**Международный**

**конкурс исследовательских работ школьников «Research start»**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

*Название работы:*

**«Модель беспилотного трактора»**

Автор(ы) работы:

Кучкин Виктор Николаевич, XI«А» класс

Государственное учреждение

образования «Средняя школа №28 г.

Могилева»,

Трушкин Артём Сергеевич, XI«А» класс

Государственное учреждение

образования «Средняя школа №28 г.

Могилева»

Руководитель работы:

Судник Елена Вадимовна, учитель информатики, Государственное

учреждение образования «Средняя школа

№28 г. Могилева»

г. Могилев

ОГЛАВЛЕНИЕ

[АННОТАЦИЯ 3](#_Toc160565366)

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc160565367)

[Глава 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 6](#_Toc160565368)

[1.1 Компонентная база модели беспилотного трактора 6](#_Toc160565369)

[1.2 Описание компонентов модели беспилотного трактора 6](#_Toc160565370)

[1.2.1 Основные компоненты модели беспилотного трактора 6](#_Toc160565371)

[1.2.2. Компоненты батареи модели трактора 6](#_Toc160565372)

[1.3 Электрическая схема модели беспилотного трактора 6](#_Toc160565373)

[1.4 3D моделирование 7](#_Toc160565374)

[Глава 2 ПРОГРАММИРОВАНИЕ 8](#_Toc160565375)

[Глава 3 ТЕСТИРОВАНИЕ РАБОТЫ МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО ТРАКТОРА 13](#_Toc160565376)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 14](#_Toc160565377)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 15](#_Toc160565378)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 16](#_Toc160565379)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 19](#_Toc160565380)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 20](#_Toc160565381)

# АННОТАЦИЯ

В процессе исследовательской работы создана модель беспилотного трактора на базе платы Arduino UNO, работающего от электричества, который позволяет уменьшить выброс вредных веществ в атмосферу, а также привлечь молодых и успешных специалистов для работы в сельскохозяйственной отрасли. Смоделированы и распечатаны на 3D принтере элементы корпуса. Написан код программы для платы Arduino UNO. Работа модели беспилотного трактора протестирована. По результатам тестирования сделаны выводы и определен ряд перспектив:

1. Модернизировать переднюю рулевую ось, для уменьшения угла и радиуса разворота
2. Добавить 2 ультразвуковых датчика расстояния (по одному с каждой боковой стороны) для более корректного объезда препятствий и т.д.

Проблема, которая послужила поводом к проведению исследования ­– острая нехватка специалистов в сельскохозяйственной отрасли. Об этом свидетельствует следующая статистика: в апреле 2021 года сельское хозяйство нуждалось в 1,5 тыс. трактористов-машинистов, а в марте 2023 года дефицит этих же работников составил 3 тысячи человек [9, 4].

Объект исследования: модель беспилотного трактора.

Цель исследования – создание модели беспилотного трактора с использованием языка программирования Arduino Wiring.

Предмет исследования: возможности и особенности языка программирования Arduino Wiring для создания модели беспилотного трактора.

Исходя из приведенных данных понятно, что автоматизация сельскохозяйственных работ сегодня является как никогда важной и актуальной проблемой. Беспилотные тракторы не смогут полностью заменить человека, но, по мнению авторов, острую проблему нехватки кадров решить помогут.

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно обойтись без технических разработок. Техника, необходимая человеку, – это всё окружающее, созданное с помощью физических и умственных возможностей людей с применением компьютерных технологий: телевизоры, телефоны, машины, компьютеры. Одним словом, всё то, что использует человек каждый день. Поэтому во многом современный мир людей заключается в создании технологий, облегчающих труд и создающих комфортные условия для человечества. Одной из новейших разработок в современном мире является создание электромобилей, а также автомобилей, способных перемещаться без непосредственного участия человека. Одним из таких направлений является создание беспилотного автомобиля. Новейшие технологии также не обходят стороной и сельское хозяйство. Так Минский тракторный завод в 2021 году представил свой беспилотный трактор, движение которого осуществляется за счет дизельного топлива. Мы же, в свою очередь, решили разработать макет беспилотного трактора, работающего от электричества, что позволит уменьшить выброс вредных веществ в атмосферу, а также привлечь молодых и умных специалистов для работы в сельскохозяйственной отрасли.

Цель исследования – создание модели беспилотного трактора с использованием языка программирования Arduino Wiring.

Задачи:

1. Собрать модель беспилотного трактора на базе платы Arduino UNO
2. Написать код программы для платы Arduino UNO
3. Протестировать работу модели беспилотного трактора

Гипотеза: создавая беспилотный трактор на базе платформы Arduino, мы облегчаем труд трактористов-машинистов, уменьшаем количество выбросов вредных веществ в атмосферу, что положительно отразится на состоянии экологии в будущем.

Объект исследования: модель беспилотного трактора.

Предмет исследования: возможности и особенности языка программирования Arduino Wiring для создания модели беспилотного трактора.

Методы исследования: анализ, алгоритмизация, моделирование, тестирование.

