределения грузов позволяет изучить механику работы конвейера и формировать межпредметные комплексные профессиональные навыки в области механики, конструирования, электроники и схемотехники, 3D-моделирования и прототипирования, программирования.

Обзора и анализ предметной области позволил сформировать требования к разрабатываемому устройству, формирующие его функциональные особенности по сравнению с аналогами:

- При разработке использованы готовые электротехнические модули (Arduino Uno и др.), произведен монтаж электронных компонентов.

- Конструкция конвейера является стационарной и обеспечивает устойчивость на ровной поверхности при работе.
- Конструкция конвейера обеспечивает подвижность грузов на определенное расстояние до датчика цвета для распознавания цветов грузов.
- Разработано программное обеспечение для сервоприводов, с помощью которых осуществляется сдвиг грузов на 90° в контейнер.
- Разработано приложение App Inventor — среда визуальной разработки android-приложений. С помощью которой должен активироваться механизм сбрасывания для их сброса, затем на конвейер помещают грузы, далее с помощью мобильного приложения запускают конвейер. После выполнения полностью заданной задачи конвейер отключаем из мобильного приложения.
- Конструкция устройства содержит в себе подсистему автоматической остановки при достижении грузов зоны сканирования.
- Разработаны 3D модель устройства и его составных частей. Элементы устройства выполнены из PLA-пластика (3D-печать составных частей).

Инструменты реализации проекта

В качестве микроконтроллера мы взяли Arduino Uno. Это обычная плата, которая является «посредником» между пользователем и микроконтроллером, позволяя удобно цепляться к его ножкам и загружать в него прошивку прямо из среды программирования.

В качестве сервопривода используется модель HS-485HB с большим (при напряжении 5В) усилием, дабы без особого труда переместить груз в контейнер.

В устройстве используется 4-х фазный шаговый мотор 28BYJ-48, мотор питается от 5В постоянного напряжения. Вся эта конструкция не потребляет больших токов, и имеет достаточный момент для вращения платформы.

В качестве датчика цвета используется модель APDS-9960 RGB/Gesture. APDS-9960 — это датчик от компании Avago, он представляет собой комбинированный цифровой датчик с целым рядом разных интересных и полезных функций.

Он умеет распознавать жесты, определять приближение, а еще он умеет регистрировать интенсивность окружающего освещения и определять цвет.

Также используется Bluetooth модуль HC06. Со стороны Ардуино модуль выглядит как обычный последовательный интерфейс, поэтому можно сразу наладить взаимодействие с устройством на компьютере. Такой выбор обусловлен тем, что у него малое потребление энергии, высокий уровень защиты данных, дальность связи 30 м.

Описание разработанного устройства

Пользователь в мобильном приложении (со смартфона, ноутбука, планшета) выбирает два цвета, на которые должен активироваться механизм сбрасывания для их сброса, затем на конвейер помещают грузы, далее из мобильного приложения запускают конвейер. При достижении груза зоны видимости системы сканирования конвейер автоматически останавливается. Цвета грузов распознаются и активируется механизм сбрасывания для их сброса в определенные контейнеры. Каждый из контейнеров необходим для сбора грузов двух цветов. Соответствие между цветами грузов и контейнерами задается в мобильном приложении.

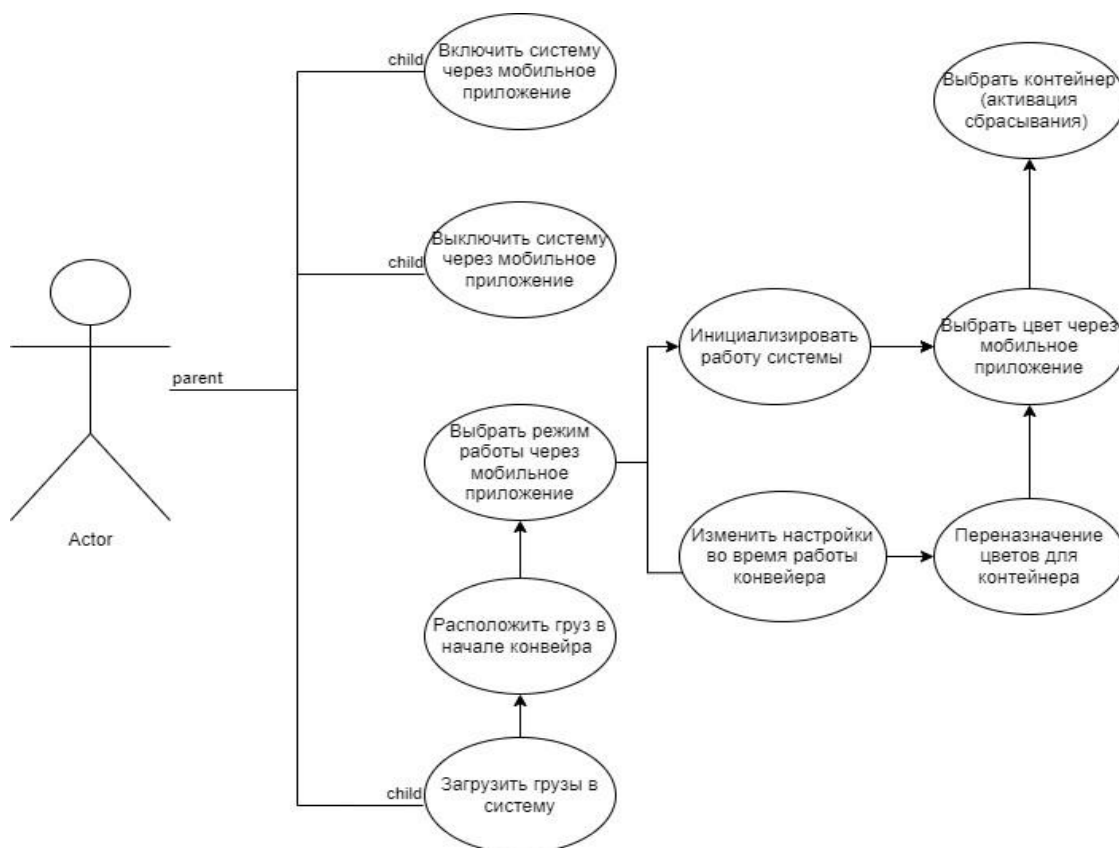


Рисунок 1. Диаграмма использования UML

На рисунке 2 представлена разработанная 3D-модель роботизированной системы распределения грузов. В приложении №1 представлены чертежи составных частей физической модели роботизированной системы распределения грузов.

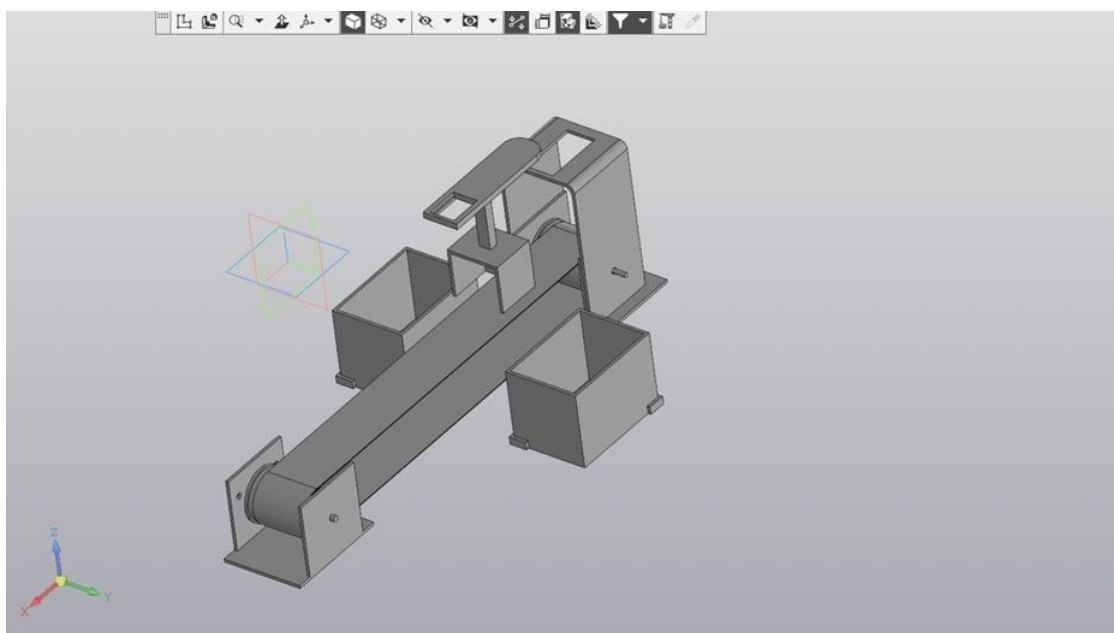


Рисунок 2. 3D модель устройства.

На рисунке 3-5 представлены UML диаграммы.

