

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический
Направление подготовки Агроинженерия
Отделение Промышленных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка конструкции самоходной роботизированной платформы сельскохозяйственного назначения для междурядной обработки

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Натальченко Александр Сергеевич		

УДК: 621.865.8:631.3:631.5

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент	Проскоков А.В	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент	Проскоков А.В	к.т.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
кандидат педагог. наук, доцент	Лизунков Владислав Геннадьевич	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
руководитель ОТБ	Солодский Сергей Анатольевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
руководитель ОПТ	Кузнецов Максим Александрович	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях агропромышленного комплекса и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях агропромышленного комплекса и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в техническом сервисе, при производстве, восстановлении и ремонте иных деталей и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении, ремонте и восстановлении деталей и узлов сельскохозяйственной техники, для агропромышленного и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы в техническом сервисе, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на предприятиях агропромышленного комплекса.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля в техническом сервисе.
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении, ремонте и восстановлении деталей и узлов сельскохозяйственной техники и при проведении технического сервиса в агропромышленном комплексе.
P12	Проектировать изделия сельскохозяйственного машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы технического сервиса, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический
Направление подготовки Агроинженерия
Отделение Промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
И.О. руководителя
отделения промышленных
технологий
Кузнецов Максим
Александрович

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
10Б51	Натальченко Александр Сергеевич

Тема работы:

Разработка конструкции самоходной роботизированной платформы сельскохозяйственного назначения для междурядной обработки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Размеры обрабатываемых площадей – до 1Га2. Максимальный уклон обрабатываемой поверхности не более 20 град3. Периодичность культивирования посезонно.4. Ширина одного прохода не менее 1м.5. Автоматический останов перед препятствием.6. Работа в автоматическом режиме по программе.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по теме ВКР. 2. Методика и алгоритмы расчета создания траектории движения. 3. Схемотехника и описание электронных компонент. 4. Конструкторская часть. Описание конструкции автоматической роботизированной платформы. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта. 6. Социальная ответственность.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор конструкций (1 лист А1). 2. Обзор схем создания траекторий движения (1 лист А1). 3. Алгоритм отработки движений самоходной автоматизированной платформы, (1 листа А1).. 4. Конструкция самоходной автоматизированной платформы. Чертеж общего вида, чертеж сборочных единиц. (3 листа А1 и два А2). 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта (1 лист А1).
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г
Социальная ответственность	Солодский С.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Реферат

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
К.т.н., доцент	Проскоков А.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Натальченко Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
10Б51	Натальченко Александру Сергеевичу

Институт	ЮТИ ТПУ	Отделение	ОПТ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	35.03.06 «Агроинженерия»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	1) Средняя цена готового изделия не более 188500 руб; 2) Затраты на покупные комплектующие не более 134770 руб; 3) Количество разработчиков – 3 человека.
<i>2. Страховые взносы на ЗП исполнителей</i>	30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ
2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР / НИ; расчет вложений в основные и оборотные фонды
3. Планирование показателей по труду и заработной плате (расчет штатного расписания, производительности труда, фонда заработной платы)
4. Проектирование себестоимости продукции; обоснование цены на продукцию
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР / НИ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Затраты на покупные комплектующие, ЗП исполнителей, итоговые затраты

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г	канд. пед. наук доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Натальченко А.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10Б51	Натальченко Александру Сергеевичу

Институт	ЮТИ ТПУ	Отделение	ОПТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление	35.03.06 «Агроинженерия»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Способы избегания вредных и опасных производственных факторов, возникающие при использовании роботизированной платформы сельскохозяйственного назначения</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Необходимые требования безопасности при эксплуатации агрегата. Безопасность механического оборудования и элементов.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, 	<p>Источники и средства защиты от опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаро- взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>

<i>профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>	
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Экологическая безопасность исходных материалов
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Безопасность при возникновении ЧС
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Контроль за выполнением требований безопасности
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б51	Натальченко Александр Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 95- страниц машинописного текста, 12-таблиц, 41 -рисунков. Представленная работа состоит из шести частей, количество использованной литературы – Графический материал представлен на 3 листах формата А1 и 2 листах А2.

Ключевые слова: разработка, роботизированная самоходная платформа, система управления, системы позиционирования, алгоритм отработки движений, схемотехника, себестоимость, безопасность и экологичность.

Цель работы: разработать конструкцию роботизированной платформы сельскохозяйственного назначения, написание программы управления.

В аналитической части приведена характеристика самоходных автоматизированных платформ и их сравнение.

В технологической части представлена программа управления агрегатом, необходимые расчеты для создания траектории движения.

В конструкторской части выпускной квалификационной работы представлен чертеж разработанной самоходной автоматизированной платформы.

В разделе «Безопасность и экологичность проекта» выявлены опасные и вредные факторы, мероприятия по их ликвидации, а так же техника безопасности.

В экономической части рассчитаны затраты на проектирование агрегата, его конструирование и создание управляющей программы.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и в комплексной системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D и представлена на компакт-диске CD-R (в конверте на обороте обложки).

ABSTRACT

Final qualifying work consists of 95 pages of typewritten text, 12 tables, 41 figures. The presented work consists of six parts, the amount of literature used – Graphic material is presented on 3 sheets of format A1 and 2 sheets A2.

Key words: development, robotic self-propelled platform, control system, positioning system, algorithm of movements, circuitry, cost, safety and environmental friendliness.

The purpose of the work: to develop the design of a robotic platform for agricultural purposes, writing a management program.

The analytical part presents the characteristics of self-propelled automated platforms and their comparison.

The technological part presents the program of control of the unit, the necessary calculations to create a trajectory.

In the design part of the final qualifying work is a drawing of the developed self-propelled automated platform.

In the section "Safety and environmental project" identified dangerous and harmful factors, measures to eliminate them, as well as safety.

In the economic part, the costs for the design of the aggregate, its construction and the creation of a control program are calculated.

The work is performed in a text editor Microsoft Word 2010 and in a comprehensive computer-aided design COMPASS-3D and is presented on a CD-R (in an envelope on the back cover).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
1. Аналитический обзор	14
1.1 Устройство и технические особенности платформ-роботов	16
1.2 Компании производителе роботизированных платформ	17
1.3 Роботизированные платформы EcoRobotik	18
1.4 Роботизированные платформы BoniRob	20
1.5 Платформы компании Bosh	21
1.6 Роботизированные платформы компании Ladybird	22
1.7 Роботы-роботизированные платформы компании paio Dino	23
1.8 Роботы-роботизированные платформы <i>HortiBot</i>	24
1.9 Сравнение технических и эксплуатационных параметры	25
1.10 Системы позиционирования и их применение	26
1.11 Глобальные навигационные системы	27
1.12 Позиционирование в сотовых сетях	28
1.13 Wifi позиционирование	28
1.14 Системы позиционирования с использованием пассивных радиочастотных идентификаторов	29
1.15 Позиционирование по технологии «ближнего поля»	29
1.16 Ultra wideband позиционирование	29
1.17 Локальные системы позиционирования	30
1.18 Система навигации Marvelmind	30
2 Расчеты и аналитика	31
2.1 Способы движения и поворотов агрегатов	34
2.3 Алгоритм определения местоположения робота	34
2.4 Методика расчета траектории движения	42
2.5 Схемотехника и описание электронных компонентов	44

3 Конструкторская часть	50
3.1 Описание конструкции	59
3.2 Тяговый баланс агрегата	61
3.3 Движущая сила мта	64
3.4 Силовой расчет навесной систем	68
3.5 Подбор линейных приводов поворота колес	70
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	72
4.1 Вводная часть	72
4.2 Трудоёмкость работ	74
4.3 Заработная плата, социальные отчисления	75
4.4 Сырьё, комплектующие	78
4.5 Амортизационные отчисления по основным средствам	80
4.6 Накладные расходы	81
4.7 Итоговые затраты	82
5 Социальная ответственность	84
5.1 Анализ вредных факторов при эксплуатации агрегата	84
5.1.1 Безопасность механического оборудования	84
5.1.2 Безопасность элементов	85
5.2 Анализ опасных факторов проектируемого изделия	86
5.2.1 Механизация и автоматизация технологических операций	87
5.2.2 Безопасность органов управления	88
5.2.3 Безопасность средств защиты, входящих в конструкцию	89
5.2.4 Безопасность при монтажных и ремонтных работах	89
5.2.5 Безопасность при транспортировке и хранении	89
5.2.6 Безопасность при размещении	90
5.2.7 Требования безопасности к профессиональному отбору	90
5.2.8 Пожарная безопасность	90
5.2.9 Охрана окружающей среды	91
	11

5.3 Экологическая безопасность исходных материалов	91
5.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	92
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
Заключение	93
Список литературы	94
Приложение А ФЮРА Б51.107.000	95
Приложение Б ФЮРА Б51.107.001	96
Приложение В ФЮРА Б51.107.002	97
Приложение Г ФЮРА Б51.107.003	98
Приложение Е ФЮРА Б51.107.004	99

Компакт диск: В конверте на обороте обложки.

ФЮРА Б51.107.000 ПЗ Пояснительная записка. Файл Пояснительная записка.docx в формате Microsoft Office Word 2010.

ФЮРА Б51.107.001. Файл Б:\Роботизированная платформа .cdw в формате Компас 3-DV17.

ФЮРА Б51.107.002 Рама. Файл В:\Рама.cdw в формате Компас 3-DV17.

ФЮРА Б51.107.003 Колесная балка Файл Г:\.cdw в формате Компас 3-DV17.

ФЮРА Б51.107.004 Стойка. Файл Е:\Стойка.cdw в формате Компас 3-DV17.

Ведение

Уровень роботизации на сегодняшний день достаточно высок в промышленности. Это связано с тем, что выполняемые операции имеют высокий уровень повторяемости и легко реализуются в алгоритмах. Многие операции заменены автоматизированными системами. Но в сельском и жилищно-коммунальном хозяйствах уровень автоматизации недостаточно высок, и он только начинает применяться. Это связано с тем, что формализуемость задач в этих отраслях трудновыполнима. В то же время, с появлением современных алгоритмов с элементами искусственного интеллекта уровень обучаемости таких машин постоянно повышается, и объемы выполняемых работ с помощью автоматизированной робототехники будут только расти.

