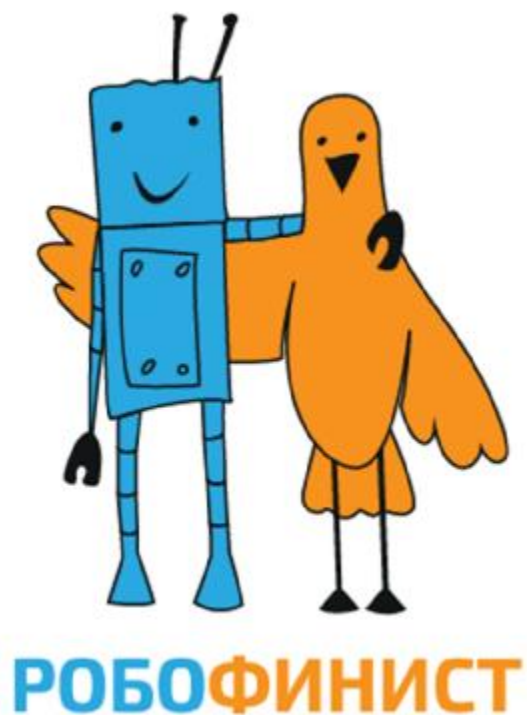


## Международный фестиваль робототехники «РобоФинист»



Свободная творческая категория  
Младшая возрастная категория

**Команда «Фермеры и Паша»**

### **Роботизированный комплекс по выращиванию и уборке арбузов**

**Выполнили:**

Денис Дубинин

Артемьев Иван

Насонов Марк

**Клуб робототехники «Прометей»**

**Руководители:**

Соловьева Лариса Евгеньевна

Соловьева Наталья Дмитриевна

Миасс, 2024

## Содержание

Аннотация.....	3
1. О команде.....	4
2. Введение .....	4
3. Актуальность.....	4
4. Задачи проекта .....	6
5. Методы и приемы .....	6
6. Конструирование .....	6
7. Технологии изготовления.....	8
8. Алгоритм работы робота-трактора «Паша» .....	11
9. Заключение .....	12
10. Список литературы, источники информации.....	13
11. Приложение 1. ....	14

## Аннотация

Проект посвящен роботизации производства бахчевых культур — арбузов. В настоящее время, несмотря на использование посадочных машин, для выращивания арбузов требуется большое количество ручного труда, в том числе тяжелого физического, связанного с переноской тяжестей, что ухудшает условия труда сельскохозяйственных рабочих и способствует развитию профессиональных заболеваний.

Роботизация процесса выращивания арбузов позволит увеличить эффективность выращивания арбузов, снизит потребность в количестве рабочих, позволит улучшить условия их труда.

Предлагается прототип робота «Паша» на платформе Lego WeDo 2.0, для автоматического высаживания семян под пленку, сбора арбузов, их сортировки. В проекте использованы 2 инфракрасных датчика движения. Применяются кривошипно-шатунный механизм, зубчатые передачи, червячные передачи.

Корпус редуктора 1:8 смоделирован в программе Компас 3D и напечатан одним из участников команды.

Сбор арбузов обеспечивается манипулятором с 2 степенями свободы

Для отпугивания птиц используется машинное зрение - в программе Pictoblox произведено обучение нейросети для распознавания наиболее распространенных садовых вредителей (воробьев, сорок, дроздов, ворон), при обнаружении этих видов птиц поднимаются и приводятся в движение пугала.

Наш проект на данный момент не имеет аналогов в отрасли.

Планируется развитие проекта с добавлением системы автоматического полива, подкормки растений и оценки состояния арбузной ботвы для своевременного внесения удобрений и/или пестицидов.

Цель проекта - разработка прототипа робота, для автоматической посадки, полива и сбора урожая арбузов, с системой отпугивания вредителей.

Задачи проекта

1. Изучить тематику выращивания арбузов и выделить актуальные проблемы отрасли.
2. Разработать функциональную схему робота.
3. Подобрать детали: конструктивные и электронные компоненты.
4. Написать программу для робота.
5. Провести отладку проекта, исправить недочеты.
6. Проконсультироваться с экспертами, доработать проект в соответствии с их рекомендациями.

## **1. О команде**

Команда “Фермеры и Паша”

Все члены команды являются учащимися клуба робототехники «Прометей» г. Миасса.

В нашей команде:

Артемьев Иван - конструктор 8 лет;

Дубинин Денис — конструктор, программист, 8 лет;

Насонов Марк — программист, конструктор, 3Д моделист — 11 лет.

## **2. Введение**

Идея проекта: Наш проект посвящен решению проблем бахчеводства с помощью нашего трактора Паши. Мы провели исследование

Провели свое исследование, которое представлено в Приложении 1.

Этим летом мы побывали на Российской Робототехнической олимпиаде в Оренбурге, который славится своими арбузами, мы решили развить и приблизить к практике свой проект по сбору арбузов.