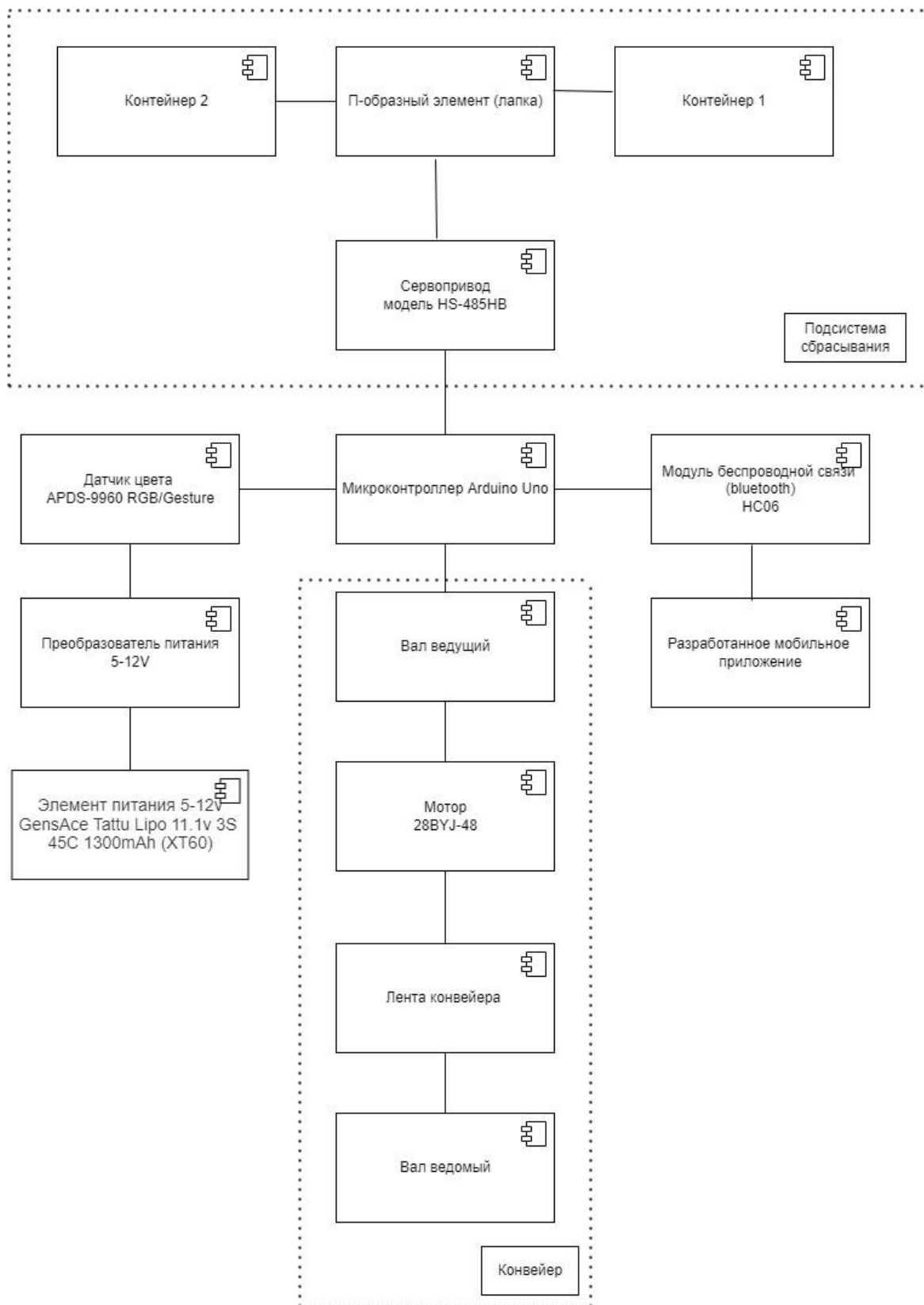


Рисунок 3. Диаграмма компонентов UML

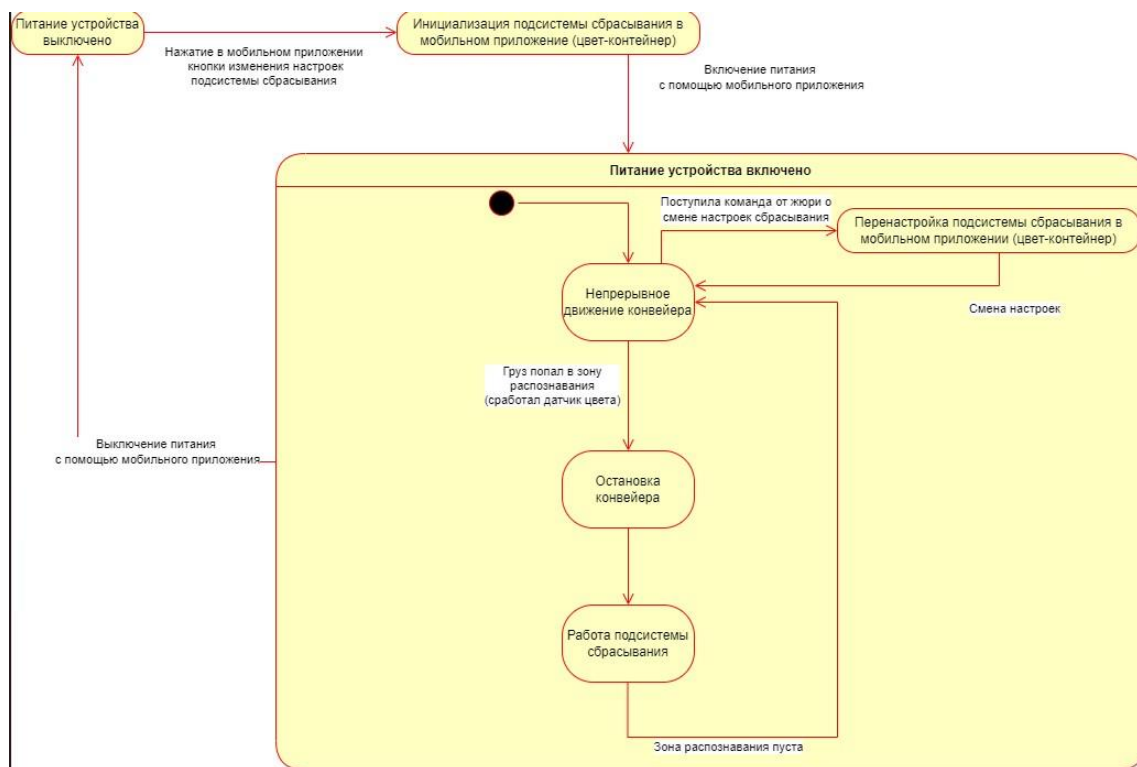


Рисунок 4. Диаграмма автомата UML

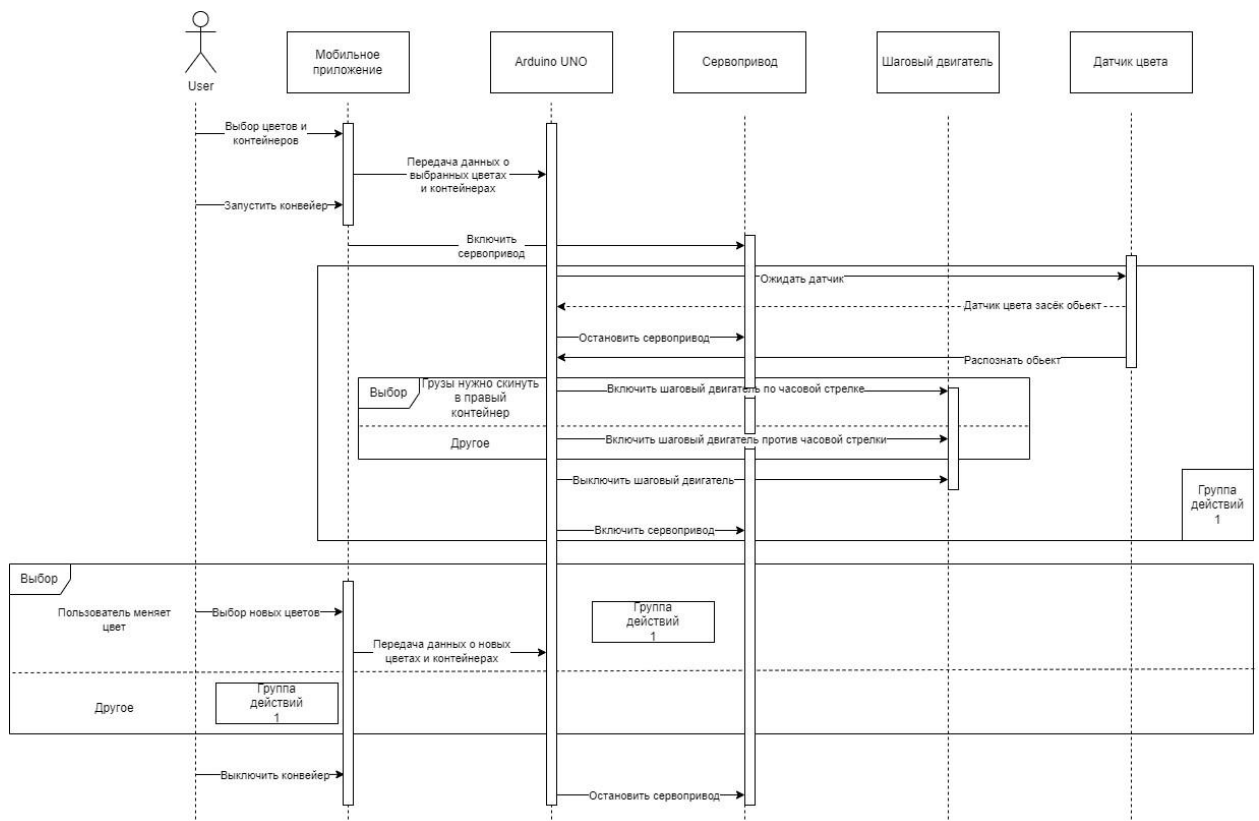


Рисунок 5. Диаграмма последовательности



Рисунок 6. Блок-схема работы программного обеспечения.

На рисунке 7 представлена кинематическая система разработанного устройства в виде схемы.

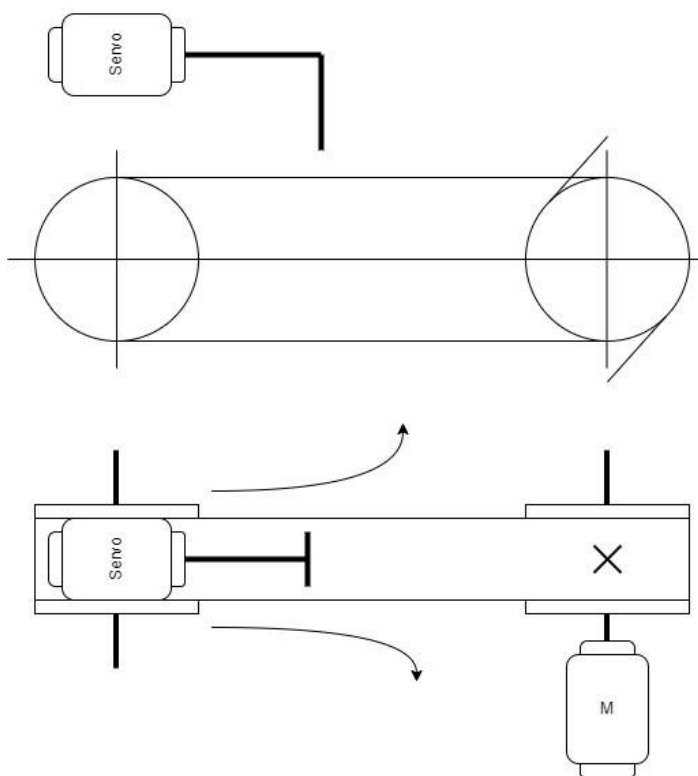


Рисунок 7. Кинематическая схема.

При подключении энергопитания устройства на микроконтроллере устройства запускается разработанное программное обеспечение.

По запуску программа сразу же включает конвейер. Для того, чтобы он начал перемещаться, срабатывает привод шаговый мотор. А также вал, который обмотан полоской, начинает вращаться, таким образом передвигая ленту с грузами к датчику цвета. Благодаря стенкам, которые установлены в том месте, где начинается распознавание цвета, грузы не скатываются с конвейера и не падают при остановке. Когда они уже переместились, грузы останавливаются под датчиком цвета, который закреплён сверху от грузов, датчик начинает распознавать цвета грузов с помощью программного обеспечения несколько секунд. Затем, в соответствии с заданным условием, груз определенного цвета передвигается к лапке, которая закреплена снизу, и с помощью сервопривода, лапка начинает поворачиваться на 90° , тем самым скидывая груз в указанный контейнер. Затем конвейер останавливается

автоматически, и пользователь может поменять условие через мобильное приложение, тем самым заново включить устройство, с помощью приложения. Для управления сервоприводом используется обычный контроллер Arduino Uno. Он подключен к питанию с напряжением 5В.

Для управления шаговым мотором используется последовательность управляющих сигналов, которые можно найти в документации к шаговому двигателю. Для того, чтобы вращать вал в обычном направлении, надо подавать эти сигналы в обычном порядке с интервалом в 1-2 мс. Если же нужно повернуть вал в обратном направлении, то тогда сигналы должны идти в обратном направлении с тем же интервалом в 1-2 мс. Чтобы упростить работу с шаговым мотором, был создан класс Stepper, с функциями Stepper.step. Зная количество требуемых шагов для полного оборота платформы вокруг своей оси, можем рассчитать количество шагов для того, чтобы груз доехал к датчику цвета.

Для управления датчиком цвета используется библиотека Adafruit APDS9960 Library. Изначально мы пытались узнать числовые значения цветов в RGB палитре. Но при разном освещении эти значения кардинально меняются. И для решения этой проблемы мы добавили светодиод.

Исходный код проекта, видео работы устройства и 3D модели, чертежи можно найти на GitHub [9]. В приложении №2 представлены программные коды.