Актуальность темы исследования состоит в том, что в сельском хозяйстве давно существует проблема — острая нехватка специалистов. Об этом свидетельствует следующая статистика: в апреле 2021 года сельское хозяйство нуждалось в 1,5 тыс. трактористов-машинистов, а в марте 2023 года дефицит этих же работников составил 3 тысячи человек [9, 4]. Исходя из приведенных данных понятно, что автоматизация сельскохозяйственных работ сегодня является как никогда важной и актуальной проблемой. Беспилотные тракторы не смогут полностью заменить человека, но острую проблему нехватки кадров решить помогут. Этим машинам достаточно «дать задание», и они будут его выполнять, однако за работой тракторов в целях безопасности всё равно необходимо следить дистанционно. Таким образом, за счет того, что человек, находясь в офисе, сможет следить сразу за несколькими тракторами, снизится дефицит рабочих минимум в 2 раза, а также снизится количество необработанных земель в Республике.

# Глава 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

* 1. Компонентная база модели беспилотного трактора

Модель беспилотного трактора собрана на базе платы Arduino UNO. Движение осуществляется с помощью шагового двигателя Nemo 17 и драйвера для него L298N, поднимание/опускание плуга, поворот передней оси происходит за счет сервомоторов SG90 и MG996R соответственно. Для передачи данных используется bluetooth модуль HC-06. Для определения препятствий в передней части модели трактора стоит ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04. Питание модели беспилотного трактора осуществляется за счет собранной батареи на 16,8В и батареи типа «крона» на 9В.

* 1. Описание компонентов модели беспилотного трактора
     1. Основные компоненты модели беспилотного трактора

Для управления трактором применяется плата Arduino UNO — устройство на основе микроконтроллера ATmega328. В его состав входят 14 цифровых входов/выходов (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем USB, разъем питания, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса.

При сборке модели беспилотного трактора использовались следующие компоненты: плата Arduino UNO, шаговый двигатель Nema17 17HS4023, драйвер L298N, сервопривод SG90, сервопривод MG 996R, Bluetooth модуль HC-06, ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 [ПРИЛОЖЕНИЕ А].

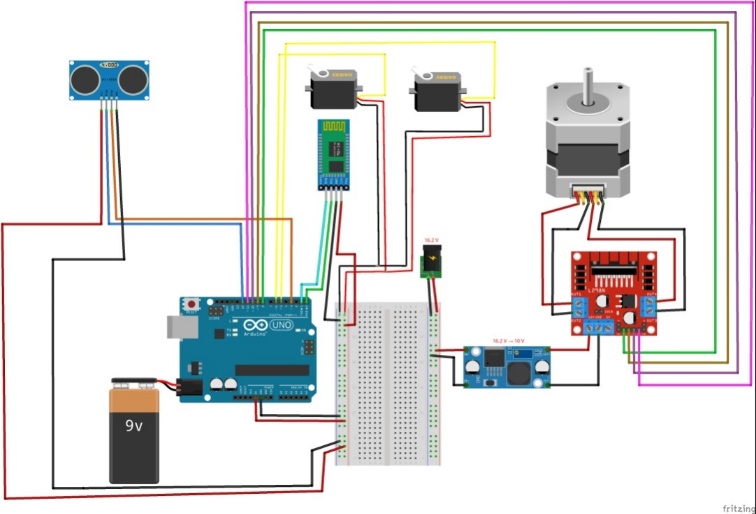
# 1.2.2. Компоненты батареи модели трактора

Для сборки аккумуляторной батареи понадобилось: 4 последовательно соединенных аккумулятора типа 18650, плата BMS, понижающий преобразователь LM2596S [ПРИЛОЖЕНИЕ Б].

* 1. Электрическая схема модели беспилотного трактора

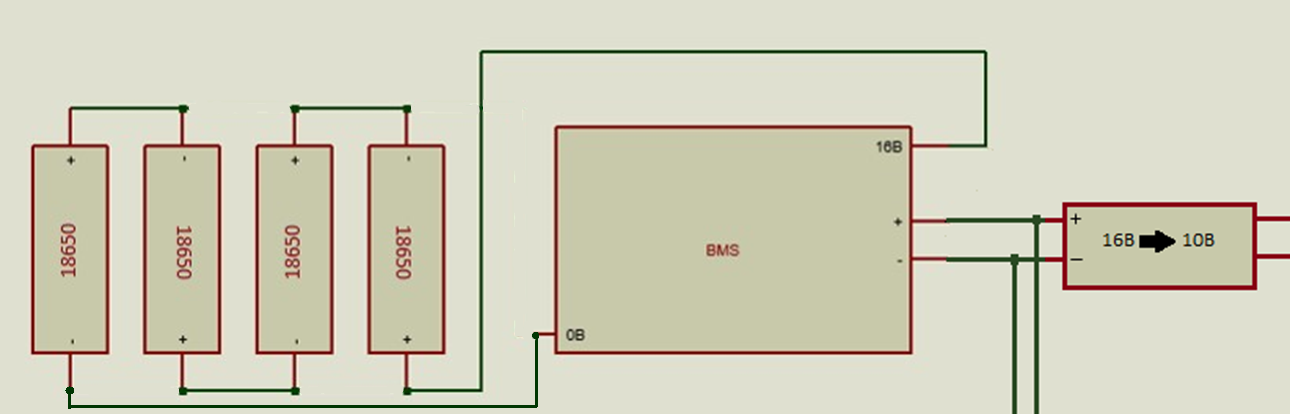
Электрические схемы аккумуляторной сборки и соединения основных компонентов модели беспилотного трактора созданы в программах Fritzing (Рисунок1.1) и Proteus 8 (Рисунок 1.2).