## **3. Актуальность.**

Бахчеводство является отраслью растениеводства, которая занимается производством продукции бахчевых культур. При выращивании таких культур как овощные, бахчевые, плодовые, ягодные и им подобные полностью исключить ручной труд при современном уровне развития сельскохозяйственной техники невозможно. Это связано со специфическими свойствами не только самих растений, но и плодов. Так, технологии возделывания и уборки бахчевых включают операции, традиционно выполняемые во всех регионах полностью или частично вручную. Большая часть затрат ручного труда приходится на прополку посевов бахчевых и уборку урожая.

К бахчевым культурам относят арбузы, дыни, тыкву, кабачки, патиссоны и т.д.

Основное отличие растений бахчевых от других культур в том, что по мере развития они стелятся по поверхности поля и тем самым затрудняют применение машин для уничтожения сорной растительности и проведения других операций.

Площади посевов бахчевых культур в России составляют около 500 тыс. га, из них 80% посевов возделывается без орошения, т.е. в богарных условиях. Наиболее распространенной бахчевой культурой является арбуз, занимающий более 70% всей посевной площади бахчевых; второе место принадлежит дыне (около 20%), и третье тыкве (около 10%).

Плоды бахчевых культур относятся к деликатесным, диетическим пищевым продуктам, отличающимся высокими вкусовыми и питательными качествами, из-за высокого содержания хорошо усвояемых организмом человека и животных углеводов, в основном Сахаров. В среднем плоде арбуза содержится до 400 - 500 г сахара.

Диетическая ценность плодов бахчевых культур заключается также в том, что они содержат витамины, соли железа, фолиевую кислоту, пантотеиновую кислоту, пектиновые вещества, клетчатку, зольные элементы.

Плоды бахчевых культур обладают лечебными свойствами. Так, соли железа и фолиевая кислота участвуют в кроветворении и препятствуют заболеванию человека раком. Арбуз является лучшим мочегонным средством, способствующим очищению печени и почек от вредных веществ.

Арбузы и дыни перерабатываются на мед, патоку, джемы, соки. Арбузная-корка и кормовые арбузы используются для выработки цукатов. Плоды арбузов могут использоваться в соленом и маринованном виде. Из семян бахчевых культур изготавливается высококачественное пищевое масло.

Большое значение имеют плоды бахчевых культур для кормовых целей. Использование их на корм скоту позволяет получить хорошие привесы, увеличить надой молока, которое становится более густым, сладким с более высоким содержанием жира и масла.

К главным агротехническим приемам технологического процесса возделывания бахчевых культур относятся основная и предпосевная обработка почвы, подготовка семян к посеву, посев, внесение удобрений, уход за посевами, борьба с болезнями и вредителями.

Основной целью обработки почвы является создание оптимальных условий роста и развития культурных растений, которые обеспечиваются главным образом корневой системой.

Посев бахчевых культур является одной из самых ответственных операций при возделывании бахчевых культур. Высококачественное его выполнение обеспечивает значительное повышение урожайности. Однако сеялки использующиеся на данный момент для посева бахчевых культур имеют ряд недостатков: не обеспечивают заданной точности высева, допускают дробление семян; при их применении отсутствует фиксированная укладка семян на уплотненное дно борозды с укрытием их влажным слоем почвы, не выполняется припосевное внесение минеральных удобрений с почвенной прослойкой между семенами и удобрениями. Кроме того, при посеве допускается значительный перерасход дорогостоящих семян.

Основные затраты при возделывании бахчевых культур приходятся на уход за посевами, при этом только затраты ручного труда составляют 40 - 50 чел.ч./га. Главная цель ухода за посевами — создание оптимальных условий для роста и развития растений, обеспечивающих максимальную защиту урожая. Для этого необходимо предусмотреть уничтожение сорной растительности в междурядьях и рядах, прорывку растений в гнездах, рыхление почвы, подачу в корнеобитаемый слой почвы необходимых элементов питания, внекорневые подкормки, борьбу с болезнями и вредителями, присыпку плетей.

Роботизированный комплекс «Паша» позволяет автоматизировать посадку семян под пленку, сбор созревших плодов и их сортировку, отпугивание вредителей с помощью машинного зрения. Предполагается развитие проекта с добавлением системы автоматического капельного полива и внесения удобрений, оценки состояния ботвы и плодов с помощью машинного зрения.

**Цель проекта** - разработка прототипа робота, для автоматической посадки, полива, подкормки и сбора урожая арбузов, с системой отпугивания вредителей.

#### **4. Задачи проекта**

1. Изучить тематику выращивания арбузов и выделить актуальные проблемы отрасли.
2. Разработать функциональную схему робота.
3. Подобрать детали: конструктивные и электронные компоненты.
4. Написать программу для робота.
5. Провести отладку проекта, исправить недочеты.
6. Проконсультироваться с экспертами, доработать проект в соответствии с их рекомендациями.