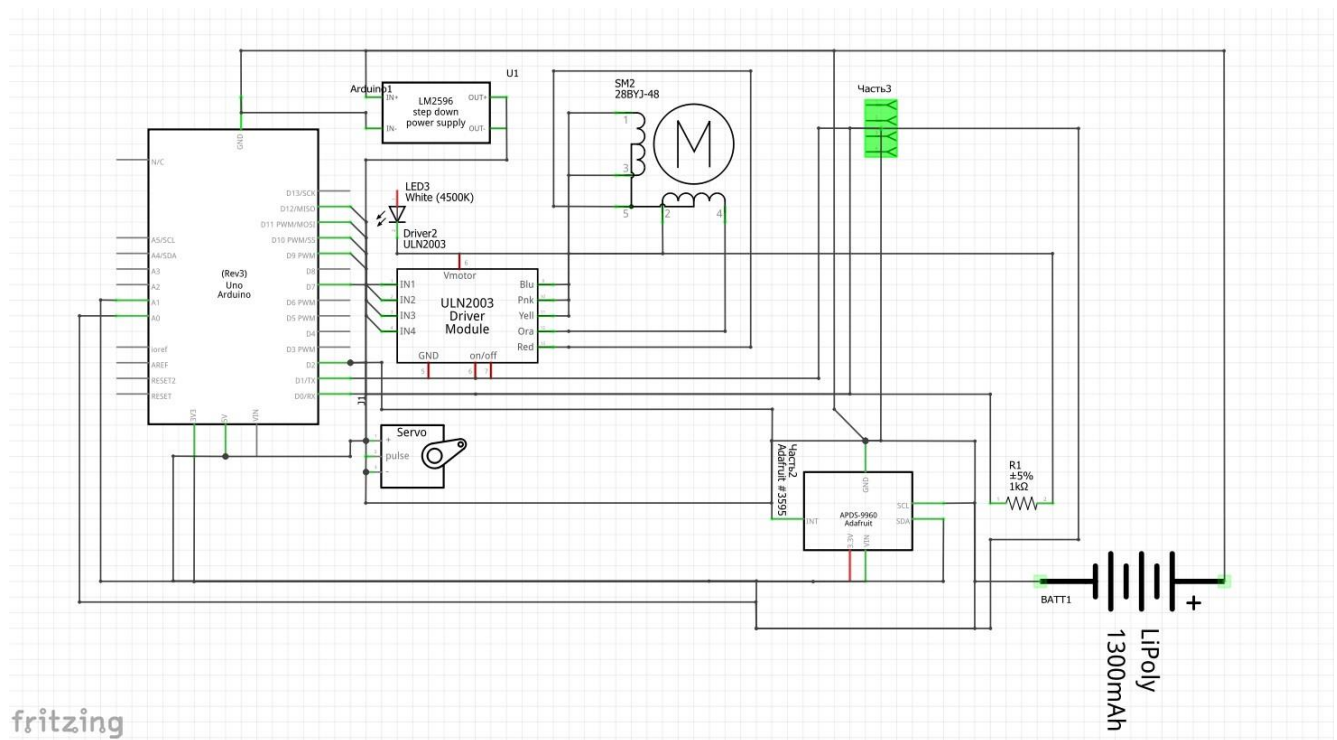


Рисунок 8. Принципиальная электрическая схема.

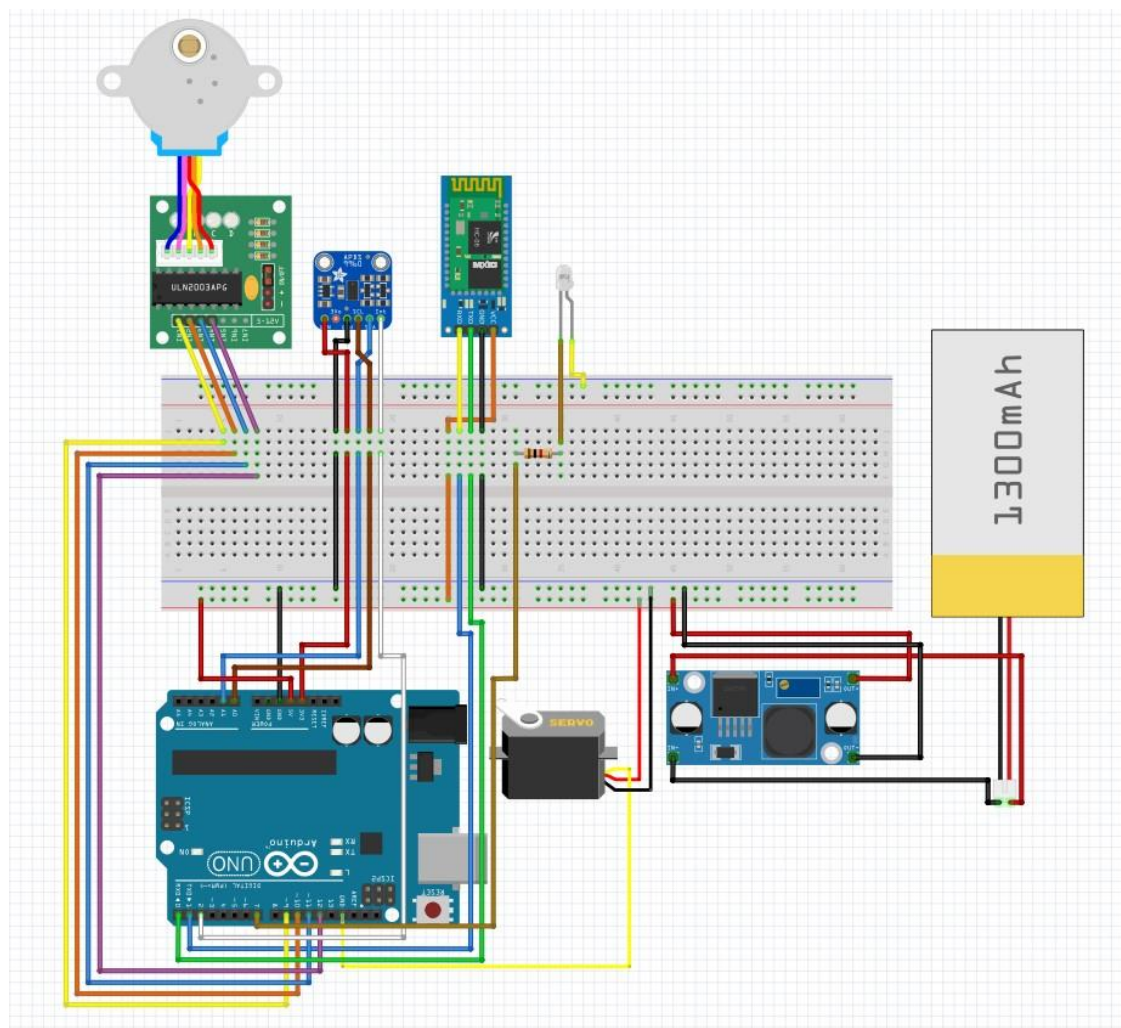


Рисунок 9. Монтажная схема

Экспериментальные исследования

Разработанное роботизированное устройство распределения грузов представлено на рисунке 10. В приложении №3 представлены фотографии разработанного устройства и его составных частей.

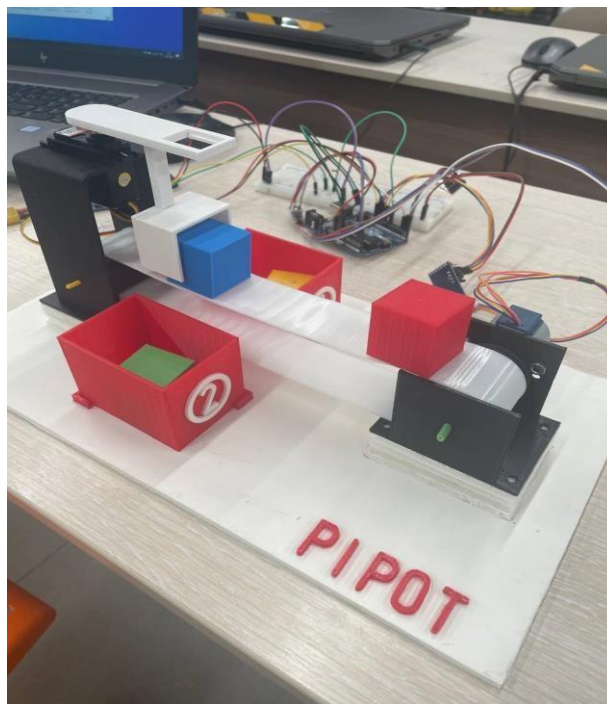


Рисунок 9. Разработанная роботизированная система распределения грузов.

Экспериментальные исследования разработанного устройства производились по следующему регламенту испытаний:

- Для испытания используются два груза любых цветов. Устройство находится в исходном состоянии. В испытании проверяются базовые функции: запуск, остановка устройства из мобильного приложения, распознавание цветов двух грузов разных цветов, сталкивание грузов в конкретные контейнеры. Участники в мобильном приложении выбирают два цвета грузов, на которые должен активироваться механизм сбрасывания, далее кладут первый груз на конвейер за пределами системы сканирования и запускают устройство из мобильного приложения. После включения конвейер перемещает груз в зону действия системы сканирования и автоматически останавливается. Система сканирования распознает объект по цвету и

происходит активация механизма сбрасывания для сброса объекта в определенный контейнер. Далее конвейер запускается. Затем участники кладут второй груз и цикл повторяется. Когда все грузы отсортированы, участники визуально убеждаются в отсутствии грузов на конвейере и выключают устройство из мобильного приложения.

- Для испытания используются четыре груза всех цветов. В испытании проверяются основные функции: запуск, остановка устройства из мобильного приложения, распознавание цветов четырех грузов разных цветов, сталкивание грузов в конкретные контейнеры. Эксперт жюри дает команду участникам для ввода двух цветов, на которые должен активироваться механизм сбрасывания, далее участники кладут два груза (вдоль конвейера с шагом не менее 3 см) на конвейер за пределами системы сканирования и запускают устройство из мобильного приложения. После включения конвейер перемещает грузы в зону действия системы сканирования и автоматически останавливается. Система сканирования распознает объекты по цвету и происходит активация механизма сбрасывания для сброса объектов в определенные контейнеры. Далее конвейер запускается. Затем участники кладут еще два груза и цикл повторяется. Когда все грузы отсортированы, участники визуально убеждаются в отсутствии грузов на конвейере и выключают устройство из мобильного приложения. Демонстрируется работоспособность устройства.

- Для испытания используются четыре груза всех цветов. В испытании проверяется возможность изменения выбора цветов в процессе работы устройства. Участники в мобильном приложении выбирают четыре цвета грузов, на которые должен активироваться механизм сбрасывания, далее кладут два груза (вдоль конвейера с шагом не менее 3 см) на конвейер за пределами системы сканирования и запускают устройство из мобильного приложения. После включения конвейер перемещает первый груз в зону действия системы сканирования и автоматически останавливается. Система

сканирования распознает объект по цвету и происходит активация механизма сбрасывания для сброса объекта в определенный контейнер. Далее конвейер запускается и перемещает второй груз в зону действия системы сканирования и автоматически останавливается. Система сканирования распознает объект по цвету и происходит активация механизма сбрасывания для сброса объекта в определенный контейнер. Далее конвейер запускается и работает непрерывно (так как нет грузов). Участники производят изменения цветов в мобильном приложении. Затем участники кладут другие два груза. Демонстрируется способность сортировки при изменении цветов в процессе работы устройства. Когда все грузы отсортированы, участники визуально убеждаются в отсутствии грузов на конвейере и выключают устройство из мобильного приложения.

Разработанная роботизированная система распределения грузов успешно прошла все испытания по описанному выше регламенту. С видеозаписью проведения экспериментальных исследований можно ознакомиться в источнике.

По результатам экспериментальных исследований была выявлена проблема в размерах моделей, с установкой шагового двигателя.

Заключение

Выявлена потребность в разработке роботизированной системы распределения грузов, позволяющая сформировать у обучающихся межпредметные комплексные профессиональные навыки в области механики, конструирования, электроники и схемотехники, 3D-моделирования и прототипирования. Проведенный обзор и анализ предметной области позволил сформулировать требования к разрабатываемому макету роботизированной системы распределения грузов и обосновать научную новизну работы.

Спроектирована кинематическая система устройства, разработана механика работы конвейерной ленты. Разработаны чертежи составных элементов, произведено 3D-моделирование составных частей, их прототипирование с использованием 3D-принтера, произведены интеграция и сборка физической модели макета.

Спроектированы и разработаны электрическая принципиальная и монтажная схемы устройства, произведено имитационное моделирование разработанных схем в системах tinkercad и fritzing. Произведено тестирование аппаратной части разработанного макета роботизированной системы распределения грузов.

Спроектированы и разработаны алгоритмы работы системы, разработано программное обеспечение, реализующее включение и выбор цветов грузов, а также выбор контейнеров, подсистемы распознавания цветов. Произведено экспериментальное исследование разработанной системы. Результатом работы проектной команды является устройство, полностью соответствующее предъявленным требованиям и функционирующее согласно предлагаемому регламенту испытаний. Разработанная система обладает необходимой функциональностью, готова к бесперебойной эксплуатации.