Автоматизация технологических процессов значительно повышает производительность труда, снижает численность рабочего и обслуживающего персонала, улучшает условия труда, повышает качество выпускаемой продукции и снижает её себестоимость, увеличивает производительность оборудования, снижает уровень брака, повышает эффективность ведения технологических процессов.

В последнее время на рынке стало появляться все больше помощников для вашего огорода и дома: робот-мойщик окон; робот-чистильщик бассейнов, позволяющий следить за состоянием бассейна без вашего присутствия; робот-самоходная роботизированная платформа, который приведет в порядок ваш участок; робот-для посевных работ, который уже достаточно широко всем известен; робот пастух даже стали появляться робот-для уничтожения сорняков роботы-снегоуборщики.

Если раньше в категории огородных роботов правили роботы-мотоблоки, то последние годы на рынке стали появляться еще больше огородных роботов, которые все больше и больше набирают популярность:

роботы-сеяльщики зерновых культур, роботы для уничтожения сорняка в поле и роботы для обработки между рядами пропашных культур.

Первые самостоятельно обрабатывают почву и возвращаются на базу для подзарядки. Их принцип работы похож на тот, что применяется у роботов-пылесосов, только первые обрабатывают почву, а вторые собирают пыль. Культивирование почвы дает положительный эффект все сорняки которые попали на поверхность засохнут и не принесут не какого вреда. Спрос на такой тип устройств заметно вырос в прошлом году. Дачники также все чаще пытаются облегчить себе жизнь.

Успех от внедрения автоматизированных систем управления во многом зависят от грамотного проектирования, монтажа и правильной эксплуатации. Всё это должно осуществляться с использованием современных средств вычислительной техники.

В связи с тем, что анализ российского рынка автоматических самоходных автоматизированных платформ показал отсутствие отечественных производителей подобной техники, было принято решение о создании новой автоматизированной техники.

Цель работы – разработка конструкции самоходной роботизированной платформы для междурядной обработки, позволяющей обрабатывать небольшие участки территории полей или дачных огородов, имеющие посадку пропашных культур.

Виды работ, выполняемые самоходной платформой, связаны напрямую с междурядной обработкой пропашных культур навесным агрегатом культиватор-орудие для рыхления поверхностного слоя почвы, уничтожение сорняков внесения в почву минеральных удобрений.

Классификация культиваторов следующая.

По назначению делят на; паровые-для сплошной обработки почвы; пропашные-для рыхления почвы и уничтожения сорняков в междурядях культур растений ; универсальные для сплошной и междурядной обработки

почвы ; растение питатели-для обработки междурядий с одновременным внесение минеральных удобрений

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Развитие новых технологий стремительно продвигается вперед, и на смену вчерашним «новинкам» приходят современные «умные» устройства, выполняющие за человека его работу.

К такому оборудованию относятся самоходные роботизированные платформы. Они составили достойную конкуренцию привычным, тракторам и мотоблокам благодаря своим возможностям. Роботизированные устройства могут самостоятельно составить план участка, наметить маршрут и выбрать режим обработки участка.

Рассмотрим, как устроен такой робот и с какими функциями справляются различные модели.

От обычных моделей самоходных платформ с ручным управлением, робот отличается, в первую очередь, своей самостоятельностью. Само - название «робот», предполагает, что устройство способно функционировать автономно, без постоянных команд. Роботизированная самоходная платформа самостоятельно может определить время начала и длительность работ.

От владельца «интеллектуальной самоходной автоматизированной платформы» требуется первоначально задать рабочий график и определить границы обрабатываемого участка [1]. Этого достаточно, чтоб машинка сделала свою работу не хуже, чем трактор.

Работа самоходной роботизированной платформы происходит практически бесшумно и незаметно. Владелец самоходной платформы, при желании, в любой момент может остановить или перенаправить её. Некоторые модели могут управляться непосредственно с базовой станции, с помощью пульта управления или посредством открытых стандартов передачи данных (Bluetooth). А в последнее время все больше производителей стали разрабатывать приложения на смартфоны для управления техникой, что не может не радовать рядовых пользователей,

поскольку это довольно удобно, да и управлять устройством можно на большом расстоянии от него посредством сети Internet

1.1. Устройство и технические особенности роботизированных платформ.

Роботизированная платформа внешне напоминает обычный мотоблок. Аппарат имеет высокопрочный корпус, снабжен навеской для навесных агрегатов и перемещается колесным способом. Главное отличие – отсутствие рукоятки для управления.

Для того, чтоб узнать о возможностях «умной» машины больше, разберем более подробно ее устройство.

Металлический корпус защищает внутренние узлы оборудования от негативных воздействий окружающей среды. Внутри корпуса находится два аккумулятора, электродвигатель, линейный привод навески, конечно же, всевозможные датчики.

Робот-платформа оснащен мощными, надежным и износостойчивым аккумуляторами, способным выдерживать многократные циклы зарядки. Качественный литиево-ионный аккумулятор гарантирует длительность автономной работы, подпитывая устройство.

Конструкция платформы предусматривает одновременно несколько электродвигателей. Двигатель управляет вращением колес. Подконтрольность различным двигателям обеспечивает хорошую производительность и мощность оборудования.

Навески моделей роботов-платформ могут отличаться между собой формой и способом крепления. Они выполняются в виде сцепки. Отливаются сцепки из крепкой стали. Выдерживает большие нагрузки при подъеме навесного агрегатного оборудования, навеска отлично справляются с основной задачей – сцепка с агрегируемым оборудованием.

«Мозгом» платформы является встроенная система управления. Основная часть программы заложена производителем при изготовлении, остальное – задает собственник на свое усмотрение. Информация о настройках подробно изложена в инструкции по эксплуатации робота-платформы. Набор функциональных возможностей робота-платформы будет зависеть от выбранной модели и компании производителя.

Ведущие колеса — обычно полноприводные, но попадаются и задние модификации. Моторы работают независимо, для маневров используется разная скорость, а то и вращение колес в «противофазе», при этом платформа разворачивается на месте. Большой крутящий момент моторов позволяет платформам уверенно двигаться вверх по достаточно крутым склонам.

Каждое ведущее колесо работает независимо и управляется отдельным мотором. Вращаются колеса с разными скоростями – это позволяет осуществлять маневры.

Подавляющее большинство роботов — аккумуляторные, но иногда попадаются совмещенные варианты с питанием от аккумулятора и/или от солнечных элементов. Процесс подзарядки тоже организован по-разному: те модели, что проще, придется заряжать вручную, как мобильный телефон, более сложные подключаются к зарядному устройству самостоятельно, что конечно же, сильно сказывается на цене.

Наиболее популярны на модели роботизированных платформ производителей: Rowbot, Amazone-Bosch и ISO Group.

1.2. Компании производители роботизированных платформ

Компании сгруппированы по функциональному назначению своих проектов.

Комбайны и тракторы. Тракторы, помимо выполнения своей прямой функции, еще и выступают в роли тянущей силы для какой-либо роботизированной установки. Современные тракторы довольно большие по

размеру, и если они ломаются, то это сильно влияет на общее течение работы, в то время как автономные аппараты не нуждаются в руководстве и могут работать по расписанию.

Использование автономных механизмов позволяет выполнять задачи, имеющие строгие временные рамки, точно в срок.

- Agrobot
- Energid
- Clearpath Robotics
- Autonomous Solutions
- Wageningen UR
- Agritronics
- Kinze Manufacturing
- Amazone-Bosch
- AGCO Fendt
- Rowbot
- Robotic Harvesting

Роботы, предназначенные для посадки, обрезки, полива и удобрения растений:

- Harvest Automation
- ISO Group
- Helper Robotech
- Conic Systems
- Wall-Ye

Роботы, предназначенные для разведения и прополки растений:

- Blue River Technologies
- ecoRobotix
- Vision Robotics
- F Poulsen Engineering

Системы, предназначены для сбора данных, их обработки и выполнения других контролирующих функций.

- Agribotix
- PrecisionHawk
- senseFly
- Agribotix
- PrecisionHawk
- senseFly

Передовые системы управления, которые могут не только реагировать на команды, но и предоставлять собственные варианты решения сложных ситуаций.

- Jaybridge Robotics
- Autonomous Tractor
- Agrobotics AutoProbe
- Naio Technologies

Сельское хозяйство - это серьезный бизнес в каждой стране, поэтому необходимо своевременно освещать процесс внедрения и использования робототехники в этой области. В данной статье представлены как доступные проекты, так и проекты, которые находятся на этапах внедрения на рынок, но которые уже через год или два будут обширно использоваться в сельскохозяйственной индустрии.

1.3. Роботы-роботизированной платформы EcoRobotik

Лёгкие автономные роботы для прополки сельскохозяйственных культур. Полевой робот Ecorobotix.

Местное использование: поля в Швейцарии и Германии.

Функции: Роботизированная платформа для прополки сельскохозяйственных культур, включающая в себя продвинутые алгоритмы распознавания сорняков, быстрые «руки», передовые сенсорные технологии, беспроводную связь. Более того, Ecorobotix демонстрирует высокую энергоэффективность.

Тестирование: В настоящее время EcoRobotix протестирован на прополке свеклы, в будущем планируется распространить технологии на прополку рапса, кукурузы, подсолнухов и сои. Скорость робота 12км/ч, емкости батареи хватает на 8 часов автономной работы.

Доступность: Первые роботы поступили в продажу к концу 2015 года

Цена: Порядка 15 000 EUR (\$18,750) за одного робота



Рис.1 Платформа EcoRobotix

1.4.Роботизированные платформы VoniRob, Deerfield Robotics.

Функции: Уборка урожая, косьба, вывоз урожая, проведение исследований.

Максимальная скорость работы робота составляет 1.75 сорняка в секунду при движении со скоростью 3,7 сантиметра в секунду и при плотности сорняков 43растения на квадратный метр. А при меньшей плотности сорняков растений робот может двигаться с максимальной скоростью в 9 сантиметров в секунду.