#### **5. Методы и приемы**

При работе над проектом были использованы следующие методы, приемы и технологии: обзор информационных источников, сбор и анализ информации полученной от специалистов; проектирование с использованием САПР, конструирование с использованием образовательных конструкторов LEGO WeDo 2.0, программирование в среде Lego WeDo, Picoblox, 3D моделирование и печать, машинное обучение.

#### **6. Конструирование**

Наш робот-трактор «Паша» сам, с помощью датчика движения, находит грядку и аккуратно выкладывает на нее семечки арбуза. Сеялка работает с помощью кривошипно-шатунного механизма. Сам трактор едет на двуступенчатой зубчатой понижающей передаче.

После созревания плодов арбуза трактор собирает урожай - трактор находит арбуз с помощью датчика движения и аккуратно его захватывает манипулятором. Захват работает на червячной передаче. В конструкторе есть готовый червячный редуктор с отношением 1:24, но так манипулятор работал слишком медленно, время тратилось неэффективно, поэтому был смоделирован в Компас 3Д и напечатан аналогичный редуктор с отношением 1:8. После сбора плодов трактор выгружает их в зоне разгрузки. Ворота открываются и закрываются автоматически трактором. Ворота работают на зубчатой повышающей передаче.

Для сортировки арбузов применяется механический сепаратор, он работает на кривошипно-шатунном механизме, также используется понижающая передача. При включении мотора крутится большое зубчатое колесо и приводит в движение механизм для сортировки. Дальше арбузы разных размеров попадают в разные контейнеры.