Видео работы устройства можно найти по ссылке <https://youtu.be/JSjx2MXPSsI>

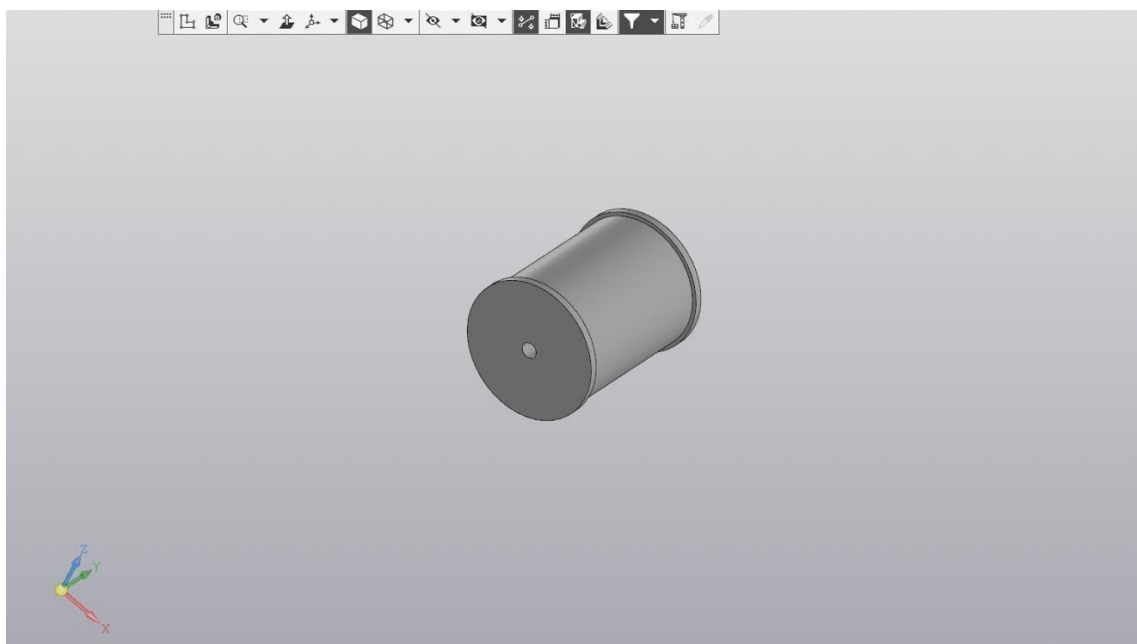
Список литературы

1. Tinkercad — это бесплатное веб-приложение для 3D-проектирования, работы с электронными компонентами и написания программного кода: сайт. – URL: <https://www.tinkercad.com/> (дата обращения: 20.01.2023)
2. TinkerCad — создание схем и Arduino проектов: сайт. – URL: <https://arduino-tex.ru/news/1/izuchaem-arduino-bez-arduino-s-pomoshchuyutinkercad-i-ego-servisov.html> (дата обращения: 20.01.2023)
3. Моделирование на UML: сайт. – URL: <http://book.uml3.ru/> (дата обращения: 25.01.2023)
4. Обучающие уроки и проекты для Arduino, ESP, Raspberry Pi: сайт. – URL: <https://lesson.iarduino.ru> (дата обращения: 20.01.2023)
5. Все о прототипировании: сайт. – URL: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base> (дата обращения: 20.02.2023)
6. КОМПАС-3D – это российская система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей: сайт. – URL: <https://kompas.ru/solutions/education/> (дата обращения: 25.01.2023)
7. Система контроля версия GitHub: сайт. – URL: <https://about.gitlab.com/> (дата обращения: 27.01.2023).
8. Документация по GitHub: сайт. – URL: <https://docs.github.com/ru/getstarted/quickstart/hello-world>
9. Ссылка на фотографии и видео: сайт. – URL: <https://github.com/Galinaabelyan/Pipot-team-1363>
10. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства Джереми Блум: сайт. – URL: <https://static-sl.insales.ru/files/1/3807/14634719/original/B-BHV-6735-part.pdf> (дата обращения: 20.01.2023)

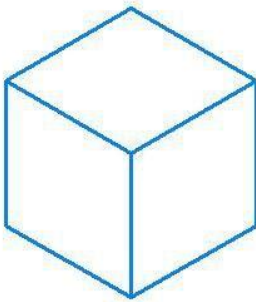
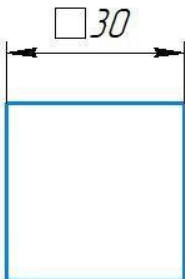
11. ПРОГРАММИРУЕМ ARDUINO. ОСНОВЫ РАБОТЫ СО СКЕТЧАМИ - МОНК САЙМОН: сайт. – URL: <https://siteknig.com/books/kompyutery-i-internet/programmirovanie/page-11281336-programmiruem-arduino-osnovy-raboty-so-sketchami-monk.html> (дата обращения: 25.01.2023)
12. Язык программирования C++. Лекции и упражнения: сайт. – URL: <https://lib.sibnet.ru/book/9606/> (дата обращения: 28.01.2023)
13. Яцек Галовиц. C++17 STL. Стандартная библиотека шаблонов: сайт. – URL: <https://litportal.ru/avtory/yacek-galovic-15687687/kniga-s-17-stlstandartnaya-biblioteka-shablonov-802416.html> (дата обращения: 15.01.2023)

Приложение №1. Чертежи деталей для устройства и фото моделей.





23

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="font-size: 2em; font-family: cursive;">Кудик</div> <div style="font-size: 1.5em; font-family: cursive;">PLA</div>	
Разраб.	Белокозь М. Е.		19.02.23			
Проб.	Артемов И. А.		19.02.23			
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Лист</div> <div>Листов 1</div> </div>	
					ГБОУ Школа №1363	

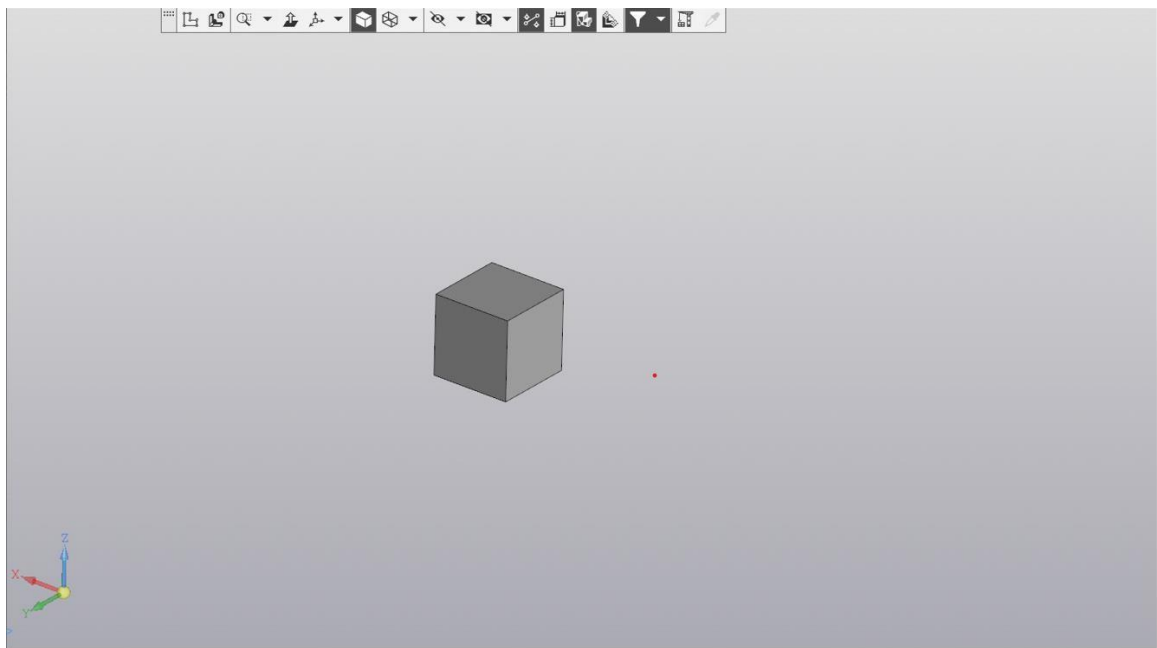


Рисунок 4. Кубик

Перв. примен.	Стр. №	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Инв. № подл.																																				
<p><i>Ось вала</i></p> <p><i>PLA</i></p>					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>		Лист	Листов	0	1																																
Лист	Листов																																									
0	1																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Изм.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">№ докум.</td> <td style="text-align: center;">Подп.</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Разраб.</td> <td style="text-align: center;">Белокань М.Е.</td> <td style="text-align: center;">9.02.23</td> <td style="text-align: center;">9.02.23</td> <td style="text-align: center;">9.02.23</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Проб.</td> <td style="text-align: center;">Артемов И.А.</td> <td style="text-align: center;">9.02.23</td> <td style="text-align: center;">9.02.23</td> <td style="text-align: center;">9.02.23</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Т.контр.</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Н.контр.</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Утв.</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.	Белокань М.Е.	9.02.23	9.02.23	9.02.23	Проб.	Артемов И.А.	9.02.23	9.02.23	9.02.23	Т.контр.					Н.контр.					Утв.					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Авт.</td> <td style="text-align: center;">Масса</td> <td style="text-align: center;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>		Авт.	Масса	Масштаб	0	1:1	1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																						
Разраб.	Белокань М.Е.	9.02.23	9.02.23	9.02.23																																						
Проб.	Артемов И.А.	9.02.23	9.02.23	9.02.23																																						
Т.контр.																																										
Н.контр.																																										
Утв.																																										
Авт.	Масса	Масштаб																																								
0	1:1	1																																								
<p>Не для коммерческого использования</p>					<p>Копировал</p> <p>Формат A4</p>																																					

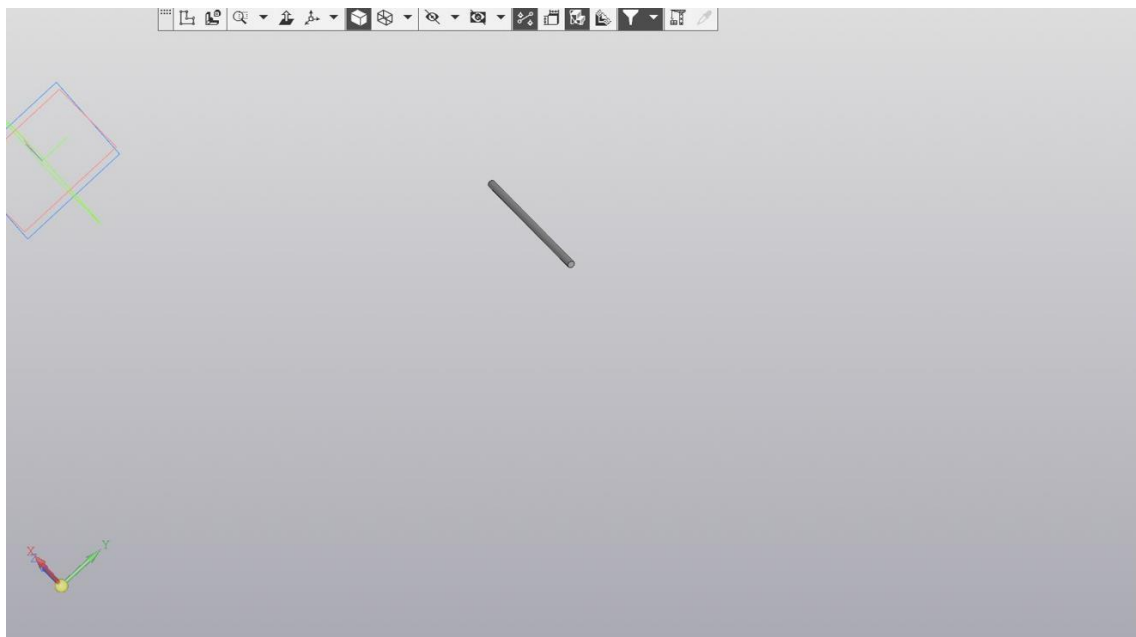


Рисунок 5. Ось вала

КМПАС-20-121 Учебная версия © 2022 ООО "АККОМ-Системы проектирования". Распространение и использование без разрешения ООО "АККОМ-Системы проектирования" запрещено. Не для коммерческого использования	Лист № 1 Дата: 10.10.2022	Проект № 1 Дата: 10.10.2022	Имя: Илья Фамилия: Артемов Имя: Илья Фамилия: Артемов	Подпись: [Подпись] Дата: 10.10.2022		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Лит.</th> <th>Масса</th> <th>Масштаб</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1:1</td> </tr> </table>	Лит.	Масса	Масштаб	0	0	1:1
Лит.	Масса	Масштаб										
0	0	1:1										
Ось двигателя					Лист 1 из 1							
PLA					ГБОУ Школа №1363							
Копировать					Формат A4							