Эта универсальная платформа может поднимать полезный груз до 150кг, а ее генератор может обеспечивать робота энергией непрерывно в течении 24 часов на одной заправке горючего.

Доступность: Появился в продаже в начале 2015 – в настоящее время продается только университетам и исследовательским организациям

Цена: От \$12.000 до \$30.000 в зависимости от конфигурации модели.



Рис.2 Роботизированная платформа Deepfield Robotics.

1.5. Платформы компании Bosh

Продукт: Полевой робот BoniRob.

Местность использования: Пшеничные и кукурузные поля в Германии.

Тестирование: Легкие и многофункциональные BoniRob на данный момент находятся в разработке совместно с компанией Robert Bosch GmbH.

Функции: Автономные и многофункциональные роботы предназначены для работы в группах. В область деятельности BoniRob входит посев, применение удобрений и контроль участка.

Доступность: Сконструированы лишь 3 экземпляра роботов. Планы по коммерциализации проекта компанией еще не анонсированы.

Цена: Не известна.



Рис.3 Роботизированная платформа BoniRob

1.6 .Роботизированные платформы компании Ladybird

Робот Ladybird или “Божья коровка” был спроектирован с конструирован специально для овощной промышленности. Его используют для наблюдения за фермой и составления технологических карт. На роботизированной платформе установлен целый ряд датчиков и солнечных панелей, которые позволяют роботу следить за ростом растений и появлением вредителей круглосуточно. Тесты показали, что робот может работать три дня без подзарядки.

Проектировщик робота, профессор Сиднейского университета Салах Суккари, в дальнейшем планирует использовать свое изобретение для сбора урожая. Напомним, что он также является автором робота-пастуха SwagBot.

Цена: 13000\$



Рис. 4 Роботизированная платформа Ladybird

1.7. Роботизированные платформы компании naïo Dino

Робот Dino предназначен для облегчения прополки овощей на крупных овощных фермах. Его основным преимуществом является то, что он работает автономно, поэтому у вас больше времени для задач с более высокой добавленной стоимостью.

Dino является первым полностью самоходным электрическим роботом для механической прополки овощных культур. Робот разработан Naïo Technologies и находится в продаже с начала 2017 года. Сегодня более 40 роботов пропалывают овощные поля во Франции.

Использование: Робот предназначен для автономной прополки приподнятых грядок.

Размер: длина 250 см , 98,4 дюйма – высота 130 см , 51,2 дюйма - регулируемое расстояние между осями колес от 140 до 180 см (55,1 до 70,9 дюйма).

Вес (без инструмента): 800 кг , 1,764 кг (в зависимости от средства).

Энергия: 100% электрический литиевые батареи, автономная работа: до 8 часов.

Привод: 4 колесная тяга, навигация: GPS с-РТК навигация камера: сантиметровая.

Скорость работы: до 10 га в день, рабочая ширина: ряды от 120 до 160 см , 47,2 до 63 дюймов-междурядье возможно от 15 до 50 см , 6 до 20 дюймов.

Скорость: до 4 км, час, 2,5 мили, час . Происхождение: разработан и изготовлен во Франции.

Цена: 19.500 \$



Рис. 5 Роботизированная платформа Dino

1.8. Роботы-роботизированные платформы *HortiBot*

Продукт: Полевой робот *HortiBot*

Местность использования: Дания.

Тестирование: Робота *HortiBot* с улучшенной навигационной системой проводится в реальных условиях в Дании.

Роботизированная платформа для прополки сорняков. Автономные передвижения, GPS-модуль. Автономно выполняет прополку сорняков. Оператор только перенаправляет робота на другой участок и выбирает, какую из программ запустить. Позволяет снизить использование гербицидов.

Характеристики: емкость батареи 220кВт/ч, достигаемая максимальная скорость 3км/ч, вес 160кг.

Доступность: В продаже с 2018 года

Цена: 14000\$



Рис.6 Роботизированная платформа HortiBot

1.9.Сравнение технических и эксплуатационных параметры устройств.

Таблица 1

Параметры	Ед.Изм.	BoniRob	SwagBot	<i>HortiBot</i>	Ecorobotics
Вес	Кг	80	120	160	80
Мах скорость	Км	9	8	6	8
Емкость батареи	кВт/ч	80	150	220	220

Продолжение таблицы.1

Время автономной работы	Ч	4	10	3	12
Цена	руб	Не известна	858000	924000	123000

1.10 Системы позиционирования и их применение

Применение систем идентификации и позиционирования материальных объектов – людей, подвижных механизмов, транспортных средств и различных предметов – особо актуальное направление оптимизации технологических и бизнес процессов. Эти системы уже применяются в самых различных сферах деятельности. Начиная мониторингом пациентов, персонала, лекарств и оборудования в клиниках и заканчивая контролем местонахождения инструментов, сборочных единиц и рабочих на конвейере. Разнообразие областей и направлений использования породили множество технологий.

Для позиционирования используются несколько групп технологий. Прежде всего, это спутниковые навигационные системы – ГЛОНАСС, GPS, и др. Самую многочисленную группу составляют радиочастотные технологии – RFID. Также можно выделить технологии инфракрасного и ультразвукового позиционирования [5].

Среди радиочастотных технологий можно выделить технологии, которые изначально были предназначены для оказания услуг связи, (Wi-Fi, Bluetooth, сотовая связь), и те, которые по физическим свойствам модуляции в наибольшей мере подходят для позиционирования – это CSS (Cascading Style Sheets), UWB (Ultra-Wide Band), NFER (Near-field electromagnetic ranging) и др.

1.11 Глобальные навигационные системы

Наилучшую точность на сегодня обеспечивает GPS, точность позиционирования которой не менее шести метров. А новейшее поколение спутников, запускаемых в настоящее время, обеспечит точность не менее 60-90 см.

Большой минус всех глобальных систем – зависимость от условий использования. Практически невозможно определять местонахождение внутри зданий, в подвалах или тоннелях, уровень сигнала сильно ухудшается даже при большой облачности. На прием сигналов GPS так же влияют и помехи от наземных источников.

1.12 Позиционирование в сотовых сетях

Позиционирование в сотовых сетях разработали одним из первых. Это объясняется широким распространением сотовой связи и относительной простотой метода Cell Of Origin – по местонахождению соты, к которой подключился абонент. Точность такого позиционирования определяется радиусом действия соты. Для более точного определения координат используют данные от нескольких базовых станций. Существует несколько таких методов.

Angle of arrival – направление на абонента. Местонахождение определяется на пересечении секторов нескольких станций. Обычно точность этого метода не более 100-200 метров.

Time of arrival – время прибытия. При этом методе измеряется время прихода сигнала от абонента на минимум три базовые станции. Точность метода – около 100 метров.

1.13 WiFi позиционирование

Простейший способ позиционирования в WiFi сетях, подобно сотовым, по базовой станции, к которой подключен абонент. Способ используется для оказания различных видов услуг, в зависимости от типа подключенного устройства и его местонахождения. Радиус действия WiFi точек доступа обычно составляет от 30 до 200 метров, чем определяется точность позиционирования, которая, к сожалению, не высока. В идеальных условиях она составляет в 3-5 метров, в реальных – 10-15 метров. Как и в сотовых сетях, в сетях Wi-Fi идентификация объекта возможна, но обычно такая задача не ставится.

1.14 Системы позиционирования с использованием пассивных радиочастотных идентификаторов (RFID)

Основное назначение систем с пассивными RFID метками – идентификация. Они применяются в системах, традиционно использовавших штрих-коды или магнитные карточки – в системах распознавания грузов и товаров, опознания людей.

Стоимость систем с пассивными RFID метками выше стоимости систем с штрих-кодами или магнитными карточками, но использование пассивных RFID существенно разгружает операторов.

1.15 Позиционирование по технологии «ближнего поля»

Технология измерения расстояния в ближнем электромагнитном поле (NFER) использует метки-передатчики и один или несколько приемников. Точность позиционирования в реальных условиях составляет 1м на расстоянии до 30м. Радиоволны огибают препятствия, не отражаются.

Поэтому NFER технология имеет преимущества в помещениях с большим количеством препятствий.

1.16 Ultra Wideband (UWB) позиционирование

Технология UWB использует короткие импульсы с максимальной полосой пропускания при минимальной центральной частоте. Технология используется в связи, радиолокации, измерении расстояний и позиционировании. Это обеспечивается передачей коротких импульсов, широкополосных по своей природе

Преимущества технологии: надежная работа, высокая точность, устойчивость к многолучевому затуханию.

1.17 Локальные системы позиционирования

Ультразвуковая локальная система позиционирования – система позиционирования для роботов, являющаяся близким аналогом спутниковых систем навигации как в аппаратной, так и в программно-алгоритмической части.

Основым компонентом [спутниковых систем позиционирования](#) являются космические аппараты, которые имеют единую высоту и [период вращения](#) вокруг [Земли](#). Организация данной системы в помещении не приведет к удовлетворительным результатам из-за малого расстояния между передатчиком и приемником, которое во много раз меньше расстояния между космическим спутником и приемником на Земле, а также, из-за огромной скорости радиоволны. Следовательно, в помещении уместнее использовать звук, так как он имеет меньшую скорость (~340 м/с).

Оценивая скорость звука и его рабочий цикл, можно определить точное расстояние до предмета. Ультразвуковые датчики работают с

пьезоэлектрическим преобразователем, который является как звуковым излучателем, так и приемником. Интегрируемый контроллер вычисляет расстояние по времени эха и скорости звука.

1.18 Система навигации Marvelmind

Система навигации внутри помещений «Marvelmind» - это готовая навигационная система, предназначенные для определения точных (± 2 см) данных о местоположении для автономных роботов, транспортных средств, и вертолетов. Именно эту систему мы решили установить на наш агрегат.

Ультразвуковые маяки обмениваются данными по радиоканалу, используя открытый нелицензируемый диапазон. Местонахождение мобильного маяка, установленного на роботе, тележке, коптере или человеке, рассчитывается с использованием трилатерации на основании задержки распространения ультразвукового сигнала к множеству стационарных ультразвуковых маяков.