Исходя из схемы подключения основных компонентов, видно, что для корректной работы все компоненты подключены к общим контактам питания. Для правильной работы шагового двигателя, минусовой контакт питания его драйвера также подключен к общей минусовой шине. Питание этого драйвера осуществляется от аккумуляторной сборки через понижающий модуль на 10В.Для управления шаговым двигателем с его драйвера отходят контакты IN1, IN2, IN3, IN4, которые подключены к 8, 9, 10, 11 пинам на Arduino соответственно. Контакт Trig ультразвукового датчика расстояния подключен к 12 пину на Arduino, контакт Echo этого датчика подключен к 3 пину. Контакт TXbluetooth модуля подключен к пинуRX на Arduino, контакт RXbluetooth модуля подключен к пинуTX на Arduino. Сигнальный контакт сервопривода, который управляет положением передней оси колёс, подключен к 5 пину Arduino, сигнальный контакт сервопривода, который управляет подниманием/опусканием плуга подключен к 6 пину.



*Рисунок1.1 – Электрическая схема основных компонентов*

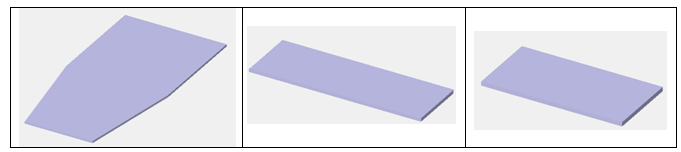
Аккумуляторная сборка (батарея) состоит из 4 аккумуляторов типа 18650, подключенных последовательно, что на выходе дает 16,8В при полностью заряженных аккумуляторах. Для защиты всех аккумуляторов от перезаряда и переразряда стоит плата защиты BMS, характеристики которой указаны в Приложении А.



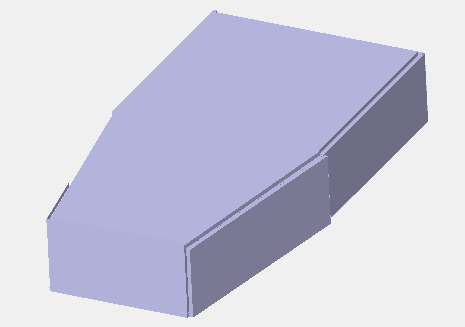
*Рисунок 1.2 – Электрическая схема аккумуляторной батареи*

# 3D моделирование

Для сборки модели беспилотного трактора были смоделированы и распечатаны на 3D принтере элементы корпуса, для чего использовались следующие программы: DesignSparkMechanical для создания 3Dмодели и Cura для настройки печати. Визуальное отображение деталей перед 3D печатью показаны на рисунках 1.3 и 1.4.

**

*Рисунок 1.3 – Визуальное отображение деталей перед 3D печатью*

**

*Рисунок 1.4 – Готовая сборка корпуса*

# Глава 2 ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Программа для модели беспилотного трактора написана на языке программирования Arduino Wiring, который представляет собой язык C++ с фреймворком Wiring с особенностями, облегчающими написание программы. Имеется набор библиотек, включающий в себя функции и объекты. При компиляции программы IDE создает временный файл с расширением .cpp [1]. Arduino Wiring является самым простым и удобным языком программирования для плат Arduino. Данный язык используется в самых различных Arduino-проектах. Платы Arduino можно запрограммировать, не только используя Arduino Wiring. Однако, следует отметить, что данный язык программирования является основным и самым распространенным.

Плюсы Arduino Wiring:

* простота изучения и использования;
* распространенность;
* универсальность (подходит для различных задач);
* разнообразие дополнительных библиотек.

Программа для модели беспилотного трактора написана в среде программирования Arduino IDE. В начале программы происходит объявление номеров пинов для ультразвукового датчика расстояния, объявление и настройка сервоприводов и шагового двигателя (Рисунок 2.1).

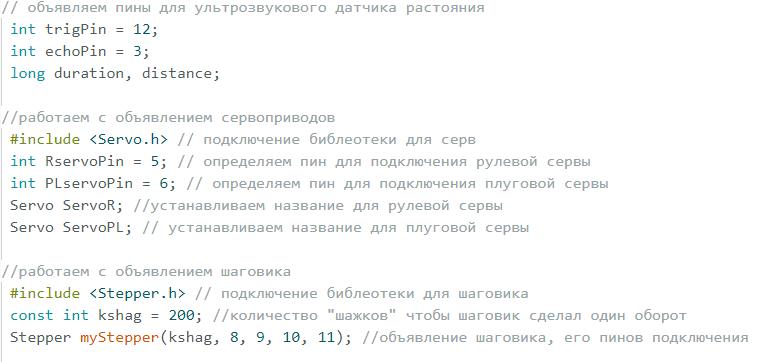


Рисунок 2.1 – Начало программы (объявление и настройка ультразвукового датчика расстояния, сервоприводов и шагового двигателя)

После объявления датчика расстояния, сервоприводов и шагового двигателя, идёт объявление переменных (Рисунок 2.2).