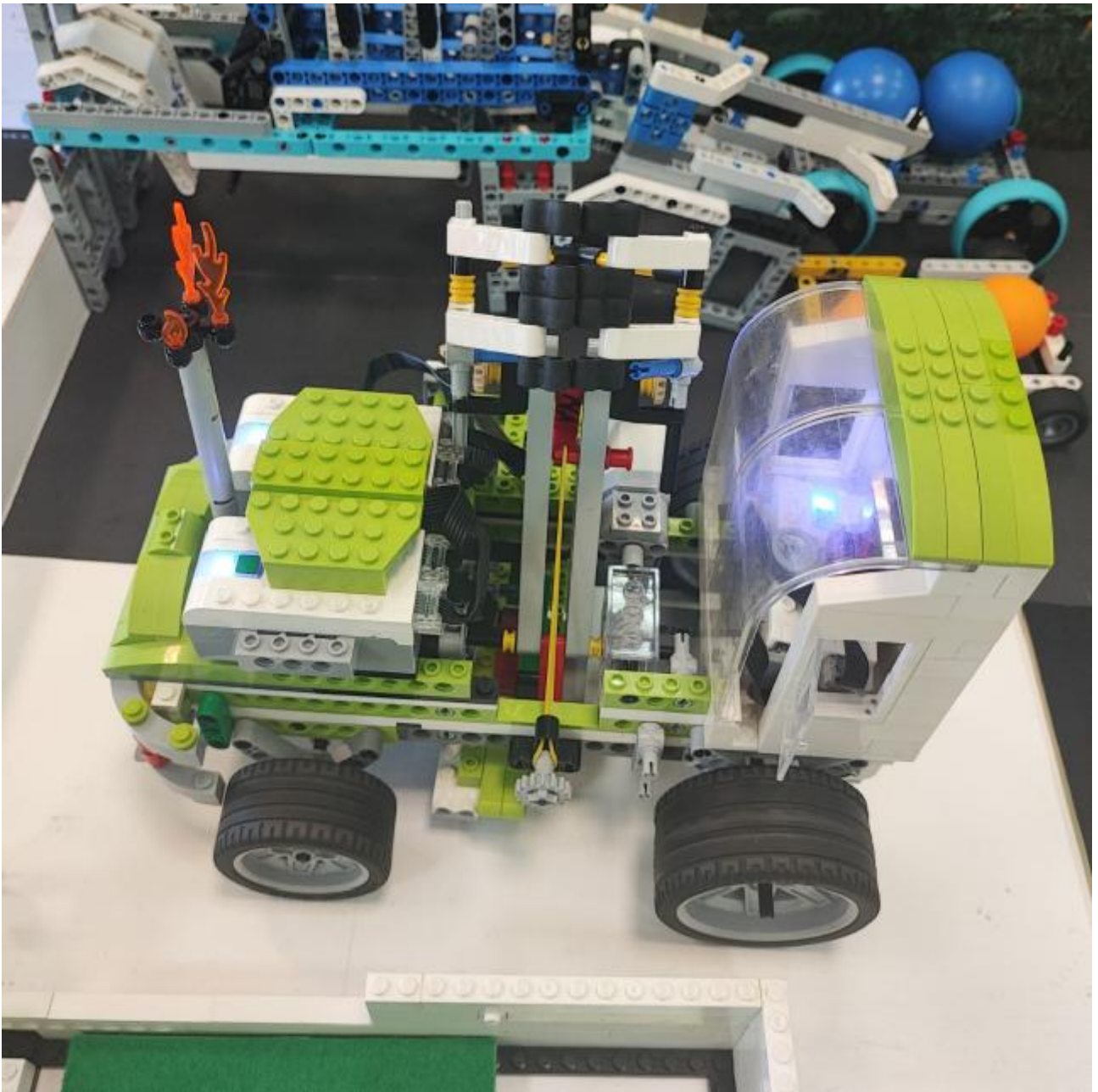


Рис. 1 Внешний вид робота-трактора «Паша»

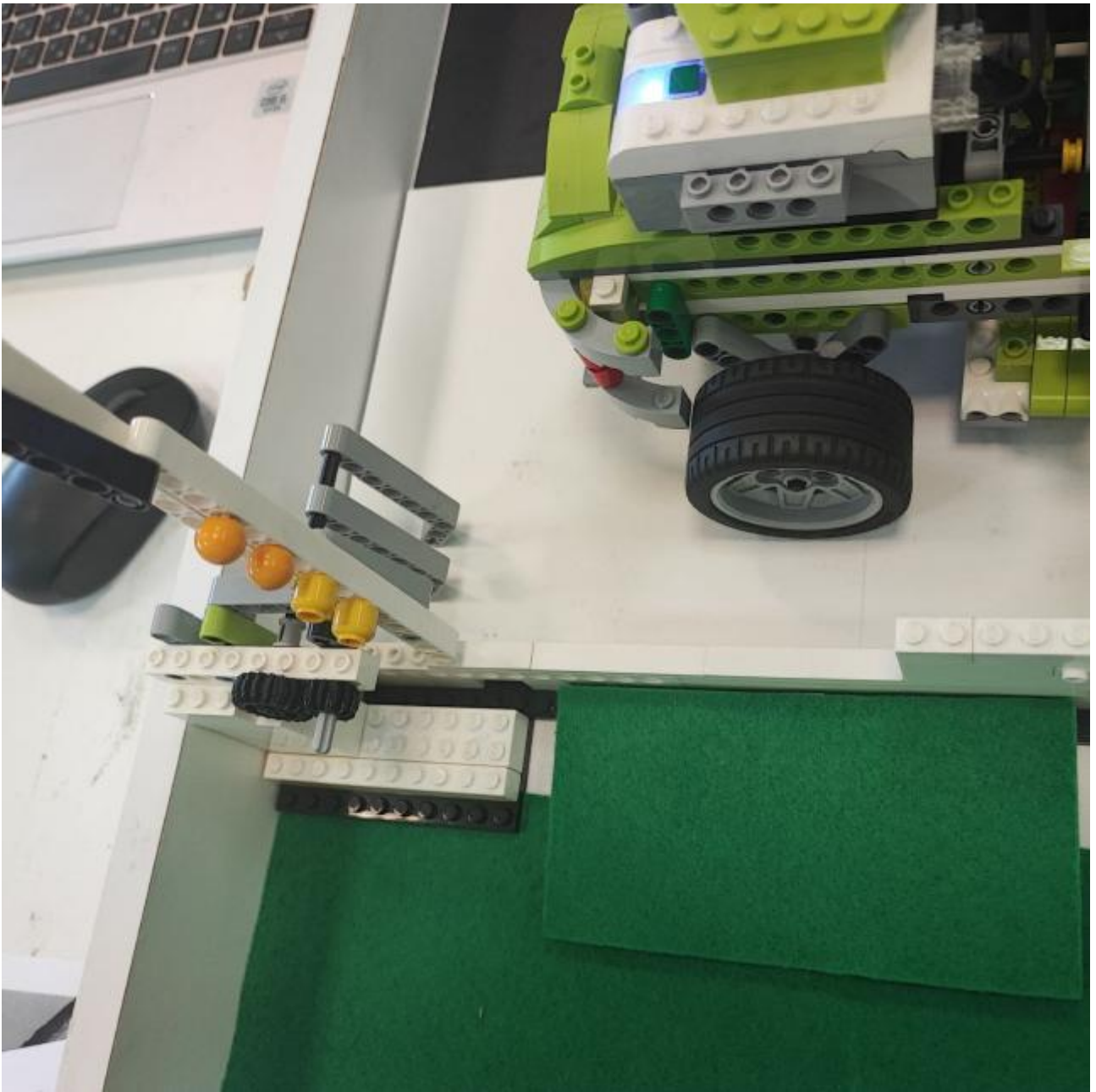


Рис. 2 Ворота склада





Рис. 3 Система отпугивания птиц (пугало)



Рис.4 Сортировочный комплекс, «арбузы» отсортированы по размеру.