Проще говоря, маяки располагаются в заданных точках и по очереди испускают ультразвуковой сигнал. Соседний маяк принимает сигнал и рассчитывает разность времени приема сигналов от каждого устройства. Такое “общение” маяков координирует по радио центральный роутер. Зная начальные координаты передатчиков, а также то, как быстро прошел от каждого из них ультразвуковой сигнал до другого, можно узнать координаты мобильного маяка.

Каждый маяк включает в себя пять ультразвуковых датчиков, интегральную схему, антенну и литий-полимерный аккумулятор.

Маяки нужно устанавливать в помещении на расстоянии до 50 м. При этом точность навигации составит 1-3% расстояния между маяками, до 1-2 см. Минимальное количество маяков для эффективной трилатерации – три.

Базовая система, которая включает в себя четыре стационарных и один мобильный маяк, обеспечит эффективную навигацию в помещениях

общей площадью до 1000 кв.м. Чтобы работать на более крупных объектах, потребуется больше маяков, система легко масштабируется. Вручную задавать координаты маяков не нужно – все происходит автоматически [6].

Ключевые требования к функциональности системы:

- Для 3D (x, y, Z) отслеживания – беспрепятственное прохождение сигнала на мобильный маяк с трех или более стационарных маяков одновременно.

- Для 2D (x, Г) отслеживание – беспрепятственное прохождение сигнала на мобильный маяк двух или более стационарных маяков одновременно

- Расстояние между ближайшими маяками – не более 30 метров. В идеальных условиях – до 50 метров,

Технические характеристики «Marvelmind» представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика	Показатель
Расстояние между маяками	До 50 метров
Зона покрытия	До 1000 м ²
Точность определения местоположения	2см
Размер маяка	55x55x33 мм
Скорость обновления местоположения	0.05–45гц (можно установить вручную). Зависит от расстояния между мобильным и стационарным маяком, от количества мобильных маяков и в малой степени от количества стационарных маяков

Продолжение таблицы.2

Питание	Срок службы батареи зависит от интенсивности использования
Внутреннее:	<ul style="list-style-type: none"> • LiPo1 батарея 1000mah. Стационарный радиомаяк со скоростью обновления 16 Гц до 72ч; • Стационарный радиомаяк со скоростью обновления 1hz – около 1 месяца;
Внешнее:	<ul style="list-style-type: none"> • Мобильный радиомаяк со скоростью обновления 8 Гц – 12ч;

Сравнительные характеристики рассмотренных систем навигации приведены в таблице 3:

Таблица 3

Тип RTLS	Точность, м	Дистанция, м	Стоимость
Пассивные RFID	-/-	Менее 1	Низкая
ГЛОНАСС	10-15	-/-	Низкая
Сотовая связь	100-500	-/-	Низкая
Wi-fi	3-5	50	Средняя
Инфракрасное	0,1	3-10	Высокая
Ультразвуковое	0,1	3-10	Высокая
Активные RFID	1-3	20-100	Средняя
NFER	0,5	20-30	Низкая
UWB	0,1	10	Высокая
Marvelmind	0,02	50	Высокая

2.Расчеты и аналитика

Современная самоходная техника сегодня работает в поле с использованием автопилота. Точное выполнение работ в поле позволяет снизить затраты времени и переработку до 20%. При этом экономится горючее, минеральные удобрения расходуются разумнее, улучшается обрабатываемость полей гербицидами.

Все известные системы автоматического пилотирования предполагают установку курсоуказателя, контроллера и приемника сигналов глобального спутникового позиционирования ГЛОНАС или GPS [7]. Эти устройства актуальны при работе на больших площадях. Использование дифференциальной поправки с геостационарных спутников или с наземных базовых станций, как правило, является платной, что практически сводит к нулю эффективность от применения данных систем в малой самоходной технике в условиях сельской местности или участках территорий, закрытых кустарниками или деревьями.

Поэтому во всем мире проводятся интенсивные исследования по созданию технологий навигации роботов с использованием indoor технологий, которые реализуются с помощью сканирующего лазерного дальномера, беспроводных сетей, ориентиров, а также соответствия картам местности, и др. Подобные разработки ведутся как в России, так и за рубежом.

Ключевыми в данном вопросе являются:

- США – Карнеги Меллон (Carnegie Mellon University), Стэнфорд (StanfordUniversity), Германии – Бонн (University of Bonn), Австралии – Сидней (The University of Sidney)

В России это:

- НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, НУЦ «Робототехника», ЦНИИ РТК, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

На основе данных, полученных от систем позиционирования, создаются подсистемы планирования маршрута и подсистемы управления движением робота.

2.1.Общепринятые стратегии движения трактора

Алгоритм движения описывает, как и по какому пути должен двигаться робот, чтобы полностью обработать участок безопасным и эффективным в части затрат энергии и времени способом.

Колесные агрегаты большую часть времени находятся в криволинейном движении, при этом, траектория непрерывно изменяется. Маневренность движения обусловлена необходимостью совершать повороты в соответствии с задаваемой траекторией, а также отклонением агрегата от нее по причине действия внешних возмущающих сил. При движении на прямолинейных участках пределы изменения радиуса кривизны траектории небольшие, поэтому такое движение рассматривается условно как прямолинейное, что позволяет рассматривать эксплуатационные свойства отдельно как при прямолинейном, так и при криволинейном движениях.

Управляемость колесных машин – способность сохранять заданное направление движения, а при необходимости – изменять его по необходимой траектории. Соответственно, способность сохранять необходимое направление движения называется устойчивостью движения, а способность изменять направление по требуемой траектории – поворачиваемостью.

Машинные агрегаты перемещаются с определенной цикличностью. Циклично повторяющееся чередование рабочих ходов, поворотов и заездов называется способом движения машинного агрегата.

Среди разнообразных способов движения агрегатов выделяют три группы основных:

- гоновые (агрегаты движутся вдоль одной из сторон участка);

- диагональные (движение осуществляется под острым или тупым углом к сторонам участка);
- круговые (агрегаты при работе копируют контуры участка).

При движении в загоне агрегат выполняет полезную работу или поворачивает. Движение при взаимодействии рабочих органов машины или орудия с почвой является рабочим ходом агрегата. Траектория движения агрегата на участке состоит из прямолинейных рабочих ходов и различных поворотов. Движение агрегата на повороте, при выезде из борозды, когда рабочие органы машины или орудия не взаимодействуют с почвой, называется холостым ходом. Если холостые ходы нельзя осуществить вне обрабатываемого поля, нужно обязательно выделить поворотные полосы с одной или с двух сторон. Ширина поворотной полосы зависит от радиуса поворота агрегата и вида поворота (См. рис. 6). Ширина поворотной полосы должна быть кратной ширине захвата агрегата, чтобы после обработки основного участка ее можно было обработать целым числом проходов. Ширина поворотной полосы должна быть минимальной, обеспечивающей поворот агрегата для следующего заезда. Наибольшая ширина поворотной полосы получается при полном петлевом повороте, наименьшая - при поворотах по полуокружности и с холостым пробегом.

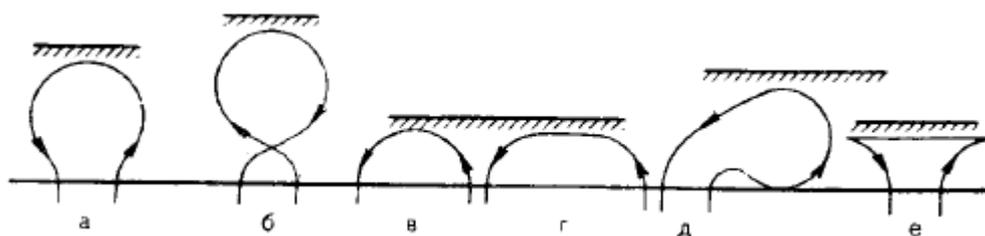


Рис.7 Основные виды поворотов МТА

А - петлевой; б - петлевой восьмеркой; в - полуокружность; г - с холостым пробегом; д - грушевидный; е - с применением заднего хода.

В случае с самоходной автоматизированной платформой движение может быть челночный, комбинированным, вразвал а также по краю и в углах участка.

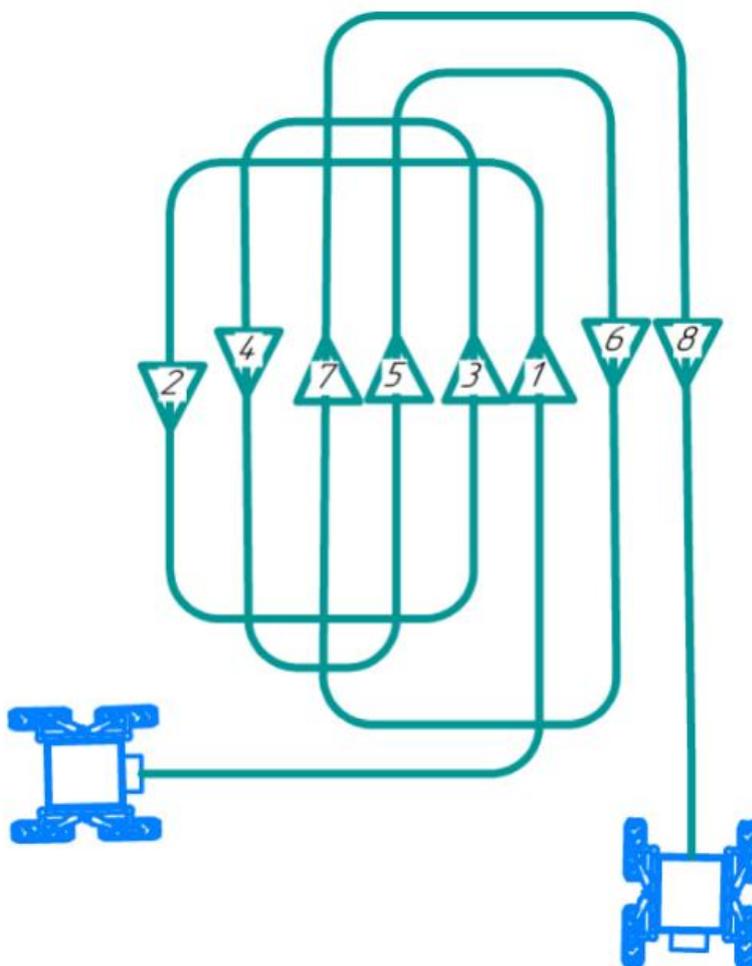


Рис. 8 Комбинированное движение агрегата

При Комбинированном способе движения самоходная автоматизированная платформа может гораздо быстрее обработать участок, чем при других видах движения. При таком движении рабочий орган будет задействован все время движения агрегата, а количество холостых ходов сведется к минимуму, что делает вспашку поля максимально эффективным. Агрегат совершает движение параллельно сторонам загона, непрерывно в одном направлении по спирали от периферии к центру или от центра к периферии. Траектория движения МТА от периферии к центру (См. рис 8) представляет собой свертывающуюся спираль, а при движении от центра к периферии (См. рис. 9) – развертывающуюся спираль, начинающуюся от

центральной площадки. Работа МТА по круговому способу движения выгодна на прямоугольных загонах с соотношением сторон не менее 4:1.