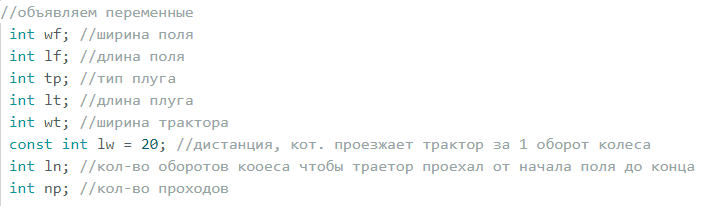


Рисунок 2.2 – Объявление переменных

После объявления переменных, идет настройка порта ввода/вывода информации и настройка пинов ультразвукового датчика расстояния (Рисунок 2.3).

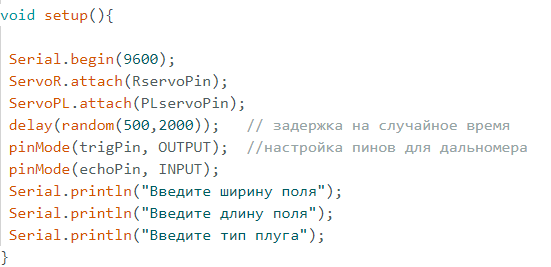


Рисунок 2.3 – Настройка порта ввода/вывода, пинов датчика расстояния

Затем идет опрос порта ввода/вывода информации. Пользователь вводит значения ширины и длины поля, номер плуга (Рисунок 2.4).

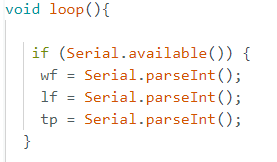


Рисунок 2.4 – Опрос порта ввода/вывода информации

После того, как в программу занесены значения ширины и длины поля, номер плуга, начинается главная часть программы: с помощью циклов for трактор начинает ехать прямо, затем разворачивается вправо и начинает ехать к противоположному концу поля, после чего разворачивается влево. (Рисунки 2.5, 2.6).