## 7. Технологии изготовления

Основная часть робота собрана из образовательного конструктора Lego WeDo 2.0. Дополнительно участником команды проведено 3Д моделирование и печать редуктора.

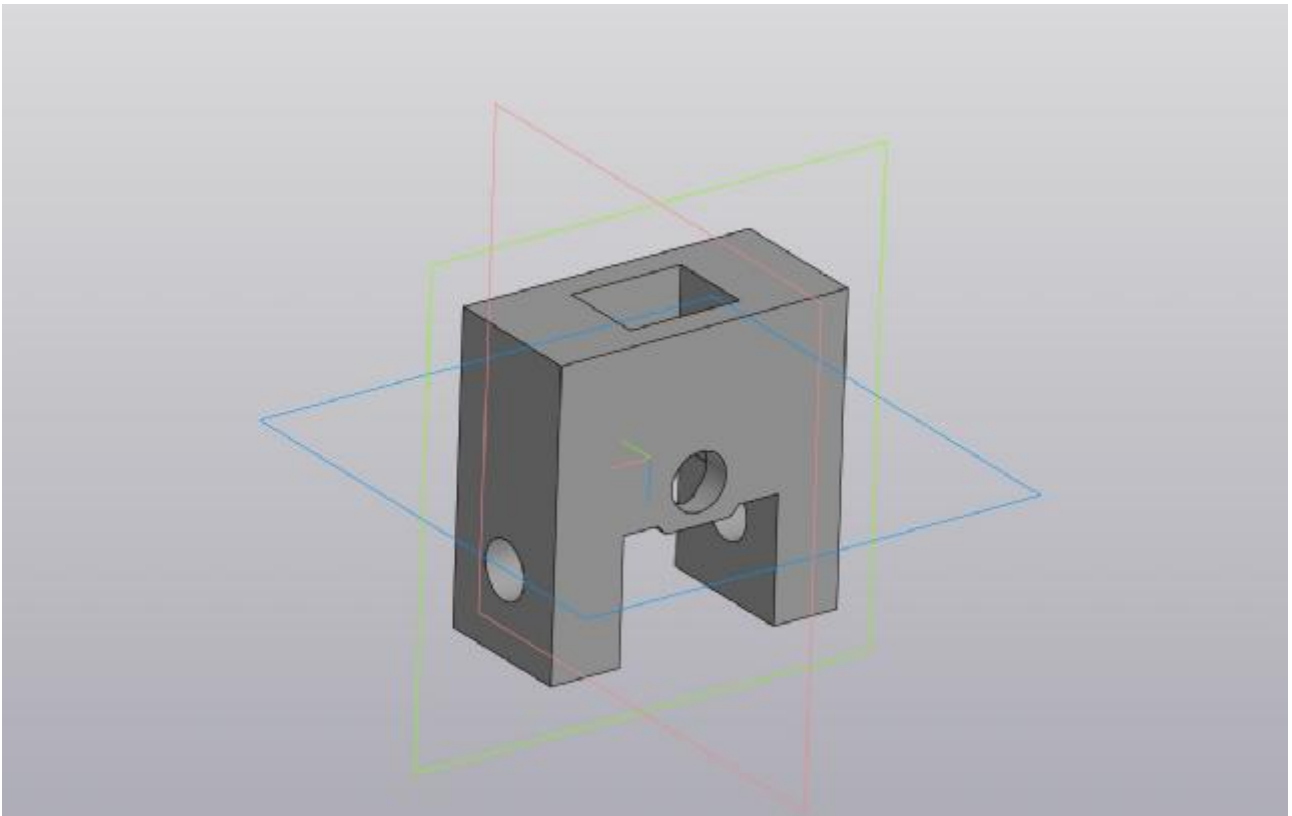


Рис. 5 Модель редуктора 1:8, созданная в Компас 3Д

Датчики: используются инфракрасные датчики движения Lego WEDO 2.0, для работы системы распознавания птиц-вредителей используется веб-камера ноутбука.

### **8. Алгоритм работы робота-трактора «Паша»**

- 1) Посев: трактор движется по линейной траектории. При обнаружении «грядки» датчиком движения, движение прекращается, трактор выкладывает семена на грядку
- 2) Сбор созревших плодов: трактор движется по линейной траектории. При обнаружении датчиком движения плода, движение прекращается, активируется захват, захватывающий и удерживающий плод.
- 3) Отпугивание птиц-вредителей: в программе Pictoblox была обучена модель распознавания часто встречающихся птиц. При определении нейросетью птицы-вредителя в поле зрения камеры, производится подъем и активация движущихся элементов пугала.
4. Сортировка плодов: производится электронно-механическим сепаратором по размеру плодов.