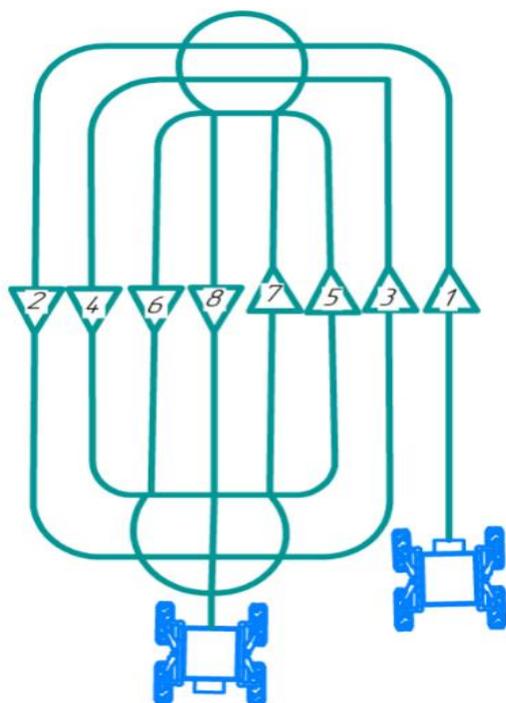


Рис. 9 Круговое движение от периферии к центру

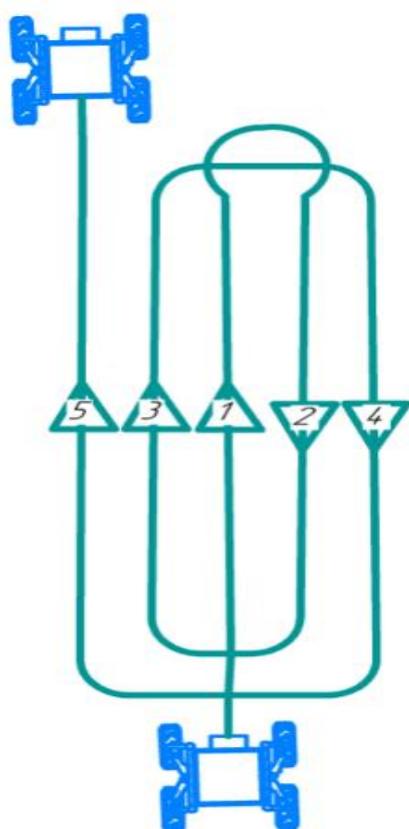


Рис.10 Круговое движение от центра к периферии

Гоновый способ – это когда агрегат совершает прямолинейные рабочие ходы вдоль загона или под углом к продольной линии загона с холостыми поворотами и заездами у поперечных краев загонов. На конце поля агрегат совершает поворот на 180. На прямоугольных участках с гоновым способом движения наибольший эффект достигается при направлении рабочих ходов (гонов) агрегата по длинной стороне загона, что уменьшает число поворотов (См.Рис.10). Данный способ наиболее эффективен для высокоманевренных агрегатов.

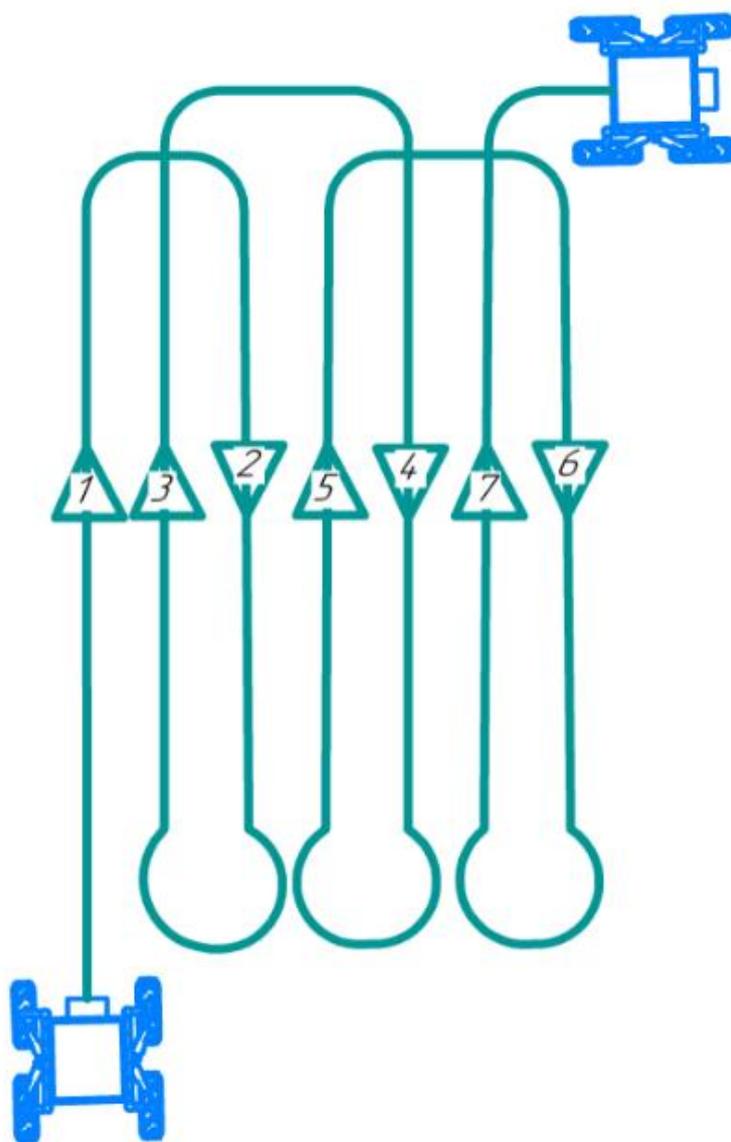


Рис. 11 Гоновый способ движения

При гоновом способе (параллельными полосами) движения на концах загонов необходимо оставлять поворотные полосы для холостых проходов

агрегата (если нет свободного выезда за пределы поля). Для облегчения обработки поворотной полосы ее ширина должна быть кратна ширине захвата агрегата, чтобы не делать рабочих ходов с неполным захватом или дополнительных холостых ходов. Этот вид движения распространен больше остальных ввиду его простоты и эффективности. Но если участок не прямоугольной формы, то при таком виде движения останутся необработанные области (См. Рис. 11).

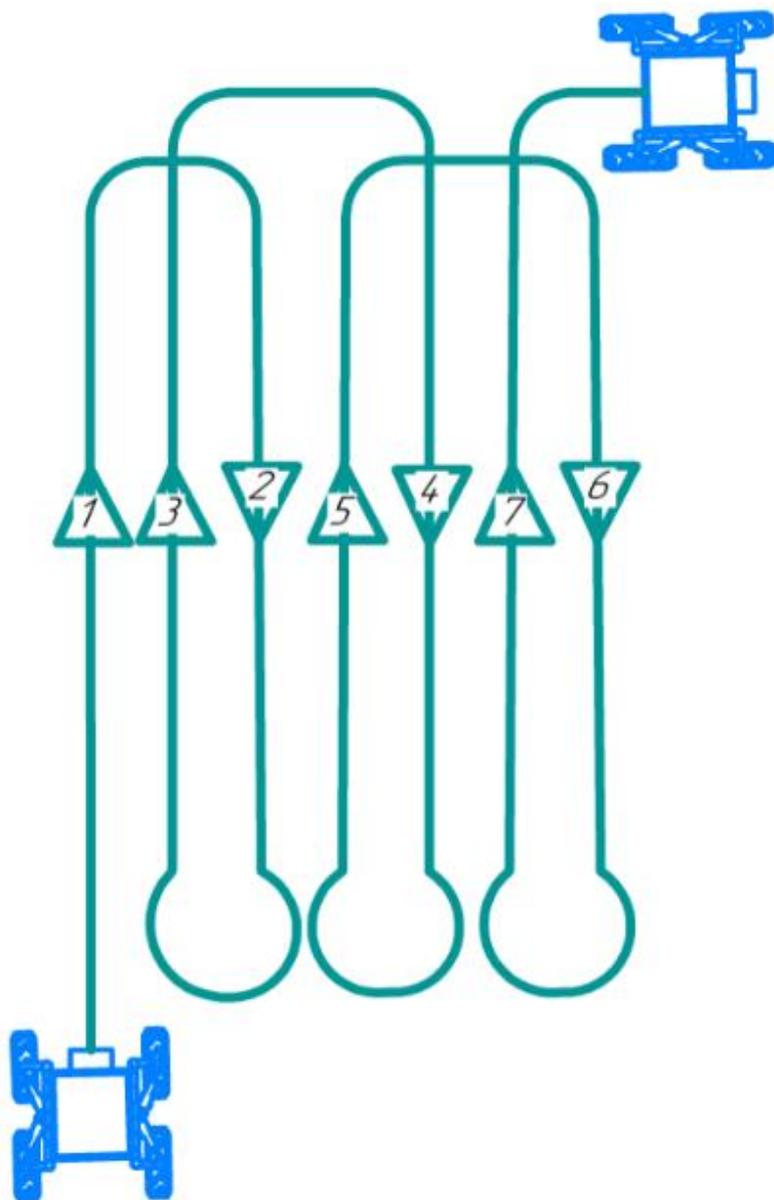


Рис.12 Необработанные области при способе движения челночное

Если участок имеет неправильную форму, то загоны и поворотные полосы размечают в виде прямоугольника или трапеции, чтобы неправильная форма отражалась только на длине гона.

