# Введение

Аграрная промышленность занимает ключевое место в экономике любой страны, обеспечивая продовольственную безопасность и устойчивое развитие общества. Она включает в себя широкий спектр деятельности, от возделывания сельскохозяйственных культур до разведения животных и переработки сельхозпродукции. Важность этого сектора трудно переоценить, так как он напрямую влияет на качество жизни населения, экспортные возможности и создание рабочих мест в сельских регионах.

Внедрение автоматизации в аграрную промышленность представляет собой перспективное решение, способное значительно облегчить труд фермеров, ускорить процессы производства и повысить точность сельскохозяйственных работ. Автоматизированные системы позволяют увеличить скорость и качество обработки земель, а также повысить общую эффективность производства. Кроме того, использование современных технологий способствует устойчивому использованию ресурсов, что в конечном итоге ведет к улучшению общего состояния аграрной отрасли и повышению ее конкурентоспособности на мировом рынке.

# Проблема и актуальность её решения

Агропромышленный комплекс (АПК) играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, удовлетворяя базовые потребности населения в пище. В последние годы для повышения эффективности производства крупные агрокомпании активно внедряют робототехнику и искусственный интеллект. В частности, используются специальные дроны для анализа состояния земель, растений и автономные тракторы для выполнения различных работ на поле.

Однако существующие решения имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, высокая стоимость агропромышленных дронов, начинающаяся от 1 миллиона рублей, делает их приобретение оправданным только для крупных хозяйств с большими площадями. Кроме того, автономные дроны обладают ограниченным временем работы в 10–20 минут, что снижает их эффективность при обработке больших территорий. Автономные тракторы, несмотря на свои преимущества, также характеризуются высокой стоимостью и большими размерами, что ограничивает их применение преимущественно на больших полях.

В результате малые и средние фермерские хозяйства вынуждены продолжать использовать ручные методы обработки земли, поиска вредителей и мониторинга состояния растений. Это приводит к снижению общей эффективности сельского хозяйства, увеличению затрат на выращивание. Это, в свою очередь, сказываются на конкурентоспособности российского АПК на мировом рынке, где более гибкие и технологичные методы производства уже становятся стандартом.

Дополнительной проблемой является дефицит рабочей силы в России в том числе в агропромышленной сфере. В то время как в развитых странах активно внедряются промышленные роботы, в России их использование остается на низком уровне. Это вынуждает компании привлекать дорогостоящих работников, что дополнительно увеличивает затраты и снижает общую эффективность производства.

Решение этих проблем посредством разработки мультифункциональных роботов способных работать не только на полях больших хозяйств станет важным шагом на пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства в России. Это позволит не только снизить зависимость от ручного труда и сократить издержки, но и повысить конкурентоспособность российского АПК на международной арене. В условиях увеличения продолжительности жизни и роста мирового населения будет расти спрос на выращивание продовольствия. Внедрение современных робототехнических устройств и искусственного интеллекта станет необходимостью, как для больших, так и для малых хозяйств для удовлетворения спроса на продовольствие.

# Выбор темы проекта

Мой проект нацелен на создание мультифункционального робота для использования на малых и средних полях. Он будет небольшого размера, чтобы эффективнее использоваться на малых территориях и меньше наносить вред почве. Мульти функциональность будет заключаться в возможности поменять рабочий инструмент робота. Благодаря этому он будет больше задействован в различных задачах, что снизит затраты на персонал.

Как результат я должен буду создать робота, который сможет передвигаться по полям, с возможностью замены функционального модуля.

# Цель и задачи

Целью проекта является разработка мобильного робота (прототипа) способного позиционироваться на открытом поле, передвигаться по заданной траектории с использованием GPS и IMU модулей, поддерживающий управление через дистанционную связь с сервером по интернету, возможностью подключать модули для выполнения различных работ на поле. Так же нужно будет разработать модули для робота (модуль анализа состояния среды вокруг растений, модуль позволяющий мониторить состояние растений).