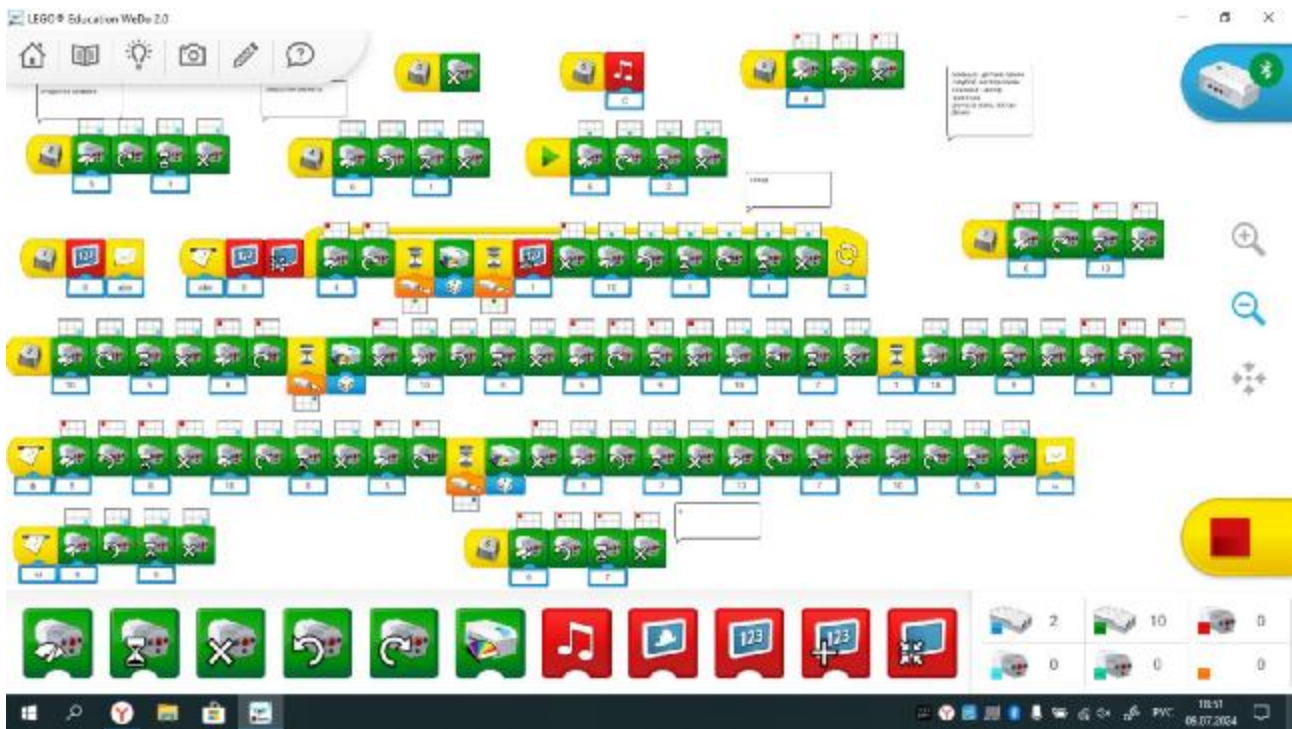


Рис. 6 Программа работы робота-трактора

## 9. Заключение

В результате работы предложена идея и разработан прототип робота-трактора для посева и уборки арбузов.

Наша разработка при ее масштабировании под реальную задачу, могла бы помочь в замене человеческого труда роботами, снижения профессиональной заболеваемости и росту эффективности производства арбузов.

Развитие проекта

Мы видим развитием проекта в:

1. В перестройке робота на роботизированной платформе Lego Mindstorm EV3
2. Добавление системы автоматизированного полива на платформе ESP32 с передачей данных о влажности почвы, влажности и температуре воздуха в облако с возможностью дистанционной оценки состояния поля и управления им.
3. Добавление системы оценки состояния ботвы для раннего выявления случаев заболелвания растений, внесения удобрений и пестицидов (будет реализовано с помощью камеры PiXu2).

Итоги

В результате работы над проектом мы:

1. Изучили процесс посева, выращивания и сбора урожая арбузов, обнаружили актуальные проблемы.
2. Разработали функциональную схему робота.
3. Создали инженерное решение проблемы — собрали прототип робота-трактора, написали программу его работы.

## **10. Список литературы, источники информации**

1. «Необходимость инновационного развития сельского хозяйства на основе применения робототехники» Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г., Орешкин А.А. Журнал «Техника и технологии в животноводстве», 2016
2. Филиппов. С.А. Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление. Лаборатория знаний. 2017.

## 11. Приложение 1.

Исследование команды «Фермеры и Паша»

### **Климатические условия**

Родиной арбуза считается Эфиопский (Абиссинский) автономный мировой центр культурных растений в окрестностях Эфиопского нагорья, которому характерны круглогодичная вегетация, очень высокие температуры и недостаточное увлажнение.