Все эти виды движения не учитывают изменение траектории вследствие появления препятствия. Но ведь можно разложить зону обработки на области без препятствий и обрабатывать их, используя стандартные виды движения (См. рис. 13). Минус данного способа в том, что эти подобласти могут быть слишком малы для агрегата. То есть идет частичных захват других подобластей и тратится время на переезд агрегата с одной области на другую.

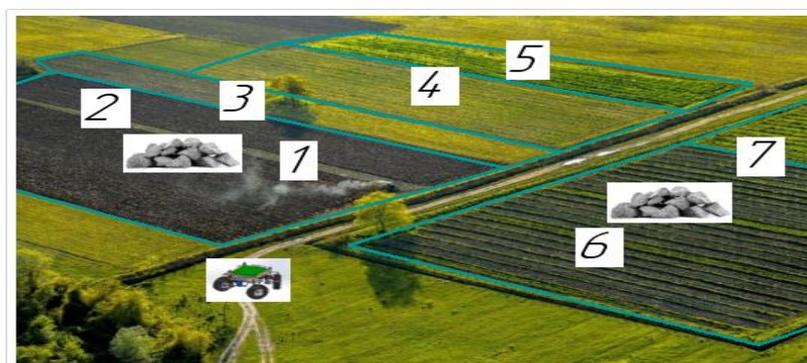


Рис.13 Разделение области обработки на 7 подобластей из-за 2-х препятствий

В нашем же агрегате реализован другой алгоритм движения. Платформа движется круговым видом движения от периферии к центру. А при появлении препятствий алгоритм позволяет изменить траекторию своего движения.

Достаточно весомым компонентом любого способа движения является радиус поворота агрегата. Ведь, чем меньше радиус поворота, тем меньше времени и энергии затрачивается на совершение разворота.

Разработанная роботизированная платформа при повороте приводит все колеса в положение 40 градусов (См.Рис16) При прямолинейном движении все четыре колеса имеют возможность подруливания, при этом они являются ведущими. (См. Рис. 15);

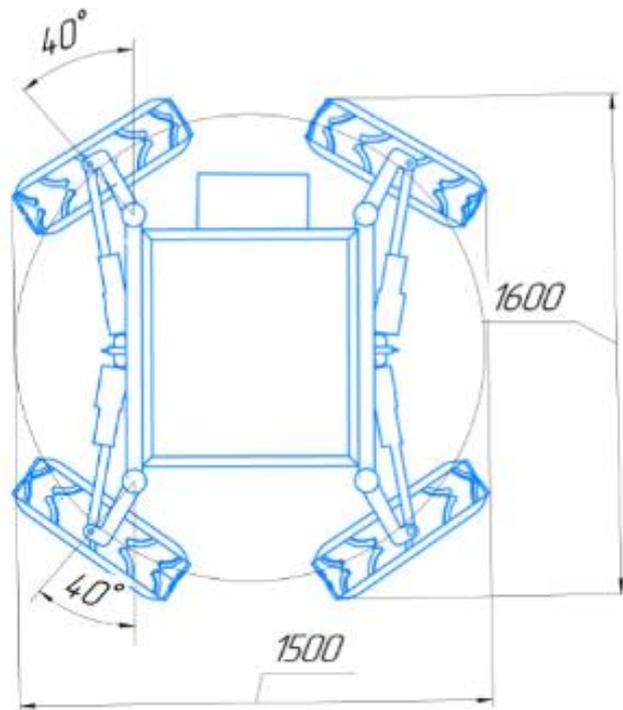


Рис.14 Положение колес при развороте

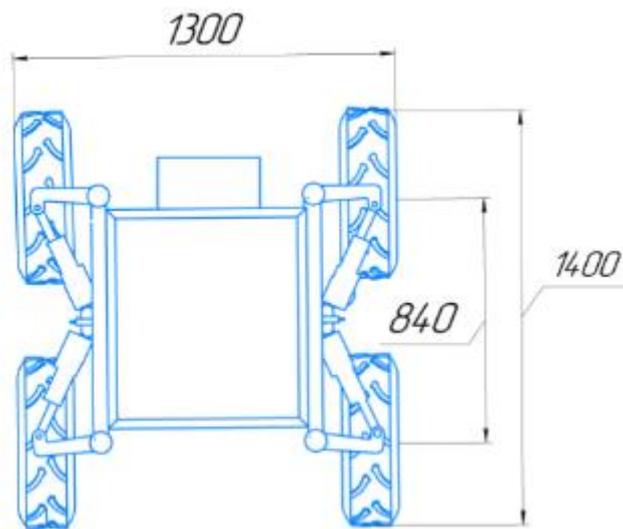


Рис. 15 Положение колес для прямолинейного движения

2.3.Алгоритм определения местоположения робота

Для определения положения робота используется алгоритм трилатерации. Трилатерация – геометрический метод, который использует

расстояние между тремя anchor-датчиками и одним неизвестным, для определения положения неизвестного [9].

Местоположение приёмника О будет являться точкой начала координат (0; 0), а Приёмники А и Б расположены взаимно перпендикулярно (см. Рис. 15). Расстояние от Приёмника О до Приёмника А (обозначим как i) и от Приёмника О до Приёмника Б (обозначим как j) известно. С геометрической точки зрения задача трилатерации сводится к нахождению точки пересечения трех или четырех сфер, координаты центра которых известны (ими являются Приёмники О, А, Б), а радиусом которых является расстояние от центра каждой из сфер до робота [10].

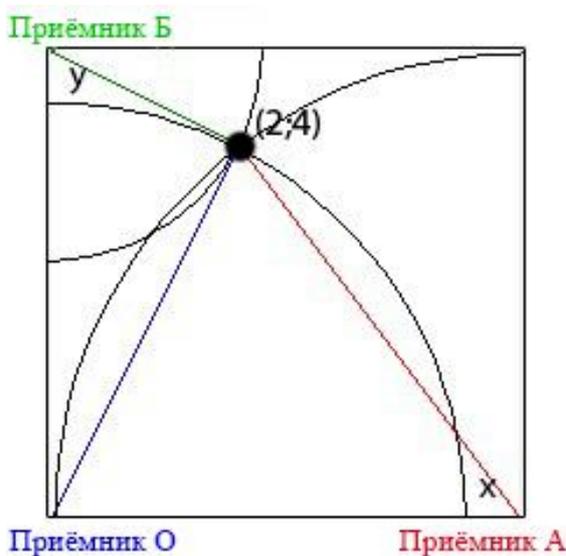


Рис. 16 Алгоритм трилатерации

В сжатом виде алгоритм работы системы выглядит следующим образом:

1. Определение температуры
2. Расчет скорости звука
3. Отправка синхросигналов
4. Получение времени задержки Приёмника О
5. Отправка синхросигналов
6. Получение времени задержки Приёмников А, Б
7. Расчет расстояний до робота
8. Расчет координат робота

2.4.Методика и алгоритм расчета создания траектории движения.

На сегодняшний день разрабатываются различные методы решения задачи определения положения мобильного робота, позволяющие не только получить оценки текущих скоростей и положения робота, но и характер рельефа. В каждом случае необходимо аналитически исследовать все параметры и в комплексе решать задачу прокладки маршрута.

Для создания траектории движения газонокосилки по участку известны различные способы маневрирования, приведенные выше [11]. С учетом известного было решено внедрить собственный способ расчета траектории.

Алгоритм работы разработанной системы управления следующий:

1. сначала в ручном режиме с помощью телеметрии определяется периметр участка, на котором планируется скашивание газонной травы;
2. во время движения робота система позиционирования отслеживает координаты точек по периметру с необходимым шагом;
3. система позиционирования фиксирует координаты в программе виде массива данных.

После фиксирования координат необходимо подвести робота на стартовую координату.

Для автоматического управления сначала определим текущие координаты положения и зададим движение машины в течение двух, трех секунд. После чего определим новые координаты положения и рассчитаем скорость движения робота и угол, на который машина должна повернуться, чтобы попасть в точку старта программы.

Для примера возьмем координаты точек и покажем математическую модель в системе MathCad:

$$\begin{aligned}
 x &:= (0 \ -8.4 \ 3.12 \ 25.86 \ 53.36 \ 81.22 \ 82 \ 108.2 \ 111.38 \ 99.34 \ 67.29 \ 14 \ 5)^T \\
 y &:= (0 \ 30 \ 68.11 \ 82.7 \ 87.9 \ 82.7 \ 62.7 \ 49.4 \ 30.8 \ 5.5 \ 4 \ -4 \ -1)^T
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Координаты (1) опорных точек покажем на графике рис. 16:

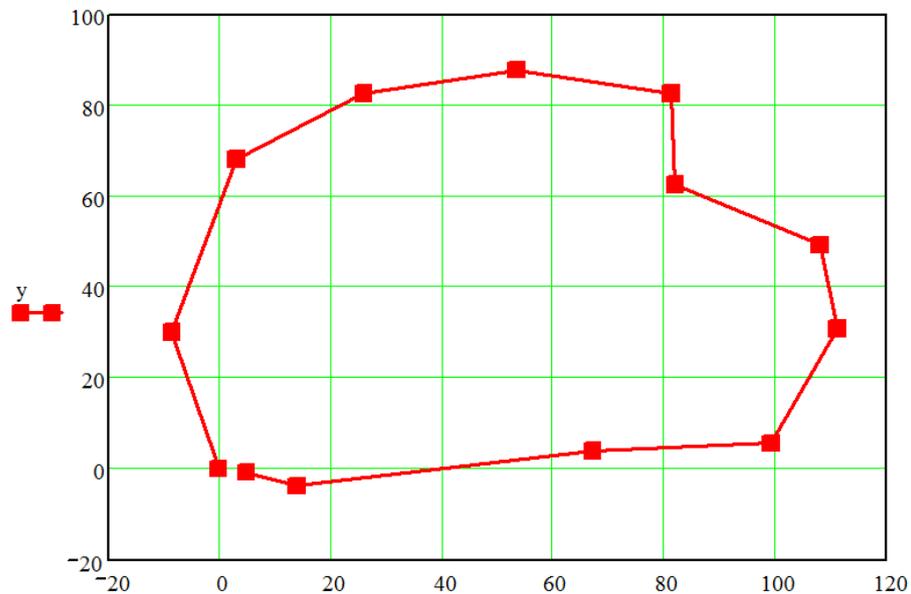


Рис.17 График координат периметра внешнего контура

Для расчета угла поворота машины воспользуемся формулой для вычисления косинуса угла между двумя векторами на плоскости.

$$\cos(\widehat{\vec{a}, \vec{b}}) = \frac{a_x b_x + a_y b_y}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2} \sqrt{b_x^2 + b_y^2}}
 \tag{2}$$

Чтобы найти числовое значение угла, необходимо вычислить длины векторов через координаты трех точек и скалярного произведения значений векторов.