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Исследовать существующие предложения на рынке, выделить их сильные и слабые стороны.
2. Разработка технического задания и структурной схемы робота.
3. Подбор компонентов и материалов.
4. Создание 3D-модели и проектирование конструкции
5. Проектирование электронной части и разработка печатных плат
6. Сборка прототипа и монтаж модулей
7. Программирование и настройка системы управления
8. Тестирование и отладка прототипа
9. Разработка дополнительных модулей и функционала
10. Оценка эффективности и подготовка документации

# Анализ аналогов

Для сравнения и анализы были выбраны роботы, разработанные для полей небольших и средних размеров, они имеют модульный механизм и небольшие размеры. Так они будут максимально удовлетворять поставленной цели проекта.

Сравнительная таблица

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | Изображение | Описание |
| Oz (Naïo Technologies) | Robotics | BayWa AG | Oz – робот от компании Naïo Technologies. Ориентирован преимущественно на механическую прополку и уход за междурядьями. Имеет базовую модульность, позволяющую использовать разные насадки (например, пропольщики, окучники). Использует простые и надёжные электрические приводы, базовую GPS-навигацию, а также датчики для распознавания рядов растений. Лёгкий и относительно небольшой робот на колёсном шасси. Он способен обрабатывать грядки без значимого уплотнения почвы. |
| Thorvald (Saga Robotics) | Saga Robotics Secures $11,5 Million in Growth Capital for US and UK  Expansion with Next Generation Agricultural Robot, Thorvald 3 - Thorvald - Saga  Robotics | Thorvald – робот от компании Saga Robotics. Имеет более широкую сферу использования: от мониторинга состояния растений и внесения удобрений до сбора урожая. На него могут быть установлены различные модули: опрыскиватели, камеры, манипуляторы для сбора ягод. Оснащён обширным набором датчиков (камеры, лидары, GPS, IMU), которые позволяют ему выполнять автономное движение, собирать разнообразные данные и взаимодействовать в рамках «роевых» сценариев с другими роботами. |
| TerraSentia (EarthSense) | A Fruitful Partnership - NCSA | TerraSentia – робот от компании EarthSense. Нацелен в первую очередь на детальный сбор данных и проведение измерений в полевых условиях. Отличается модульностью по части сенсоров и программного обеспечения: различные камеры, спектральные модули, алгоритмы распознавания и анализа данных. Он может выполнять множество задач по измерению параметров растений, но не предназначен для физических работ. Специализируется на детальном сборе данных: используются высокоточные мультиспектральные и гиперспектральные камеры, лидары, а также ПО с алгоритмами компьютерного зрения и машинного обучения для анализа состояния растений. |

Проанализировав имеющиеся на рынке аналоги были сделаны выводы:

Для передвижения будет достаточно 4-х колесного шасси, где каждое колесо будет ведомым. Такая конструкция будет оптимальной для передвижения по полям и ее будет достаточно чтобы преодолевать препятствия. Колеса должны иметь протектор для хорошей сцепки.

Для позиционирования робота в пространстве и передвижения можно будет использовать GPS навигацию, IMU модуль и моторы с энкодером. Эти датчики имеют достаточный функционал для передвижения по полю.

В роботе нужно предусмотреть возможность удаленного управления через интернет, чтобы можно было в любой момент остановить и вернуть робота.

В качестве модулей для робота стоит рассмотреть как модули для механической роботы (прополка, окучка) так и для профессионального оборудования с датчиками (модуль мониторинга состояния растений). Это позволит наиболее полно закрыть функционал, который робот сможет выполнять на поле.

# Структурная схема и техническое задание

Прежде чем приступить к работы была разработана структурная схема.

Так же было сформулировано техническое задание:

# Конструкторско-технологический этап

# Конструкция робота

# Выбор САПР

Для разработки конструкции робота была выбрана САПР Компас 3Д. Ее выбор обусловлен наличием у меня опыта работы в данной среде, а также наличием большого количества материала по работе с ней в открытом доступе.

# Разработка основного корпуса

В первую очередь было выбрано разработать корпус основной части. Он является основной деталью так как именно к нему будут крепиться все остальные детали. Было принято решение, что корпус будет иметь прямоугольную форму. Спереди будет находиться разъем для крепления и специальные отверстия, в которые будет вставляться модуль для более удобного взаимодействия. Моторы будут иметь внешнее крепление. Далее они будут закрыты насадкой для поддержания герметичности корпуса. Материнская плата будет крепиться на болты в нижней части корпуса. Для доступа внутрь корпуса сверху имеется крышка.