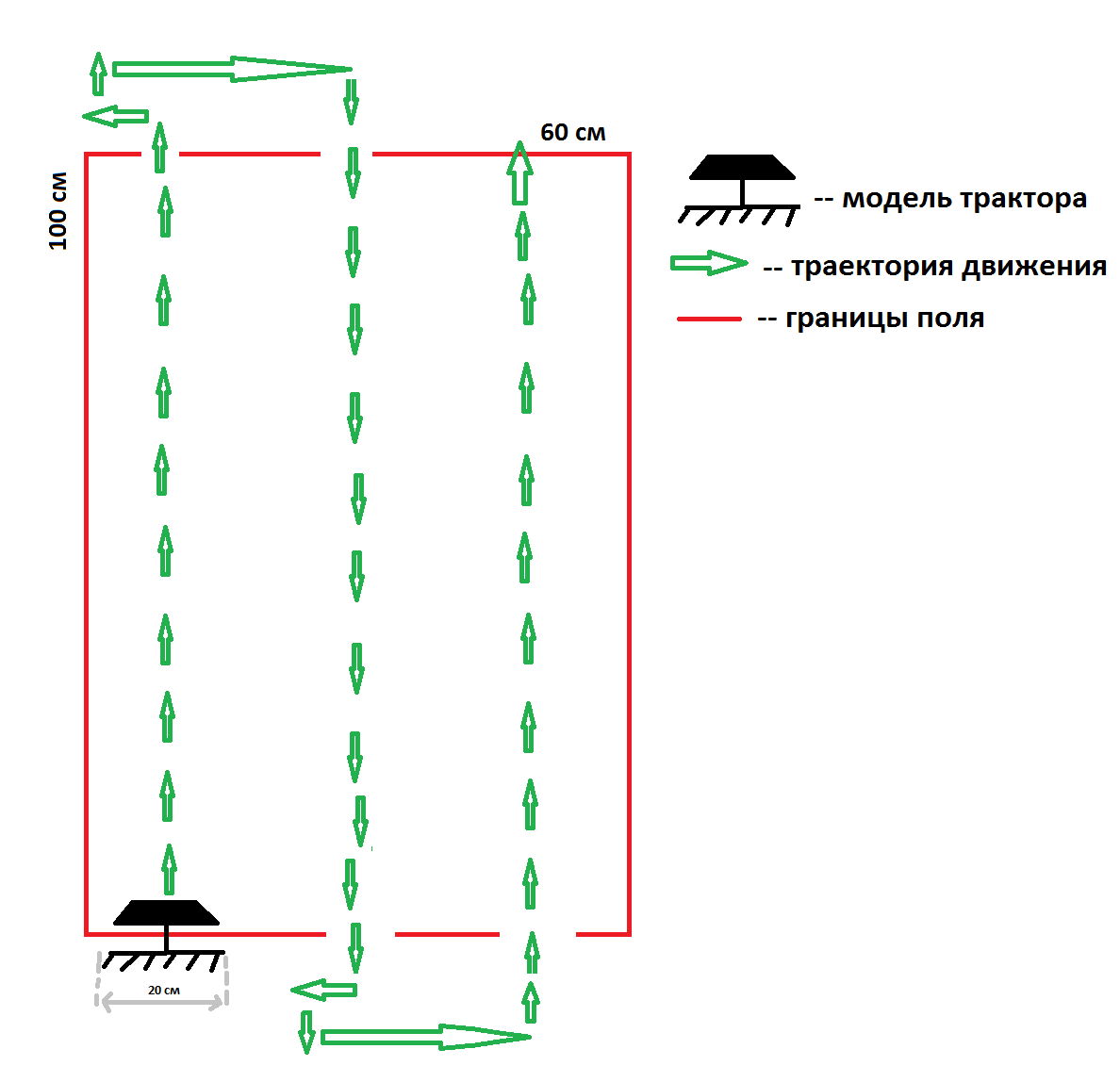


Рисунок 2.5 – Схема движения трактора

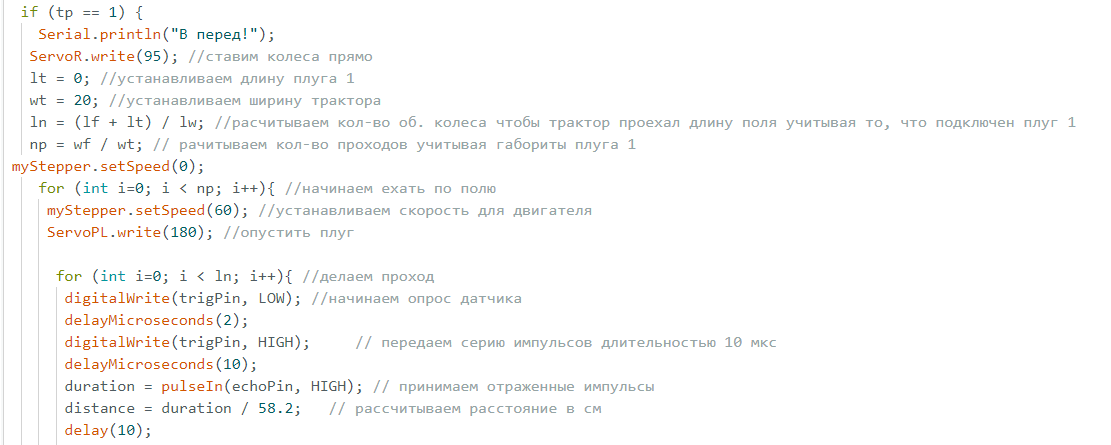


Рисунок 2.6 – Часть основного участка кода

Если во время прохода трактор заметил препятствие, то он начнет его объезжать (Рисунки 2.7, 2.8).