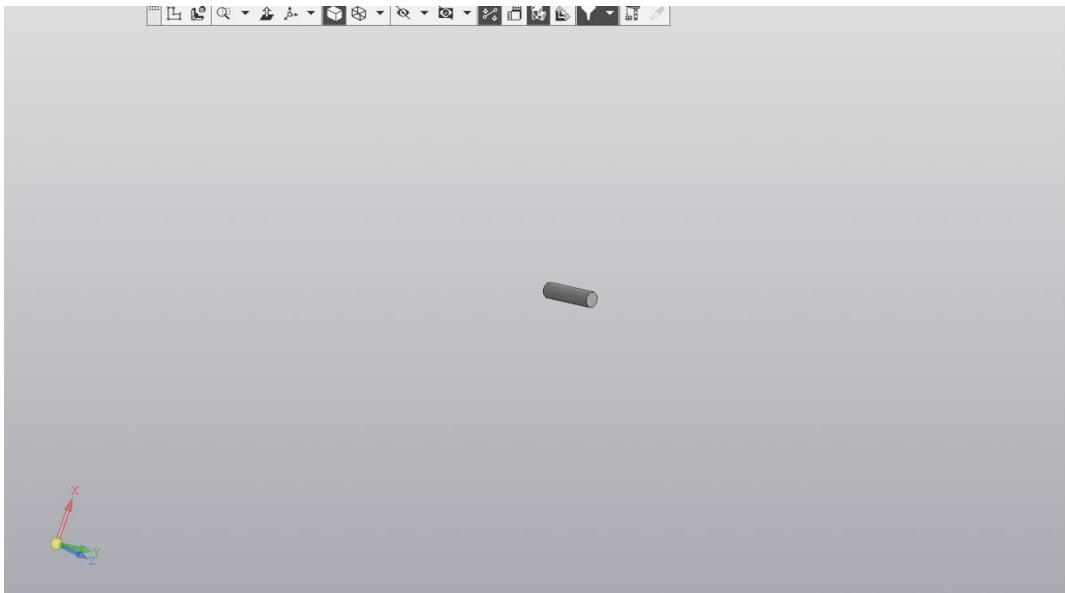
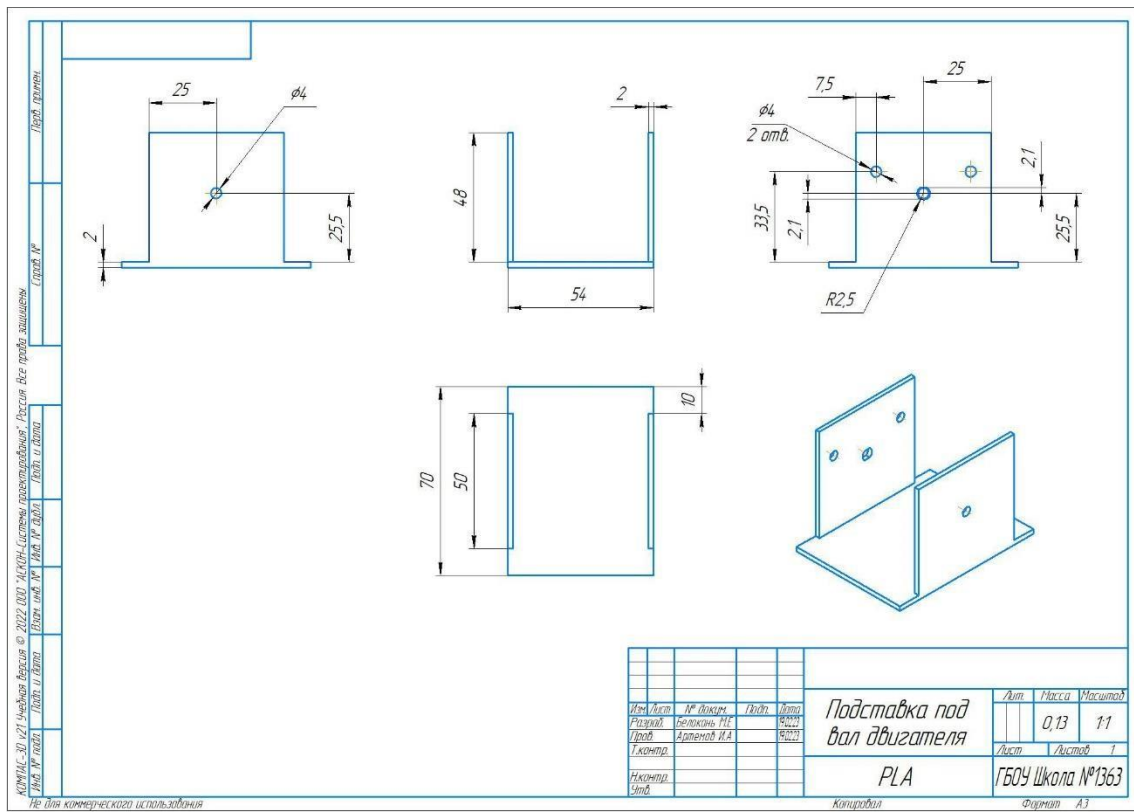


Рисунок 6. Ось двигателя



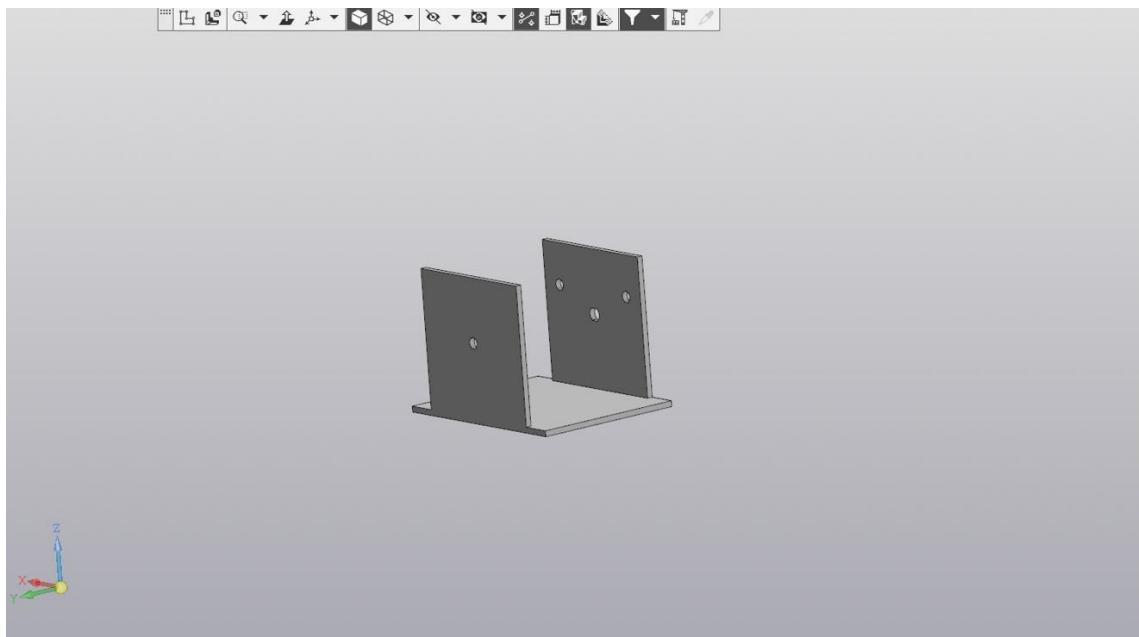
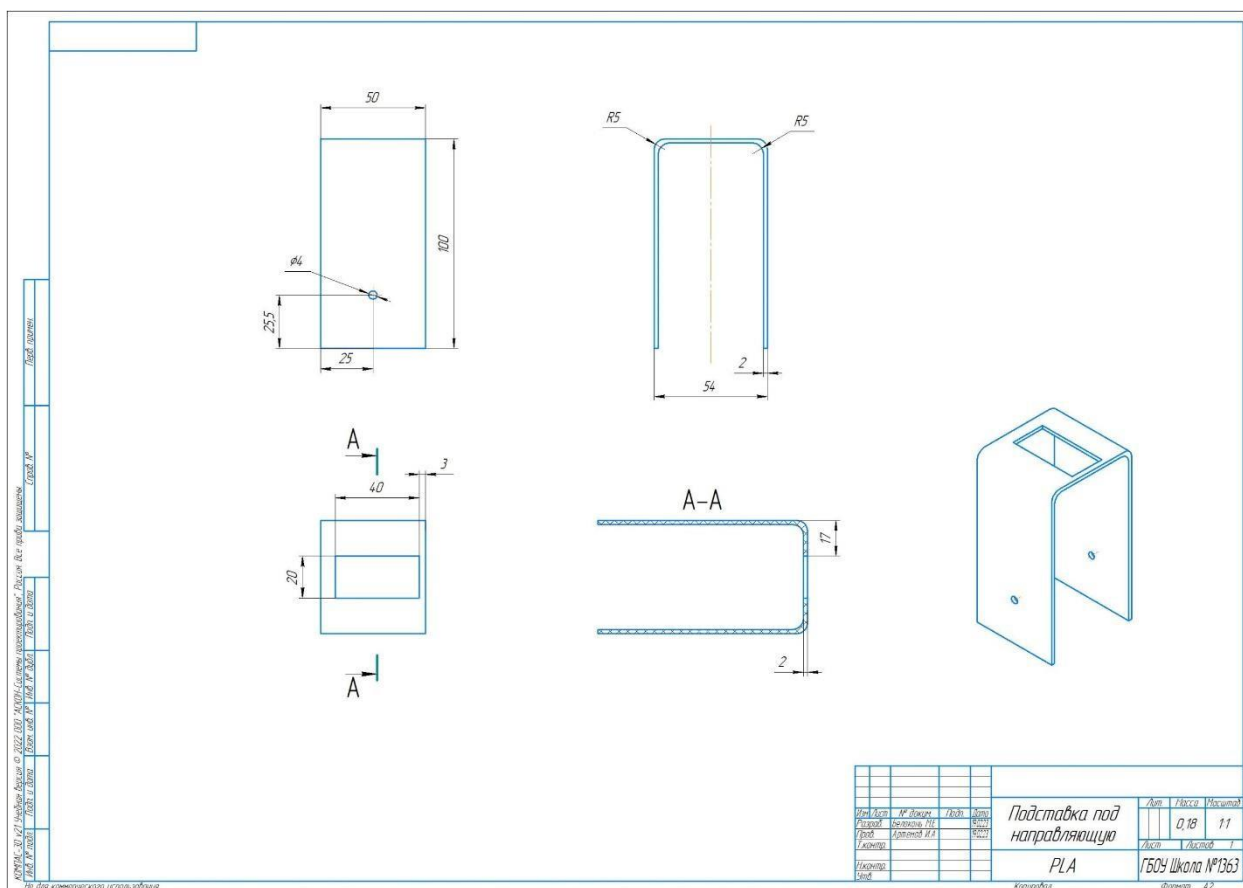