# Разработка модуля

Далее были спроектированы модули. Предполагается, что они будут иметь универсальное крепление и эргономично продолжать основную часть. Было решено, что модуль будет иметь корпус, внутри которого будет находиться все необходимое. Корпус будет сверху накрываться крышкой-креплением, которая удавлена внутрь для поддержания герметичности модуля.

# Расположение датчиков и не только

Робот работает от аккумулятора, для того чтобы он мог работать как можно дольше, было принято решение, что аккумулятор можно будет поменять. Он будет крепиться внутри корпуса, и к нему будет легкий доступ при открытии крышки.

Для датчиков в модуле анализа окружающей среды вокруг растений и для камеры в модуле мониторинга состояния окружающей среды были сделаны специальные отверстия в корпусе модуля.

# Изготовление и сборка конструкции

Корпус робота был изготовлен на 3Д принтере. Для печати использовался пластик PETG так как он более прочный, также его характеристики позволяют эксплуатировать робота в более жесткой среде. Для ускорения печати некоторые детали были разделены и напечатаны отдельно.

# Электроника робота

# Выбор электронных компонентов и САПР

В качестве моторов были выбраны тт моторы с редуктором 1:48, рабочем напряжении 12В и моментом …, что позволяет передвигать робота весом до 10 кг, благодаря этому можно увеличить полезную нагрузку. В качестве энкодеров используются …..

В качестве драйверов были выбраны … так как они предоставляют возможность работать с напряжение до 13В, так же у них хорошее рассеивание тепла, что особенно вжно в маленьком корпусе.

Для онлайн связи с серверо был выбран GSM/GRPS модуль SIM800L, так как он пзволяет быстро подключиться к сети и передать все необходимые данные. Общение с модулем происходит по UART.

Для определения положения робота на поле так же используется GPS модуль …. Он отличается надежностью и наличием большого количества материалов по работе с ним. Связь с ним так же происходить по UART.

В качестве IMU-модуля была выбрана плата MPU6050, так как она предоставляет большой функционал по работе с гироскопом и кселлирометром, что позволяет точнее определтяь метонахождение робота и контроллированть его движение. Связь с модулем происходит по I2C.

В качестве контроллера основной части была выбрана Arduino UNO. Она поддерживает все необходимые протоколы передачи данных. Так же имеет достаточно большое количество пинов, которые нужны для управления роботом.

Для модуля мониторинга состояния растений была выбрана OpenMV H7. Она представляет большой функционал для роботы с камерой. Так же имеет выводные пины, через которые можно будет наладить общение между контроллерами.

В качестве контроллера для модуля анализа окружающей среды была выбрана Arduino NANO. Она имеет компактные размеры и поддерживает все необходимые протоколы для связи датчиков и контроллеров.

Для модуля анализа окружающей среды были выбраны датчики … Общение с ними происходит по I2C.

Для удобного взаимодействия компонентов между собой было решено спроектировать собственнуб печатную плату. Так же на плате можно заренее предусмотреть все разъемы и пины и для удобного налаживания связи между основным блоком и модулем. Для основной части и для модуля анализа состояния окружащей среды были разработаны печатные платы.

Спискок компонентов в приложении ….

Для проектирования и разводки печатных плат былавыбрана САПР EASY EDA. Так как эта программа имеет обширную библиотеку, которую пополняют в том числе и пользователи, в ней можно найти почти любой компонент. Так же она предоставляет обширные возможности для работы над проектом и импортом его в другие программы.

# Разработка пренципиальной схемы и трассировка печатной платы

Принципиальная схема представлена …

Далее я приступил к разводке печатных плат. Было решено сделать печатные платы двухслойными для удобства трассировки и экономии места.

# Производство печатной платы и монтаж компонентов

Было решено самому делать печатную плату. Для производства платы из САПР вгружалось информация в виде pdf файлов. Далее на основе этих данных из текстолита на лазерном чертеже вырезалась плата и вытравливалась.

Компоненты я так же сам располагал на плате и припаивал при помощи паяльника.

# Программное обеспечение робота