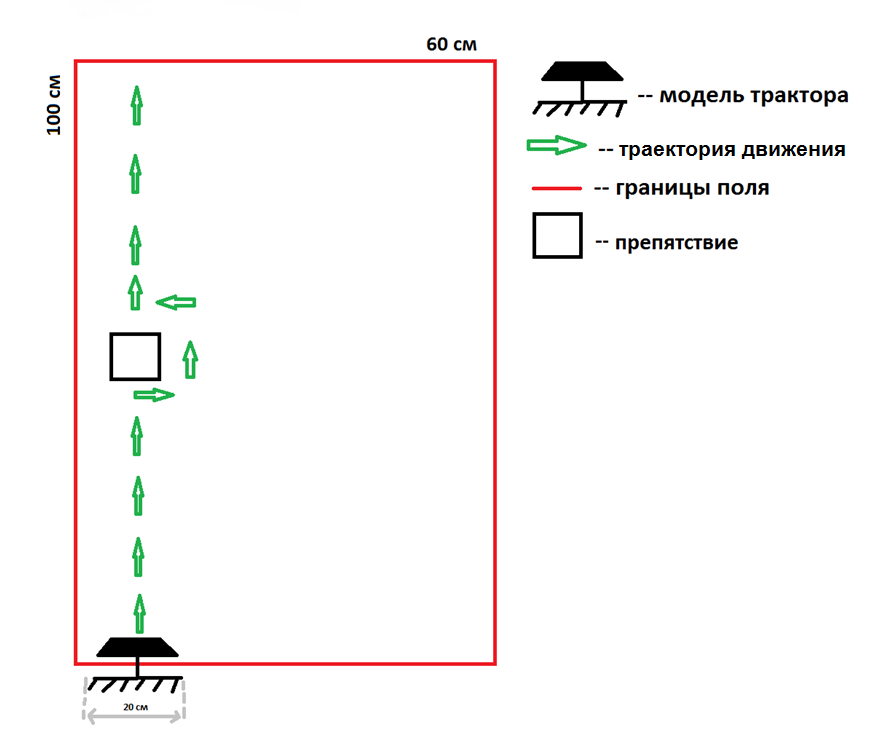


Рисунок 2.7 – Схема объезда препятствия

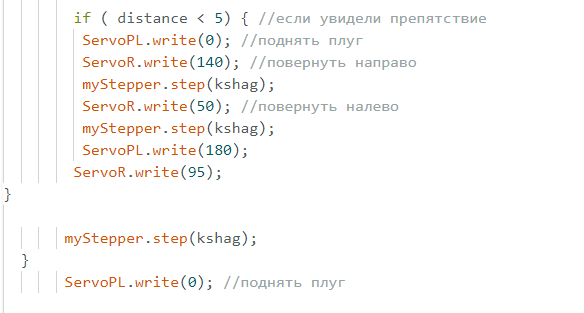


Рисунок 2.8 – Часть программы, отвечающая за распознавание препятствия

После проезда первого прохода трактор разворачивается вправо*.* Углы поворота, количество оборотов колёс подбирались экспериментальным путем. (Рисунок 2.9).

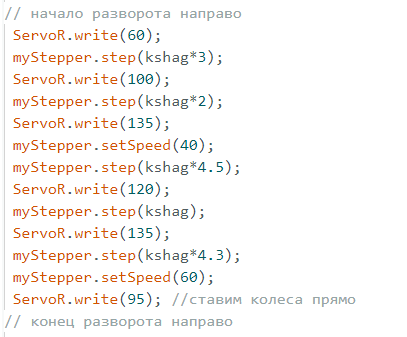


Рисунок 2.9 –. Разворот трактора вправо

Развернувшись в правую сторону, трактор начинает делать следующий проход в обратную сторону (Рисунок 2.10).

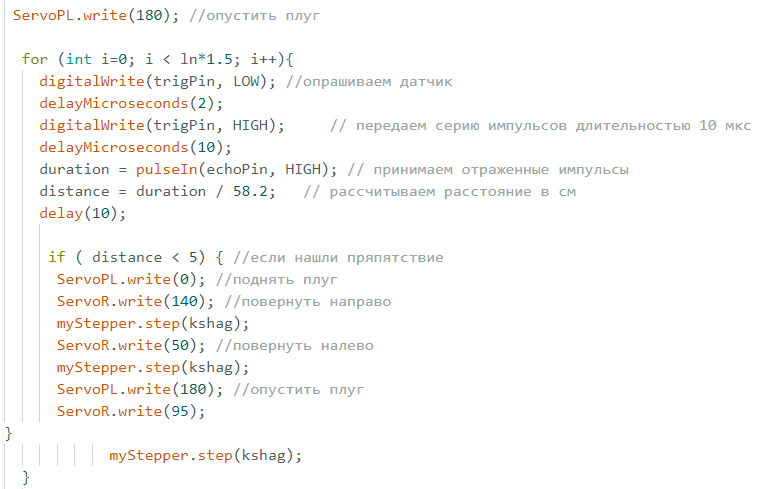


Рисунок 2.10 – Проход трактора в обратную сторону

После прохода трактора в обратную сторону начинается разворот налево (Рисунок 2.11).

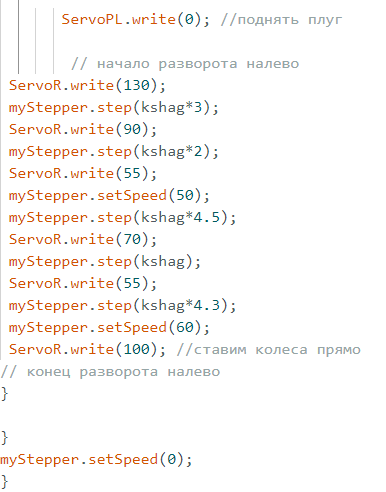


Рисунок 2.11 – Разворот налево

Таким образом, трактор ездит по полю с помощью циклов for, в главном из которых следующий цикл: рассчитывается количество проходов, необходимых для полного покрытия поля, и трактор начинает их выполнять: делает проход вперед, разворачивается вправо, делает проход назад – разворачивается влево. Количество повторов проходов и разворотов зависит от ширины поля. Блок-схема программы отображена в [ПРИЛОЖЕНИИ В].

# Глава 3 ТЕСТИРОВАНИЕ РАБОТЫ МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО ТРАКТОРА

После написания и загрузки программы на плату Arduino UNO, начался процесс тестирования работы модели (Рисунок 3.1). Для тестирования работы беспилотного трактора было создано специальное поле, в границах которого модель выполняла поставленную задачу. Были протестированы различные сценарии работы: разные размеры поля, разные типы плугов, ввод ошибочных данных через Bluetooth модуль и др.

По результатам тестирования работы модели беспилотного трактора пришли к следующим выводам:

1. Модель корректно выполняет свою работу при любых значениях размера поля, превышающих 60 см в ширину и 100 см в длину
2. Модель корректно объезжает небольшие препятствия
3. Модель поддерживает связь с телефоном на расстоянии до 10 метров
4. Время автономной работы модели 2-3 часа.