Рисунок 7. Подставка под вал двигателя



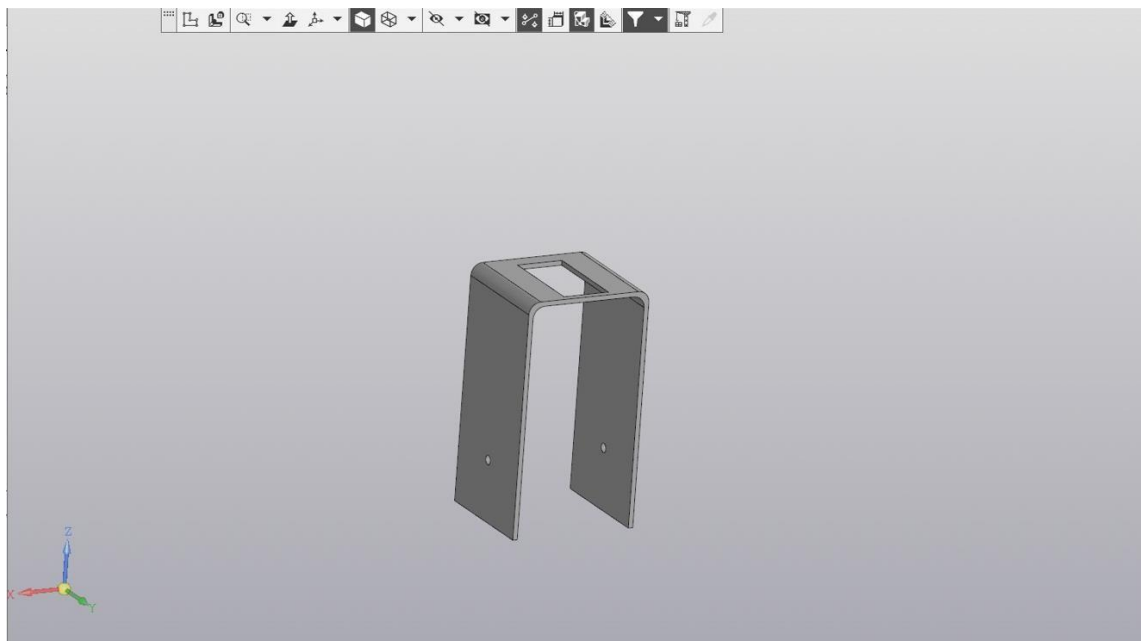
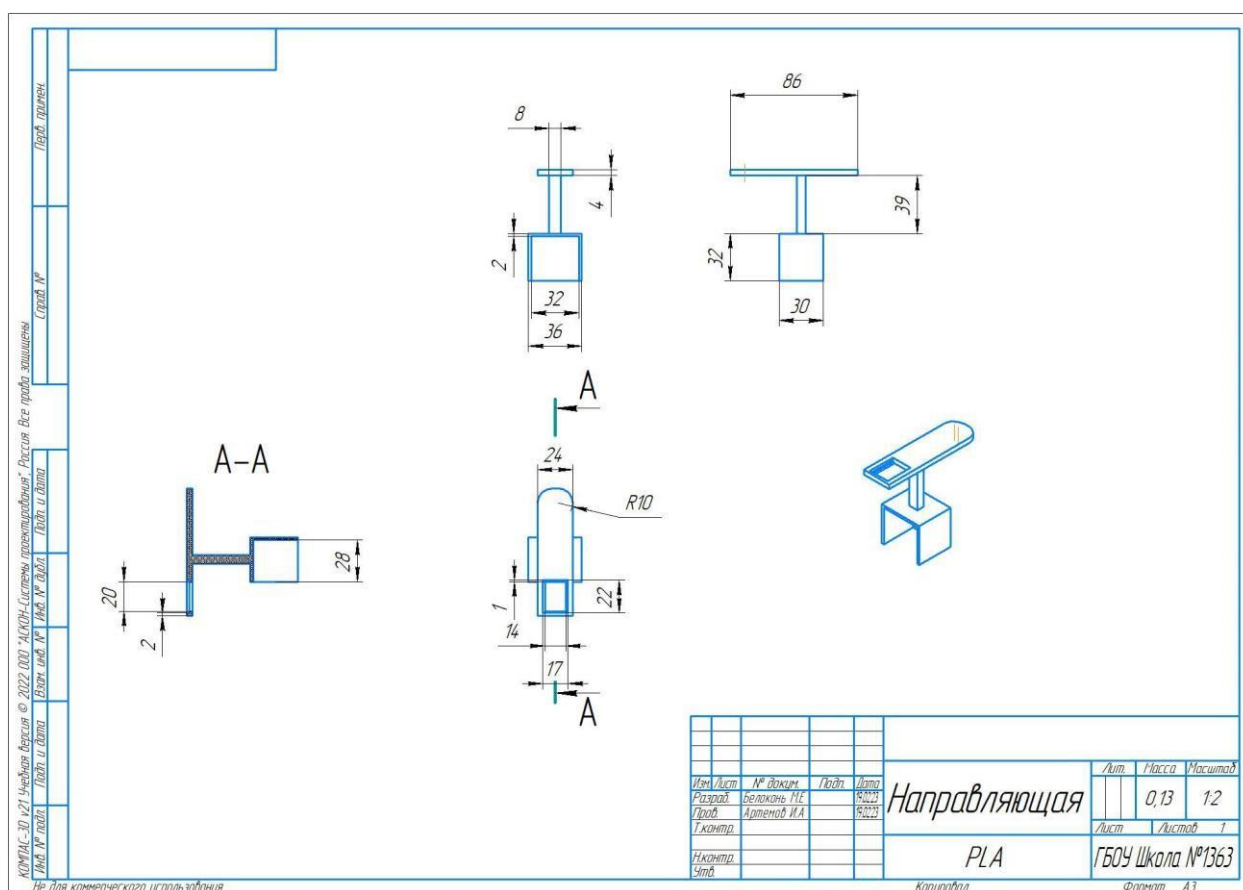


Рисунок 8. Подставка под направляющую



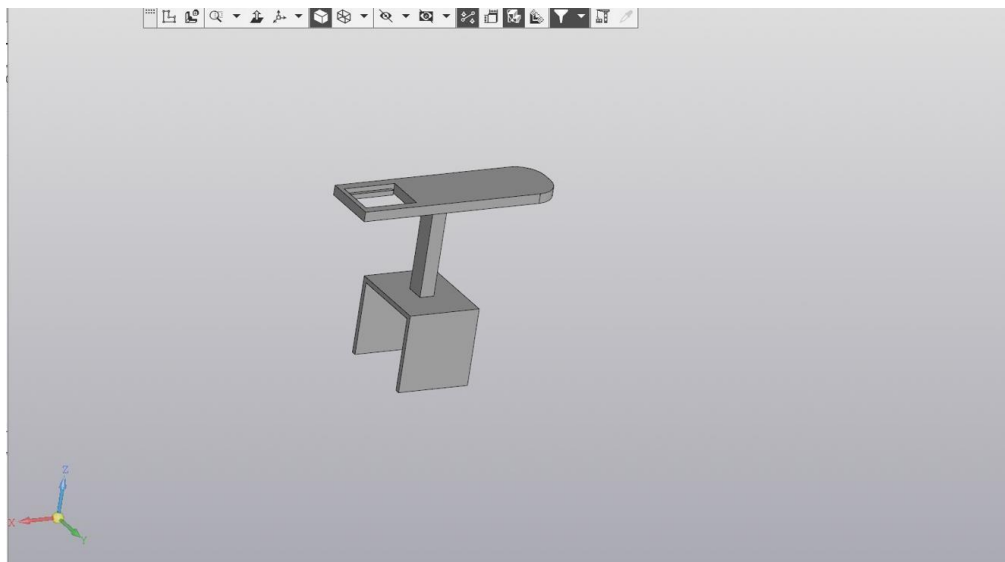
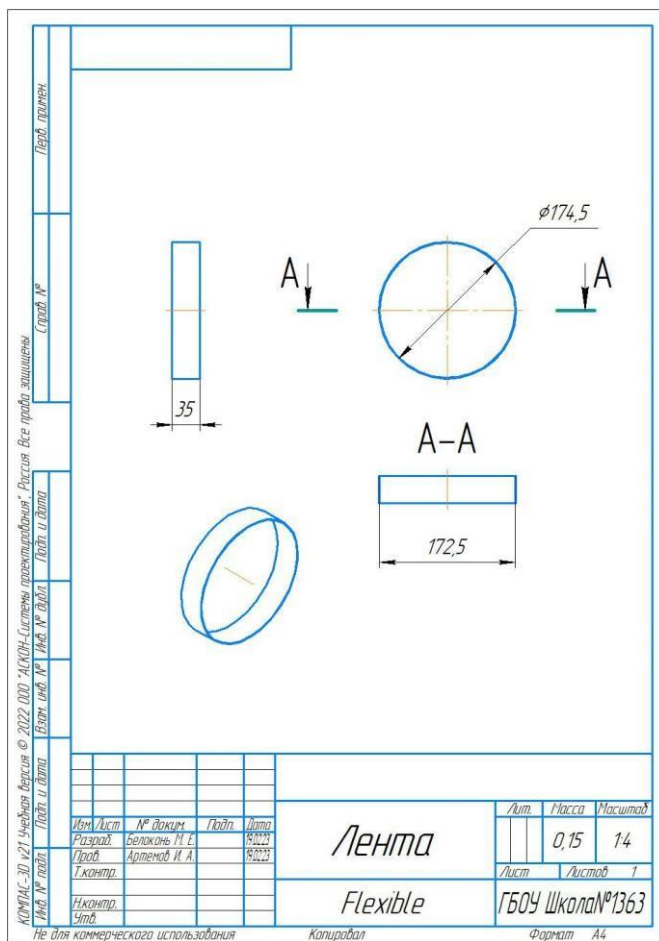