### **Свет**

Арбуз требует большого количества света и является растением короткого светового дня. Не способен нормально развиваться и давать высокие урожаи в условиях затенения. При мрачной погоде у него плохо происходит фотосинтез и в плодах накапливается мало сухих веществ и сахаров. Уплотнения посевов приводит к удлинению сроков созревания и снижению урожайности. Наиболее чувствителен к освещению в фазе 4-5 настоящих листьев. Суточное освещение должно составлять не менее 10 000 люксов.

### **Температура**

Арбуз - теплолюбивое, жаростойкое и засухоустойчивое растение, не переносит заморозков. Необходимая сумма активных температур составляет 2000-3000 °С. Семена начинают прорастать при температуре почвы 12-15 °С. Оптимальная температура для роста и развития растений составляет 30-45 °С. При снижении температуры ниже 15 °С рост и развитие растений задерживается, а длительное воздействие температуры 5 ... 10 °С действует на них губительно. На ранних стадиях проявляет устойчивость к низким температурам. В минитуннелях в условиях высокой влажности воздуха молодые растения арбуза могут выдерживать значительные перепады температуры (от 2 до 50 °С). Всходы погибают при -10 °С. Для хорошего завязывания среднесуточная температура должна быть выше 18 °С.

### **Влага**

Формирование корневой системы арбуза начинается до выхода семядолей на поверхность почвы. Корни достигают максимальной суммарной длины к фазе цветения. Арбуз обладает стержневым корнем, проникающий в почву на глубину до 1 м. От главного корня отходит 15, а иногда и больше боковых корней, которые также разветвляются на более тонкие корешки. Таким образом, в пахотном слое почвы на глубине 15-30 см образуется мощная корневая система, которая охватывает до 7-10 м<sup>3</sup> грунта. Особенностью корневой системы арбуза есть большая сила всасывания, которая способна использовать влагу при влажности почвы 6%. Всасывающая сила достигает 1 МПа (10 атмосфер), чем объясняется засухоустойчивость растения, однако для получения высоких урожаев арбуз требует орошения. Для накопления 1 кг сухого вещества ему нужно 300-350 литров воды. Чтобы получить с 1 м<sup>2</sup> 5 кг плодов, арбуз требует 160 литров доступной воды на 1 м<sup>2</sup> при оптимальном минеральном питании. Потребность арбуза в почвенной влаге зависит от фазы развития культуры.

Больше всего воды растение нуждается в период цветения и образования плодов, причем арбуз отрицательно реагирует на избыточное увлажнение почвы и воздуха, что вызывает:

- Замедление роста

- Удлинение вегетации
- Снижение сахаристости

Избыток или недостаток воды в период формирования плодов сильно влияет на их размер и качество. Оптимальными показателями влажности пахотного слоя почвы для арбуза является 75-80% НВ, воздух — 50-60%.

### **Основная обработка почвы**

Поле начинают готовить в конце лета. После сбора предшественника почву дискуют, дают время отрасти сорнякам. Если на поле присутствуют многолетние сорняки, проводят опрыскивание гербицидами сплошного действия. При применении гербицидов данной группы следует придерживаться таких советов:

- Дайте сорнякам отрасти до высоты 10-15 см
- Не применяйте препарат, если засуха или заморозки поразили более 40% зеленой массы сорняков
- Норма использования составляет 3-4 л / га

Следующую механическую обработку почвы следует проводить через 12-14 дней после применения препарата.

После окончания действия гербицида проводят вспашку на глубину 25-30 см. По мере прорастания сорняков проводят культивацию. Подготовка почвы методом полупара дает возможность посеять озимую пшеницу или рожь для кулис.

### **Предпосевная обработка почвы**

Весной, как только позволит погода и зрелость грунта, проводят закрытие влаги путем боронования. В дальнейшем к севу арбуза все меры направлены на уничтожение сорняков. Для этого систематически проводят боронование или культивацию или опрыскивание гербицидами сплошного действия, но не позднее чем за 10-15 дней до посева. Последняя мера позволяет не только уничтожить сорняки но и сохранить влагу в почве, поскольку любая механическая обработка поля приводит к потере влаги. При применении мульчи за месяц до посева вкладывают мульчирующие пленку.

### **Междурядная обработка почвы**

**Первая культивация** на глубину 12-15 см проводится сразу, как только обозначатся рядки. При применении мульчи культивировать междурядья можно и раньше. При культивации уничтожаются все нити и ростки сорняков. Одновременно следует уничтожить сорняк в лунках, чтобы обеспечить мощный старт для всходов. При мульчировании необходимо особо тщательная прополка в лунках, поскольку при благоприятных условиях, созданных пленкой, сорняки прорастают интенсивнее чем в междурядье.

**Вторая культивация** - через 8-10 дней на глубину 10 см.

**Третья культивация** - когда стебли достигнут длины 60-100 см. Ее следует выполнять как можно позже. Глубина культивации - 5 см, так как корень уже разросся и его не следует травмировать.