Также, в ходе тестирования выявились следующие недостатки:

1. Большой радиус разворота, что делает невозможным использование модели беспилотного трактора в условиях ограниченного окружающего пространства
2. Некорректный объезд больших препятствий.

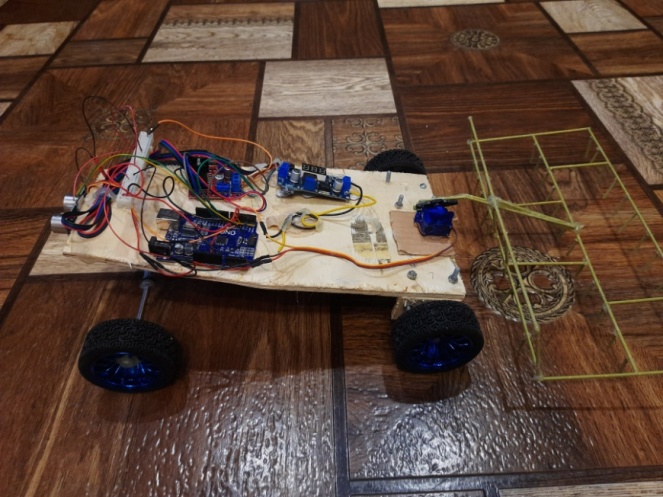


Рисунок 3.1 – Тестирование работы модели беспилотного трактора

Таким образом, по итогам тестирования работы модели беспилотного трактора был определен ряд перспектив:

1. Модернизировать переднюю рулевую ось, для уменьшения угла и радиуса разворота
2. Добавить 2 ультразвуковых датчика расстояния (по одному с каждой боковой стороны) для более корректного объезда препятствий
3. Написать полноценное Android-приложения для управления трактором. С помощь которого, при необходимости, модель беспилотного трактора можно перевести в ручное управление
4. Добавить различные виды плугов для выполнения большинства сельскохозяйственных работ.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все поставленные в начале работы задачи были решены:

1. Собрана модель беспилотного трактора на базе платы Arduino UNO, все компоненты которого были спаяны по схемам (Рисунки 1.1, 1.2), напечатан корпус на 3Dпринтере (Рисунки 1.3, 1.4)
2. Написав код программы для платыArduino UNO, провели процесс отладки, в ходе которого были исправлены ошибки в алгоритмах работы модели беспилотного трактора
3. Модель была протестирована в разных условиях работы. Мы убедились в правильности её работы, однако определили ряд перспектив (Глава 3).

По итогам выполненной исследовательской работы можно сделать вывод, что выдвинутая нами гипотеза подтвердилась: была создана модель беспилотного трактора, полностью работающая от электричества. Она действительно в перспективе сможет облегчить труд трактористов-машинистов и привлечь в сельскохозяйственную отрасль молодых и успешных специалистов, а также оказать положительное влияние на экологию за счёт отсутствия вредных выбросов в атмосферу, что положительно отразится на состоянии окружающей среды в будущем.

Таким образом, все поставленные цели и задачи исследовательской работы успешно выполнены. В ближайшем будущем приведенный ряд перспектив будет реализован. Учитывая то, что на территории Республики Беларусь представлен только один вариант беспилотных тракторов, а именно Belarus 3523i, и то, что он работает на дизельном топливе, использование которого плохо отражается на экологии, можно сказать, что наша модель беспилотного трактора — новинка.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Arduino. [электронный ресурс] – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino– дата доступа 20.07.2023
2. L298N-Motor-Driver-Datasheet. [электронный ресурс] – режим доступа: [https://docviewer.yandex.by/view/](https://docviewer.yandex.by/view/1424646208/?page=7&*=&lang=en)- дата доступа: 20.08.2023
3. NewPingLibraryforArduino. [электронный ресурс] – режим доступа: <https://playground.arduino.cc/Code/NewPing/> - дата доступа: 15.08.2023
4. Минсельхозпрод: проблема нехватки механизаторов. [электронный ресурс] – режим доступа: [https://www.sb.by/articles/minselkhozprod-problema-nekhvatki-mekhanizatorov-reshena.html](https://www.sb.by/articles/minselkhozprod-problema-nekhvatki-mekhanizatorov-reshena.html%20)- дата доступа 15.07.2023
5. Монитор порта, отладка. [электронный ресурс] – режим доступа: <https://alexgyver.ru/lessons/serial/> -дата доступа: 02.08.2023
6. Особенности соединения и зарядки литиевых аккумуляторов. [электронный ресурс] – режим доступа: <https://alexgyver.ru/lithium-charging/>- дата доступа: 10.09.2023
7. Подключение шагового двигателя к Arduino через драйвер L298. [электронный ресурс] – режим доступа: <https://voltiq.ru/l298-driver-with-stepper-motor-and-l298/>- дата доступа: 29.07.2023
8. Работаем с сервоприводами.[электронный ресурс] – режим доступа: <https://developer.alexanderklimov.ru/arduino/servo.php#lib>– дата доступа: 20.08.2023
9. Сельхозорганизациям Беларуси не хватает трактористов, животноводов и ветврачей. [электронный ресурс] – Режим доступа:<https://qogam-media.kz/сельхозорганизациям-беларуси-не-хва/>- дата доступа 15.07.2023
10. Создание схемы в Fritzing. [электронный ресурс] – режим доступа: <https://kit.alexgyver.ru/tutorials/fritzing/>- дата доступа: 25.07.2023