Рисунок 9. Направляющая



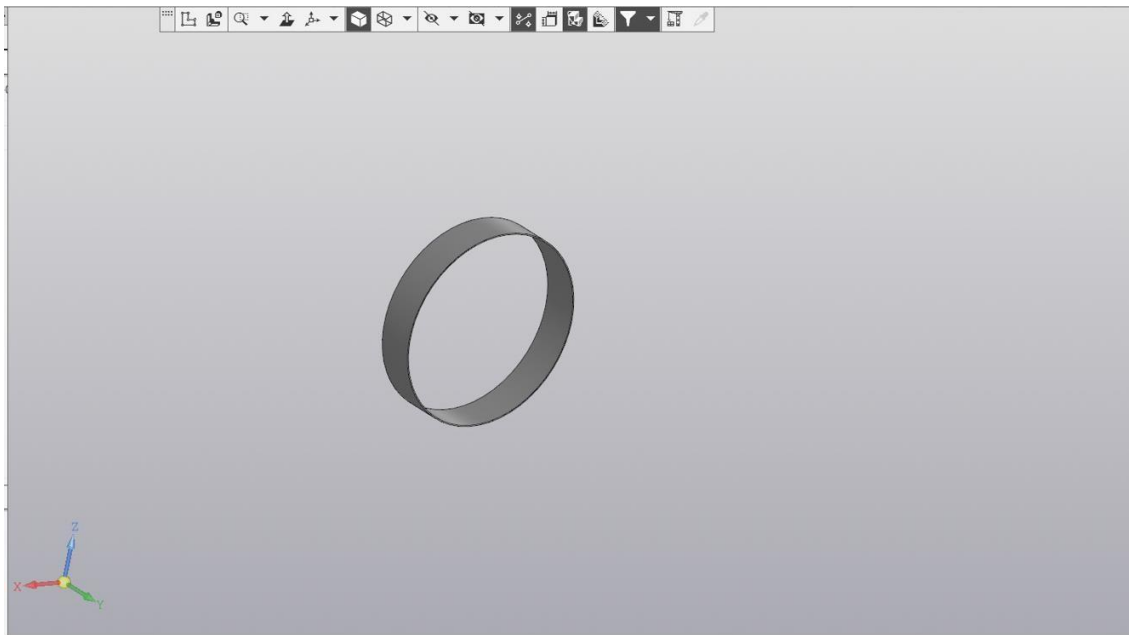
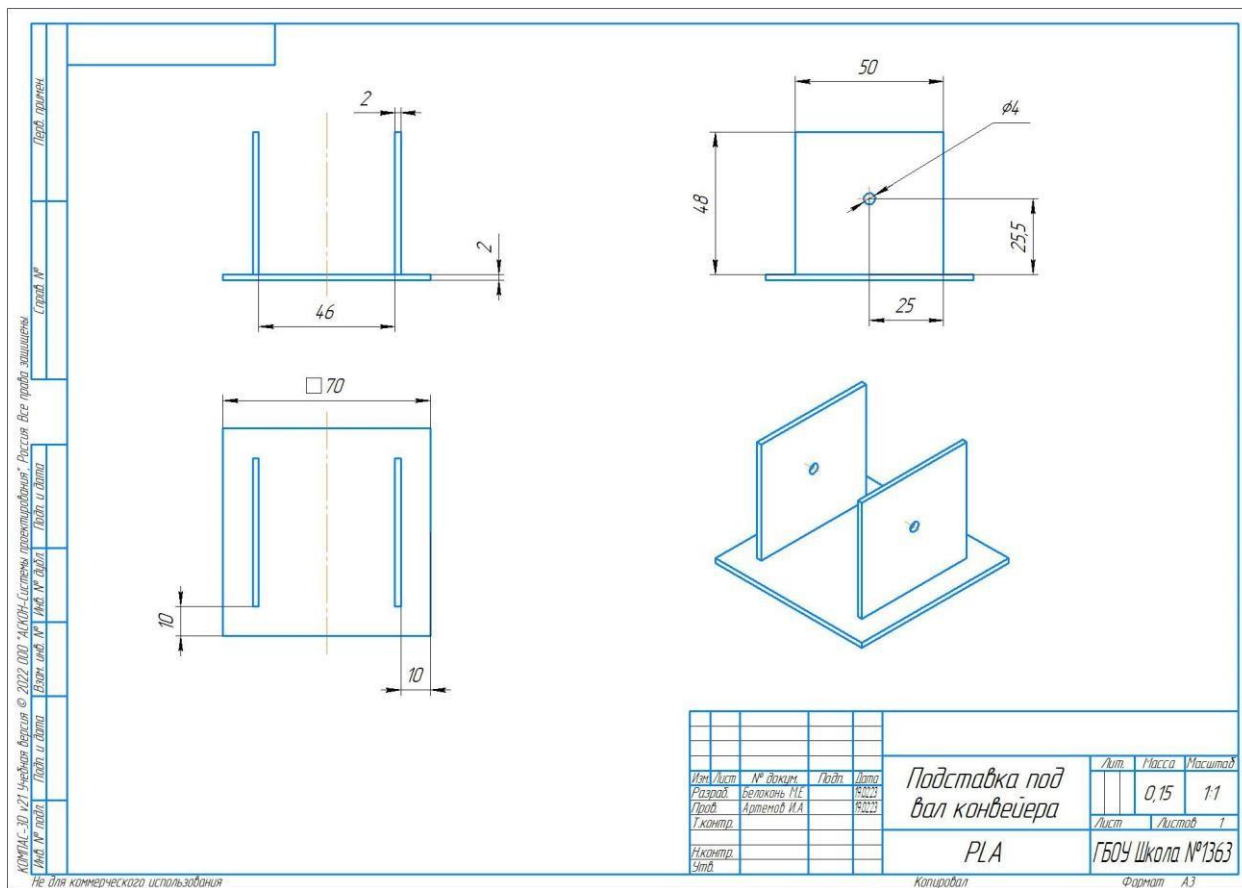


Рисунок 10. Лента



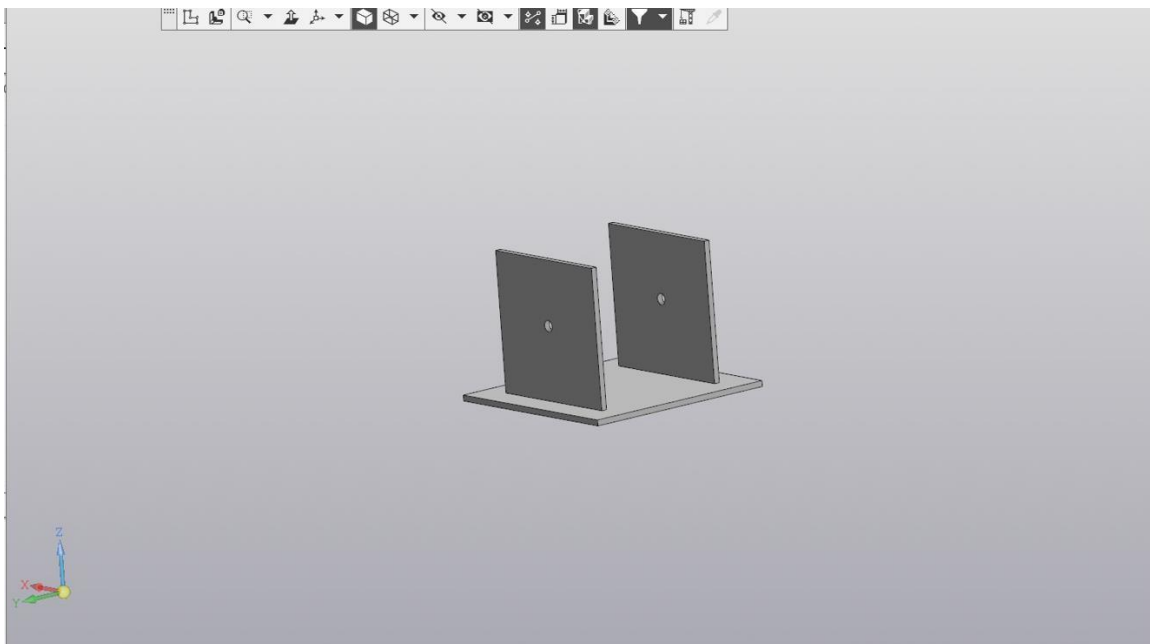
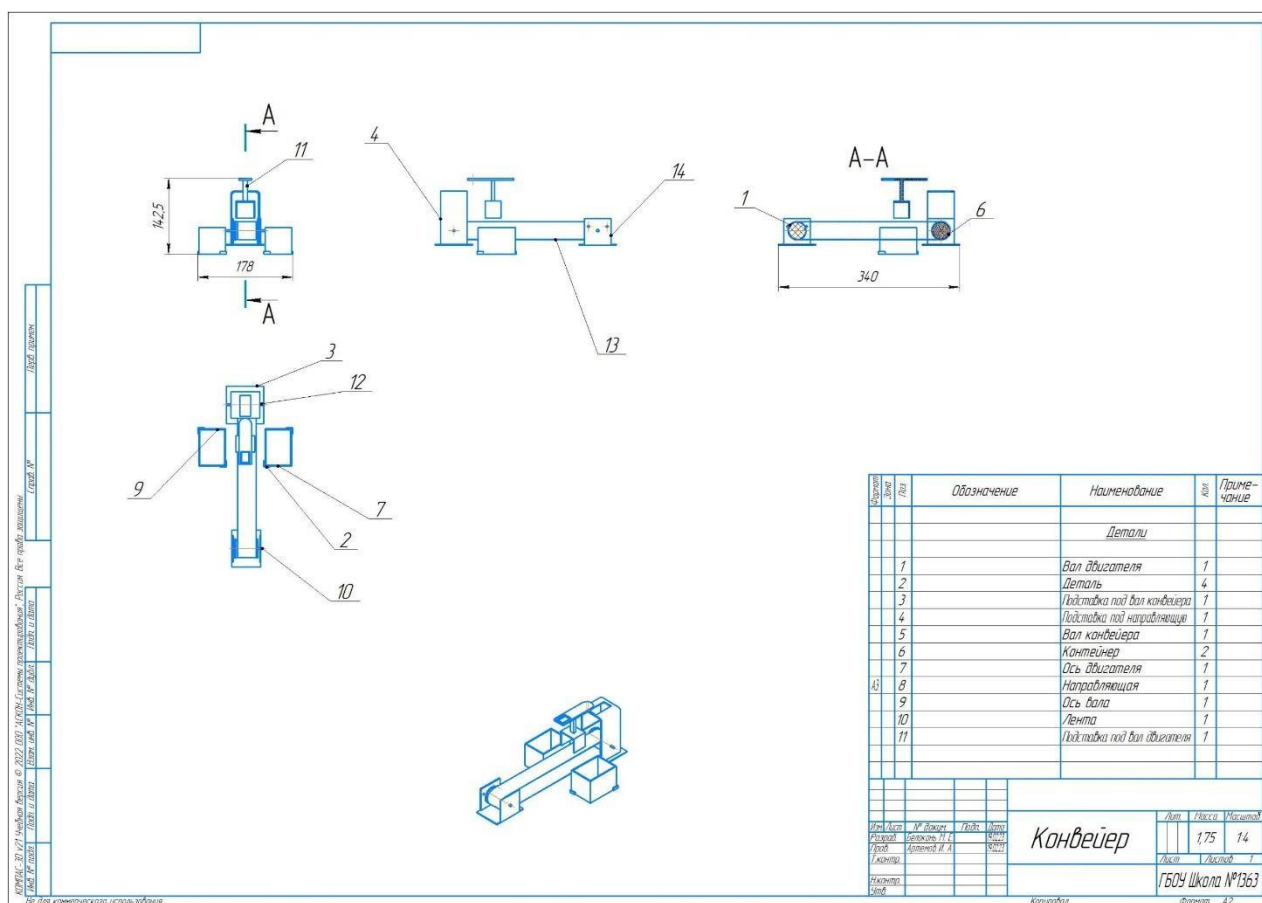