## **МУЛЬЧИРОВАНИЕ**

Выращивание овощей с использованием полиэтиленовой пленки для укрытия поверхности почвы становится все более популярным. Арбуз дает очень хорошие результаты при применении этой технологии.

### **Преимущества мульчирования**

Несмотря на дополнительные расходы на пленку, данная технология окупается благодаря таким преимуществам:

- Защита растений арбуза от сорняков на ранних этапах роста в строках
- Накопление тепла и уменьшение перепадов температуры грунта в дневной и ночной периоды
- Накопление и сохранение влаги
- Получение продукции на 7-10 дней раньше

## **СЕВ**

Высевать следует только семена высокого качества, обработанные фунгицидами. Прямой посев - это самый дешевый способ выращивания арбузов. Растения, полученные прямым посевом, имеют большую устойчивость к засухе и другим стрессам, но созревания урожая всегда будет позже по сравнению с рассадной культурой. Прямой посев требует идеальной подготовки почвы, основной задачей которой является:

- Сохранение влаги для получения однородных всходов
- Создание идеальной структуры почвы, которая позволит обеспечить однородность глубины заделки семян

### **Сроки сева**

Сев необходимо начинать, когда температура почвы на глубине заворачивания семян достигает 12 °С. Всходы обычно появляются на 8-10 день. Если температура почвы будет ниже, семена будут прорастать очень медленно, что повлияет на однородность растений и приведет к экономическим потерям, так как за неоднородными посевами сложно ухаживать, собирать урожай, а неоднородную продукцию сложно продавать.

### **Глубина заделки семян**

Глубина заделки семян колеблется от 3 до 6 см и зависит от его размера (чем мельче, тем меньше глубина), типа почвы (на легких почвах глубже, на тяжелых мельче), влажности почвы (семена следует класть на влажное ложе).

### **Схемы посева**

Существует много различных схем посева. На выбор оптимальной схемы влияет:

- Способ выращивания (прямой посев или рассадка, полив или богара)
- Тип арбуза (ранний или поздний, семенной или безсемянный)
- Желаемый размер (масса) плодов (более 8 кг или 3-5 кг)

## **ПИТАНИЕ**

Арбуз очень чувствителен к внесению минеральных удобрений, применение которых может увеличить урожайность на 25-50% и сахаристость на 2-3%. При выращивании арбуза на



поливных землях с внесением удобрений возможно увеличение урожайности и сахаристости, тогда как полив без удобрений снижает сахаристость плодов. С 1 т продукции арбуза выносит 1,83 кг азота, 0,75 кг фосфора и 3,17 кг калия. Что касается микроэлементов, то арбуз наиболее чувствителен к недостатку бора, марганца, железа и цинка. Доза внесения удобрений зависит от анализа почвы, климата, времени сева, особенностей сорта или гибрида. Некоторые производители увеличивают урожайность благодаря увеличению размеров плодов путем чрезмерного питания азотом. Это приводит к увеличению размеров самих клеток, а не их количества. Такие увеличенные клетки накапливают большое количество воды, стенки становятся тонкими, что приводит к снижению иммунитета растения, потери вкусовых качеств, лежкости и транспортабельности плодов. Поэтому правильное и сбалансированное питание арбуза позволяет получить не только высокие, а и качественные урожаи.

### **Фертигация**

Фертигация - это внесение растворимых минеральных удобрений одновременно с поливной водой через системы капельного орошения. Преимуществами данного метода являются:

- Внесение сбалансированного соотношения прк
- Своевременное обеспечение растений необходимыми элементами питания
- Внесение удобрений небольшими дозами
- Большой коэффициент усвоения удобрений
- Возможность выращивать культуру на бедных почвах
- Экономия затрат труда и энергии на внесение удобрений

### **Сбор**

Собирать плоды на поле следует осторожно, избегая биения и повреждения кожицы. Лучше арбузы отрезать от стебля, а не отрывать или откручивать. Во время отрыва есть вероятность попадания бактерий и грибов в плод, что повлечет гниения мякоти. Отрезав плод, его осторожно передают на транспортное средство и вывозят с поля. При необходимости временного хранения арбузов в поле до загрузки в транспортные средства следует учесть два момента:

- Бурты следует размещать в тени у лесополос или укрывать слоем ботвы
- Срезанные плоды вкладывают доньшком вниз, поскольку этот участок поверхности более склонен к солнечным ожогам.

### **Хранение**

Период между сбором и потреблением арбузов является критическим фактором в определении времени сбора. Для самых дальних рынков сбыта арбуз собирают, когда он созрел не окончательно, чтобы избежать разрушения мякоти плода во время транспортировки. Арбуз должен быть потребленный в течение 2-3 недель после сбора. Иначе он теряет хрусткость мякоти. Оптимальная температура для хранения арбузов составляет 10-15° С при относительной влажности воздуха 85-90%.