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

*Таблица 1.1 –* *Arduino Uno*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
| https://andrey0095.github.io/proarduino/IMG/ArduinoUno_R3_Front_450px.png | Микроконтроллер ATmega328 |
| 14 цифровых входов/выходов |
| 6 аналоговых входов |
| 32КБ flash-памяти |
| 2КБ SRAM |
| 1КБ EEPROM |
| 16 МГц Тактовая частота |
| 5В рабочее напряжение |

Для движения модели трактора выбран шаговый двигатель Nema17 17HS4023 (Таблица 1.2).

*Таблица 1.2 – Nema17 17HS4023*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
| Шаговый двигатель nema 17 17HS4023S | Угол поворота: 1.8° |
| Инерция ротора: 34 г\*см² |
| Номинальное напряжение: 5 — 12В |
| Момент удержания: 1.5 кг\*см |
| Момент фиксации: 0.2 кг\*см |

Для управления двигателем используется драйвер L298N (Таблица 1.3).

*Таблица 1.3 – L298N*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
|  | Напряжение питания логики: 5В |
| Напряжение питания моторов:  от 5V до 35V |
| Максимальная мощность: 20 Вт  (при 75°С) |

Для подъёма/опускания плуга используется сервопривод SG90 (Таблица 1.4).

*Таблица 1.4 – SG90*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
|  | Диапазон вращения: 180° |
| https://avatars.mds.yandex.net/i?id=2ddcf31c2ad10f459f99094536c059080abda877-9856775-images-thumbs&n=13Рабочее напряжение: 4,8 ... 6 В |
| Скорость вращения: 60° за 0,12 сек при 4,8 В |
| Крутящий момент: 1,8 кгc\*см при 4,8В |

Поворот передней оси происходит с помощью сервопривода MG 996R (Таблица 1.5).

*Таблица 1.5 – MG 996R*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
| https://cdn1.ozone.ru/s3/multimedia-b/6183760571.jpg | Рабочее напряжение: 4,8 — 6 В |
| Крутящий момент: 9 кг/см (4,8 В),  11 кг/см (6 В) |
| Скорость: 0,19 с/60°(4,8 В),  0,18 с/60°(6 В) |
| Угол поворота: 180° |
| Шестерня: металл |

Обмен информацией между трактором и пользователем осуществляется через Bluetooth модуль HC-06 (Таблица 1.6).

*Таблица 1.6 – Bluetooth модуль HC-06*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
| https://sc02.alicdn.com/kf/HTB14PZZeRiE3KVjSZFMq6zQhVXad/HC06-HC-06-Wireless-Serial-4-Pin.jpg | Питание: 3,3В – 6 В |
| Максимальный ток: 45 мА |
| Скорость передачи данных:  1200–1382400 бод |
| Рабочие частоты: 2,40 ГГц – 2,48ГГц |
| Поддержка спецификации bluetooth: версия 2.1 |
| Дальность связи: до 30 м |

Для обнаружения препятствий используется ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 (Таблица 1.7).

*Таблица 1.7 – HC-SR04*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
| Arduino_HC-SR04_общий вид | Напряжение питания: +5В |
| Эффективный рабочий угол: < 15° |
| Расстояние измерений: от 2 см до 400 см |
| Угол измерений: 30 градусов |
| Ширина импульса триггера:10 микросекунд |

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Для сборки аккумуляторной батареи понадобилось:

* 4 последовательно соединенных аккумулятора типа 18650 (Таблица 1.8).

*Таблица 1.8 – Аккумулятор типа 18650*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
|  | Химический состав: Li-ion |
| Нормальное напряжение: 3.7В |
| Ёмкость: 3000 мАч |

* Плата BMS для защиты аккумуляторов от перезаряда/переразряда (Таблица 1.9).

*Таблица 1.9 – BMS*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
|  | Напряжение питания: 16.8В |
| Рабочий ток разряда: 40A |
| Рабочий ток заряда: 20A |

* Понижающий преобразователь LM2596S с вольтметром HW-319 для питания шагового двигателя (Таблица 1.10).

*Таблица 1.10 – LM2596S с вольтметром HW-319*

|  |  |
| --- | --- |
| Изображение компонента | Характеристика компонента |
| https://sc04.alicdn.com/kf/Hdfd919f66a7543898175d263244724bey.jpg | Напряжение входа: от 2,4 до 40 В. |
| Напряжение выхода: от 1,2 до 37 В |
| Ток выхода: максимум 3 А |
| Преобразовательная частота:  150 кГц |
| КПД при низком давлении: 75% |
| КПД при большом давлении: 95% |
| Рабочая температура: -45 До + 85°C |
| Температура кристалла: до +150°C |

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