Рисунок 11. Подставка под вал конвейера



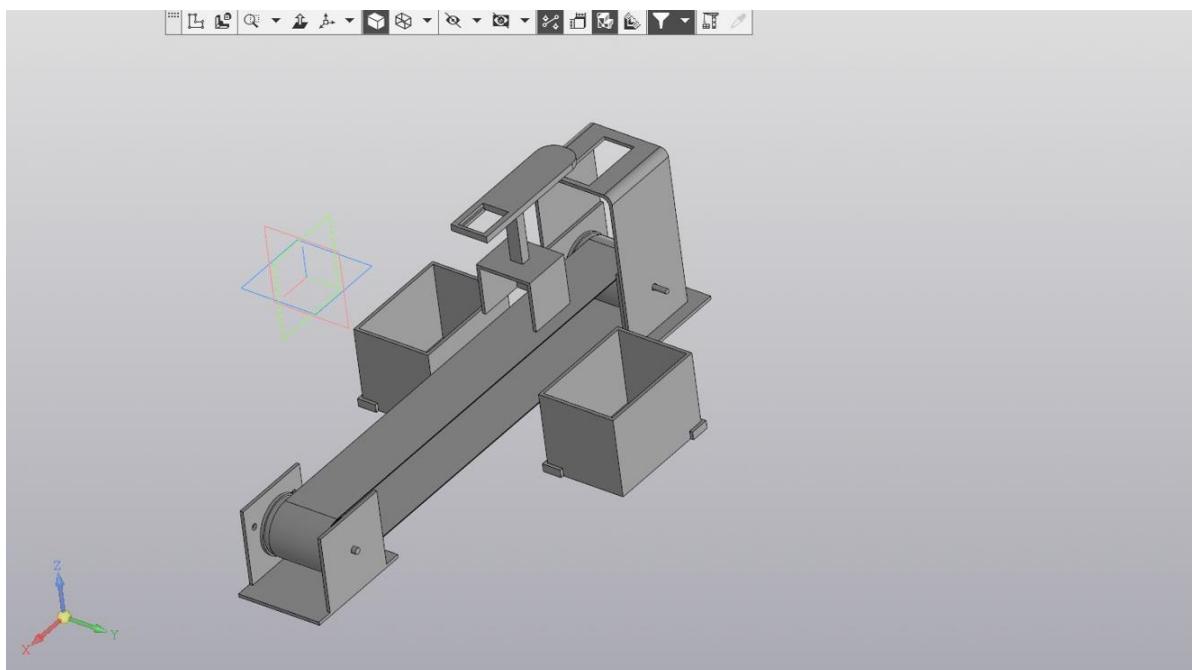


Рисунок 12. Устройство

Приложение №2. Листинг разработанного программного кода

```
1 // Подключаем библиотеки:
2 #include <Servo.h>
3 #include <Wire.h> // Для работы с шиной I2C
4 #include <SparkFun_APDS9960.h>
5 #define STEPS 4078
6 #include <Stepper_28BYJ.h>
7 SparkFun_APDS9960 apds = SparkFun_APDS9960(); // Для работы с датчиком APDS-9960
8 Stepper_28BYJ stepper(STEPS, 9, 10, 11, 12);
9
10 // Объявляем переменные:
11
12 uint16_t lightAmbient = 0; // Определяем переменную для хранения общей освещенности в люксах
13 uint16_t lightRed = 0; // Определяем переменную для хранения освещенности красного спектра в люксах
14 uint16_t lightGreen = 0; // Определяем переменную для хранения освещенности зеленого спектра в люксах
15 uint16_t lightBlue = 0; // Определяем переменную для хранения освещенности синего спектра в люксах
16 int grad45 = 4075.7728395 / 8;
17 int leftPos = 144;
18 int rightPos = 30;
19 int storona_red = 0;
20 int storona_green = 0;
21 int storona_blue = 0;
22 int storona_yellow = 0;
23
24 Servo sRotate;
25
26 void setup() {
27     Serial.begin(9600); // Устанавливаем скорость передачи в последовательный порт
28     sRotate.attach(13);
29     stepper.setSpeed(13); // Установка скорости
30     Serial.println("start");
31     digitalWrite(2, HIGH); // Включаем освещение для датчика
32 }
33
34 void loop() {
35     // Работа модуля
36     int bluetooth_val = Serial.read(); // Определяем переменную для хранения команд
37     Serial.println('bluetooth_val='+bluetooth_val);
38     if (bluetooth_val == 2){
39         storona_red = rightPos;
40     }
41     if (bluetooth_val == 3){
42         storona_red = leftPos;
43     }
44     if (bluetooth_val == 4){
45         storona_green = rightPos;
46     }
47     if (bluetooth_val == 5){
48         storona_green = leftPos;
49     }
50 }
```

Рисунок 1. Код программного обеспечения

```

46 if (bluetooth_val == 6){
47   storona_blue = rightPos;}
48 if (bluetooth_val == 7){
49   storona_blue = leftPos;}
50 if (bluetooth_val == 8){
51   storona_yellow = rightPos;}
52 if (bluetooth_val == 9){
53   storona_yellow = leftPos;}
54 // Читаем значения освещённости в переменные:
55 if(apds.readAmbientLight(lightAmbient)
56   && apds.readRedLight(lightRed)
57   && apds.readGreenLight(lightGreen)
58   && apds.readBlueLight(lightBlue)){
59   Serial.println("Red=" + lightRed + ", Green=" + lightGreen + ", Blue=" + lightBlue);
60   while ((bluetooth_val == 1)
61     && (bluetooth_val != 0) ){ // движение в направлении по часовой 1 оборот пока видна конвейерная лента
62     stepper.step(grad45);}
63 // работа датчика цвета
64 if ((55 < apds.readRedLight(lightRed) < 59)
65   && (55 < apds.readGreenLight(lightGreen) < 58)
66   && (44 < apds.readBlueLight(lightBlue) < 48)){ // rgb для красного кубика
67   digitalWrite(9, LOW);
68   digitalWrite(10, LOW);
69   digitalWrite(11, LOW);
70   digitalWrite(12, LOW);
71   delay(500);
72   sRotate.write(storona_red);
73   delay(1000);
74   sRotate.write(storona_red*-1);
75   delay(500);
76   digitalWrite(9, HIGH);
77   digitalWrite(10, HIGH);
78   digitalWrite(11, HIGH);
79   digitalWrite(12, HIGH);}
80 if ((33 < apds.readRedLight(lightRed) < 38)
81   && (36 < apds.readGreenLight(lightGreen) < 41)
82   && (44 < apds.readBlueLight(lightBlue) < 48)){ // rgb для зеленого кубика
83   digitalWrite(9, LOW);
84   digitalWrite(10, LOW);
85   digitalWrite(11, LOW);
86   digitalWrite(12, LOW);
87   delay(500);

```

Рисунок 2. Код программного обеспечения

```

88     sRotate.write(storona_green);
89     delay(1000);
90     sRotate.write(storona_green*-1);
91     delay(500);
92     digitalWrite(9, HIGH);
93     digitalWrite(10, HIGH);
94     digitalWrite(11, HIGH);
95     digitalWrite(12, HIGH);}
96 if ((20 < apds.readRedLight(lightRed) < 26)
97     && (25 < apds.readGreenLight(lightGreen) < 31)
98     && (34 < apds.readBlueLight(lightBlue) < 37)){ // rgb для синего кубика
99     digitalWrite(9, LOW);
100    digitalWrite(10, LOW);
101    digitalWrite(11, LOW);
102    digitalWrite(12, LOW);
103    delay(500);
104    sRotate.write(storona_blue);
105    delay(1000);
106    sRotate.write(storona_blue*-1);
107    delay(500);
108    digitalWrite(9, HIGH);
109    digitalWrite(10, HIGH);
110    digitalWrite(11, HIGH);
111    digitalWrite(12, HIGH);}
112 if ((55 < apds.readRedLight(lightRed) < 60)
113     && (45 < apds.readGreenLight(lightGreen) < 50)
114     && (54 < apds.readBlueLight(lightBlue) < 58)){ // rgb для желтого кубика
115     digitalWrite(9, LOW);
116     digitalWrite(10, LOW);
117     digitalWrite(11, LOW);
118     digitalWrite(12, LOW);
119     delay(500);
120     sRotate.write(storona_yellow);
121     delay(1000);
122     sRotate.write(storona_yellow*-1);
123     delay(500);
124     digitalWrite(9, HIGH);
125     digitalWrite(10, HIGH);
126     digitalWrite(11, HIGH);
127     digitalWrite(12, HIGH);}
128 }
129 // Приостанавливаем выполнение скетча на 1 секунду, чтобы не перегружать шину I2C постоянными запросами:
130 delay(1000);
131 }

```

Рисунок 3. Код программного обеспечения

Приложение №3. Фотографии устройства и его составных частей.



Рисунок 1. Контейнеры

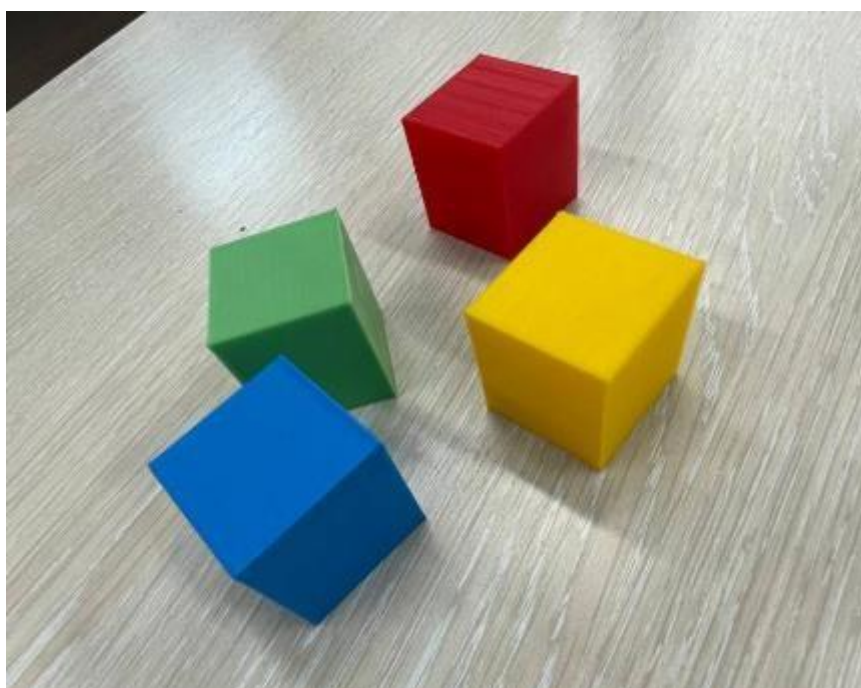


Рисунок 2. Кубики



Рисунок 3. Лапка



Рисунок 4. Подставка под направляющую



Рисунок 5. Подставка под вал двигателя



Рисунок 6. Подставка под вал конвейера



Рисунок 7. Вал двигателя

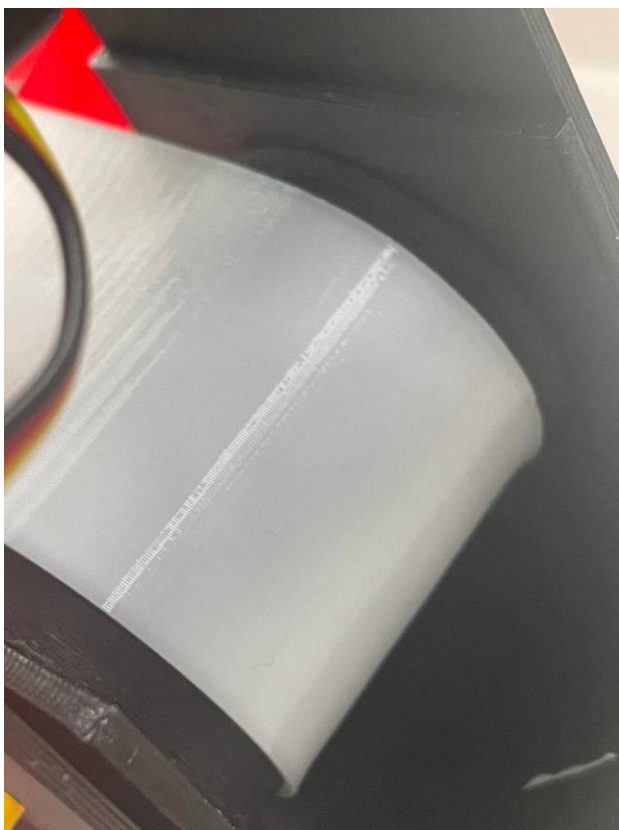


Рисунок 8. Вал конвейера

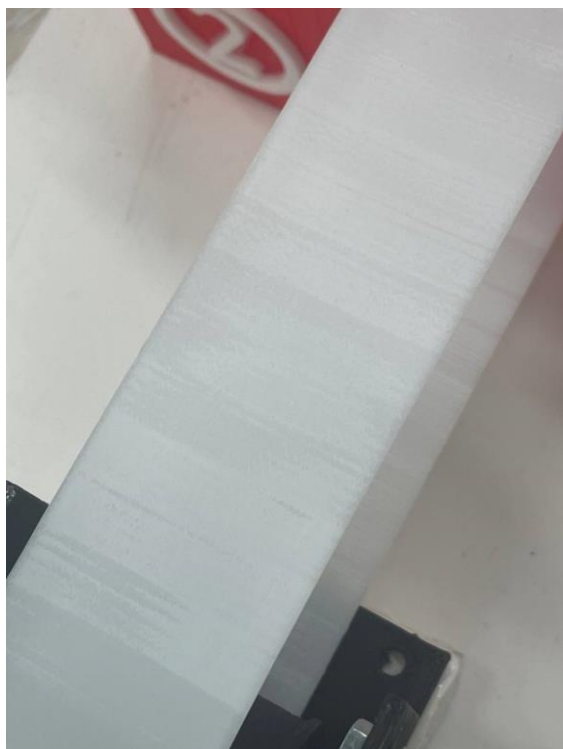


Рисунок 9. Лента