Для расчета направления поворота необходимо рассчитать определитель матрицы разницы между координатами.

Далее на рис. 18 показан фрагмент программы MathCad для расчета угла поворота. Здесь предполагается, что робот уже имеет направление по оси Y.

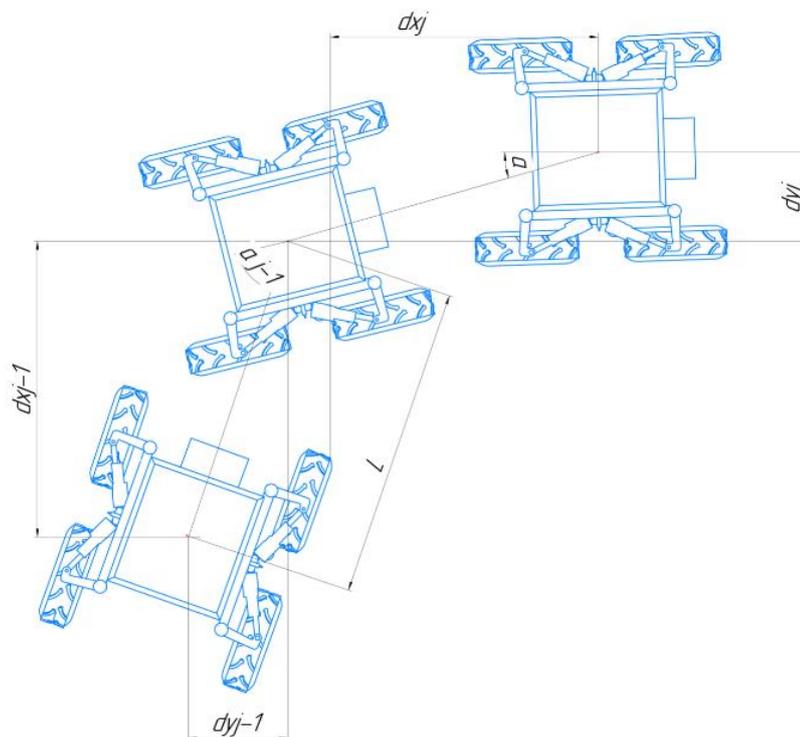


Рис.19

$$\begin{aligned}
 \text{Angle } j := & \left\{ \begin{array}{l} dx_j \leftarrow x_j - x_{j-1} \\ dy_j \leftarrow y_j - y_{j-1} \\ \alpha_j \leftarrow \arccos \left[\frac{(dx_{j-1} \cdot dx_j) + (dy_{j-1} \cdot dy_j)}{\sqrt{(dx_j)^2 + (dy_j)^2} \cdot \sqrt{(dx_{j-1})^2 + (dy_{j-1})^2}} \right] \\ A_j \leftarrow \begin{pmatrix} dx_{j-1} & dy_{j-1} \\ dx_j & dy_j \end{pmatrix} \\ \alpha_j \leftarrow -\alpha_j \text{ if } |A_j| > 0 \\ \alpha_1 \leftarrow \operatorname{atan} \left(\frac{dx_1}{dy_1} \right) \text{ if } dy_1 > 0 \\ \text{otherwise} \\ \left\| \begin{array}{l} \alpha_1 \leftarrow -\operatorname{atan} \left(\frac{dy_1}{dx_1} \right) + \frac{\pi}{2} \text{ if } dx_1 > 0 \\ \alpha_1 \leftarrow \operatorname{atan} \left(\frac{dy_1}{dx_1} \right) + \frac{\pi}{2} \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ \alpha_j \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Рис.18 Фрагмент блока программы расчета углов поворота
 Расчеты для координат (1) показали следующие значения углов:

	0
0	0
1	-15.6422
2	32.4614
3	40.4966
4	21.9766
5	21.2801
6	77.1941
7	-60.8527
8	53.3842
9	35.1512
10	61.8711
11	-5.858
12	26.9725

$$\frac{180}{\pi} \cdot \text{Angle} =$$

Рис.19 Рассчитанные значения углов

Для создания программы заполнения всей площади поля для скашивания произведем расчет промежуточных координат точек. Но сначала найдем центр масс полученной фигуры, ограниченной периметром с координатами по формуле:

$$X_c := \frac{\sum_{i=0}^k x_i}{k}; Y_c := \frac{\sum_{i=0}^k y_i}{k} \quad (3)$$

Для представленных опорных точек периметра траектории, значения координат центра тяжести фигуры будут: $X_c=53.5\text{см}$; $Y_c=41.6\text{см}$

Далее для каждой i -й точки рассчитаем расстояние до центра

$$DlinaRadiusa_i := \sqrt{(X_c - x_i)^2 + (Y_c - y_i)^2} \quad (4)$$

С учетом параметра ширины захвата газонокосилки рассчитаем количество треков для каждой точки. Из полученных значений выберем наибольшее и округлим его до целого значения. Фрагмент программы в системе MathCad показан на рис. 19

Теперь разобьем каждый отрезок, определяющий расстояние от центра площади до каждой точки на максимальное число и найдем приращение на отрезках через координаты:

$$\begin{array}{l}
\text{Xtrack} := \text{for } j \in 0.. \text{NumTrek} - 1 \\
\quad \text{for } i \in 0.. k \\
\quad \left| \begin{array}{l} \text{Jat} \leftarrow \frac{j}{\text{NumTrek} - j} \\ \text{Xt}_{j,i} \leftarrow \frac{x_i + \text{Xc} \cdot \text{Jat}}{1 + \text{Jat}} \end{array} \right. \\
\text{Ytrack} := \text{for } j \in 0.. \text{NumTrek} - 1 \\
\quad \text{for } i \in 0.. k \\
\quad \left| \begin{array}{l} \text{Jat} \leftarrow \frac{j}{\text{NumTrek} - j} \\ \text{Yt}_{j,i} \leftarrow \frac{y_i + \text{Yc} \cdot \text{Jat}}{1 + \text{Jat}} \end{array} \right.
\end{array}$$

Рис. 20 Фрагмент блока программы для расчета координат траектории движения

Полученные значения выведем в виде матрицы значений координат:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Xtrack =	0	-8.4	3.1	25.9	53.4	81.2	82	108.2	111.4	99.3	67.3	14	5	
	1	13.4	7.1	15.7	32.8	53.4	74.3	74.9	94.5	96.9	87.9	63.9	23.9	17.1
	2	26.8	22.6	28.3	39.7	53.4	67.4	67.8	80.9	82.5	76.4	60.4	33.8	29.3
	3	40.1	38	40.9	46.6	53.5	60.5	60.6	67.2	68	65	57	43.6	41.4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ytrack =	0	30	68.1	82.7	87.9	82.7	62.7	49.4	30.8	5.5	4	-4	-1	
	1	10.4	32.9	61.5	72.4	76.3	72.4	57.4	47.4	33.5	14.5	13.4	7.4	9.6
	2	20.8	35.8	54.8	62.1	64.7	62.1	52.1	45.5	36.2	23.5	22.8	18.8	20.3
	3	31.2	38.7	48.2	51.9	53.2	51.9	46.9	43.5	38.9	32.6	32.2	30.2	30.9

Рис. 21 Матрицы координат точек траектории движения

Преобразуем данную матрицу в вид последовательности чисел:

$$\begin{array}{l}
\text{Xtr} := \left| \begin{array}{l} i \leftarrow 2 \\ \text{Xcomb} \leftarrow \text{stack} \left[\left(\text{Xtrack}^T \right)^{\langle 0 \rangle}, \left(\text{Xtrack}^T \right)^{\langle 1 \rangle} \right] \\ \text{while } i < \text{NumTrek} \\ \quad \left| \begin{array}{l} \text{Xcomb} \leftarrow \text{stack} \left[\text{Xcomb}, \left(\text{Xtrack}^T \right)^{\langle i \rangle} \right] \\ i \leftarrow i + 1 \end{array} \right. \\ \text{Xcomb} \end{array} \right. \\
\text{Ytr} := \left| \begin{array}{l} i \leftarrow 2 \\ \text{Ycomb} \leftarrow \text{stack} \left[\left(\text{Ytrack}^T \right)^{\langle 0 \rangle}, \left(\text{Ytrack}^T \right)^{\langle 1 \rangle} \right] \\ \text{while } i < \text{NumTrek} \\ \quad \left| \begin{array}{l} \text{Ycomb} \leftarrow \text{stack} \left[\text{Ycomb}, \left(\text{Ytrack}^T \right)^{\langle i \rangle} \right] \\ i \leftarrow i + 1 \end{array} \right. \\ \text{Ycomb} \end{array} \right.
\end{array}$$

Рис. 22 Массивы координат точек траектории движения

Затем, применив алгоритмы интерполяции промежуточных значений [3], получим следующий график:

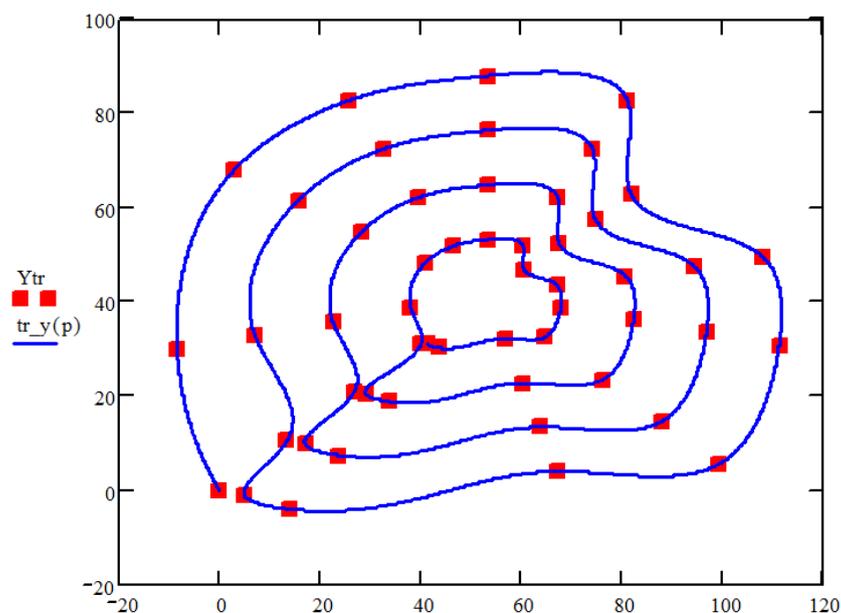


Рис. 23 График с опорными точками траектории движения

Из графика видно, что линии траектории проходят на разном удалении. Т.е. в некоторых случаях газонокосилка будет проходить несколько раз по одному месту.

Оценку производительности можно произвести после сравнения общей площади фигуры поля и площади, которая обработалась бы при движении газонокосилки без перекрытия, но с учетом длины пройденного пути. Площадь фигуры найдем по формуле Герона через координаты как сумму площадей треугольников с общей вершиной в центре тяжести фигуры.

$$\text{PloshadFigur} := \sum_{i=1}^k \sqrt{\text{Perimetr}_1 \cdot (\text{Perimetr}_1 - \text{DlinaRadiusa}_{i-1}) \cdot (\text{Perimetr}_1 - \text{DlinaRadiusa}_i) \cdot (\text{Perimetr}_1 - C_i)}$$

$$\text{где } C_f := \sqrt{(x_f - x_{f-1})^2 + (y_f - y_{f-1})^2}$$

$$\text{Perimetr}_f := \frac{\text{DlinaRadiusa}_{f-1} + \text{DlinaRadiusa}_f + C_f}{2}$$

Расчетное значение для заданной фигуры равно:

$$\text{PloshadFigur} = 8.05 \times 10^3$$

Общая пройденная длина пути газонокосилки определится как:

$$\text{SummDlina} := \sum_{i=1}^{r-1} \sqrt{(X_{tr_i} - X_{tr_{i-1}})^2 + (Y_{tr_i} - Y_{tr_{i-1}})^2} \quad (6)$$

2.5.Схемотехника и описание электронных компонентов

В данной работе была применена система фирмы Marvelmind Robotics, изображенная на рис 24. Эта система включает в себя не менее четырех ультразвуковых маяков, установленных по периметру участка и одного центрального маяка, установленного на движущееся средство. Система позволяет определять координаты робота с точностью до 2 см с площадью покрытия до 1000м²



Рис. 1 Комплект ультразвуковых датчиков Marvelmind Robotics

Управление ходовыми моторами робота осуществляется контроллером Arduino Mega на базе ATmega 2560 и усилительным блоком управления моторами «Dual Motor Drive». **Arduino** – это электронное устройство, состоящее из одной печатной платы, которое способно управлять разными датчиками, электродвигателями, освещением, передавать и принимать данные. Arduino - это целое семейство устройств разных размеров и возможностей [12].

Arduino – это **микроконтроллер** семейства Atmega. Микроконтроллер представляет из себя микропроцессор с памятью и различными периферийными устройствами, реализованный на одной

микросхеме. Фактически это однокристальный микрокомпьютер, который способен выполнять относительно простые задачи.

Arduino позволяет подключать к нему различные периферийные устройства. Среди них, например:

- кнопки;
- светодиоды;

микрофоны и динамики;

- электродвигатели и сервоприводы;
- ЖК дисплеи;
- считыватели радиометок (RFID и NFC);
- ультразвуковые и лазерные дальномеры;
- bluetooth, WiFi и Ethernet модули;
- считыватели SD карт;
- GPS и GSM модули. А также десятки различных датчиков.

Для упрощения процесса общения с микроконтроллером разработана специальная программная среда – **Arduino IDE**. В её [состав](#) включены десятки примеров хороших, работающих программ.

Что же касается Arduino Mega 2560 (См. Рис. 25), то этом устройстве максимальное из всех плат семейства Arduino количество пинов и расширенный набор интерфейсов. Также у Arduino Mega больше встроенной памяти. Основные характеристики платы приведены в таблице 3.

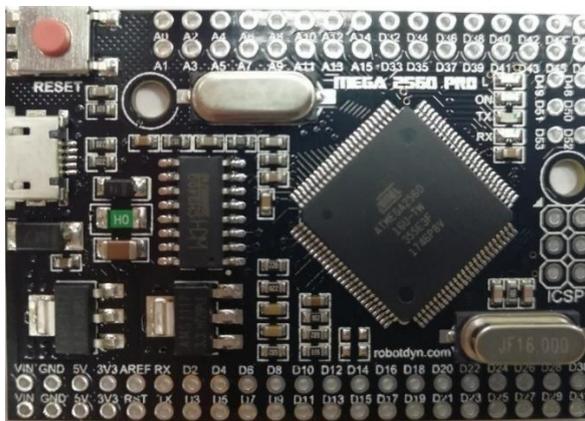


Рис. 2 Arduino Mega 2560

Таблица 3 Характеристики Arduino Mega 2560

Микроконтроллер	ATmega2560
Рабочее напряжение	5В
Аналоговые входы	16
Напряжение питания (рекомендуемое)	7-12В
Напряжение питания (предельное)	6-20В
Цифровые входы/выходы	54 (из которых 15 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов)
Максимальный ток одного вывода	40 мА
Максимальный выходной ток вывода 3.3V	50 мА
Flash-память	256 КБ из которых 8 КБ используются загрузчиком
SRAM	8 КБ
EEPROM	4 КБ
Тактовая частота	16 МГц

Блок управления мотор-редукторами движения платформы «Dual Motor Drive» (См. Рис. 26) принимает логические команды от контроллера и преобразует выходные маломощные сигналы дискретной логики в усиленные сигналы, достаточные для управления двумя четырьмя мотор-редукторами платформы.



Рис. 3 Dual Motor Drive

С целью обеспечения стабильной связи между роботом и базовым компьютером на расстоянии до одного километра, связь робота с управляющим компьютером выполнена через радио модули NRF24L01 с усилителем радиоканала на частоте 2.4 ГГц. К компьютеру, на котором установлен блок принятия решений через COM порты, реализованные USB разъем подключены радио-модем Marvelmind Robotics и радио модуль NRF24L01, соединенный с компьютером через контроллер Arduino Mini. Маяки, по команде радио-модема, обмениваются ультразвуковыми сигналами (См. Рис. 27). Время отправки и время приема ультразвуковых меток фиксируется, рассчитывается расстояние между маяками, в результате управляющим компьютером формируются данные о геометрии участка и положении робота на участке.

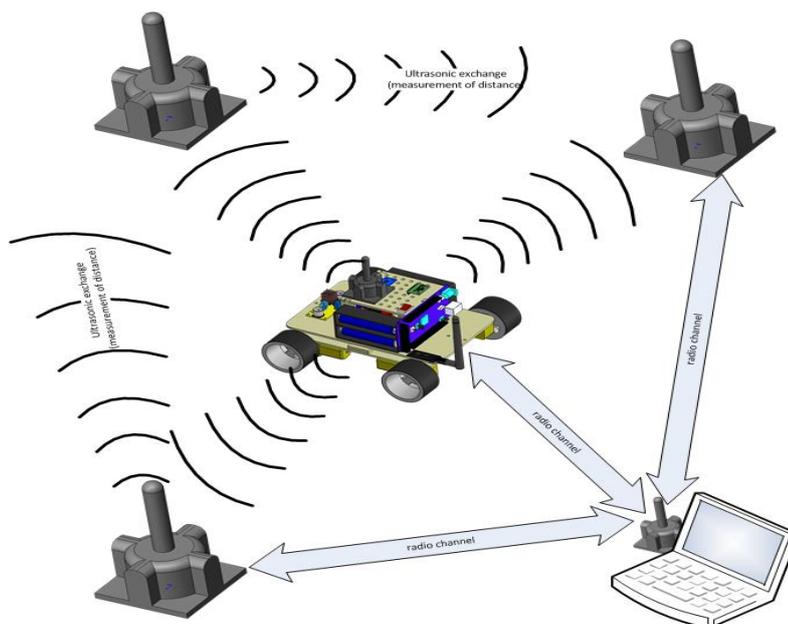


Рис. 4 Схема взаимодействия датчиков системы позиционирования

С помощью специальной программы, написанной для разработанного комплекса управления вся полученная информация и координаты робота фиксируются. Затем определяется вектор, который задает траекторию движения.

Требования к управляющему компьютеру: наличие как минимум двух USB-портов для подключения радиомодема NRF24L01; возможность подключения графического дисплея с разрешением не ниже 800x600 точек; установленная система Windows не ниже XP или Linux.

В данном проекте в качестве управляющего компьютера применен микрокомпьютер Raspberry Pi3 (См. Рис. 28), так как он минимально соответствует предъявляемым требованиям и имеет небольшую стоимость.

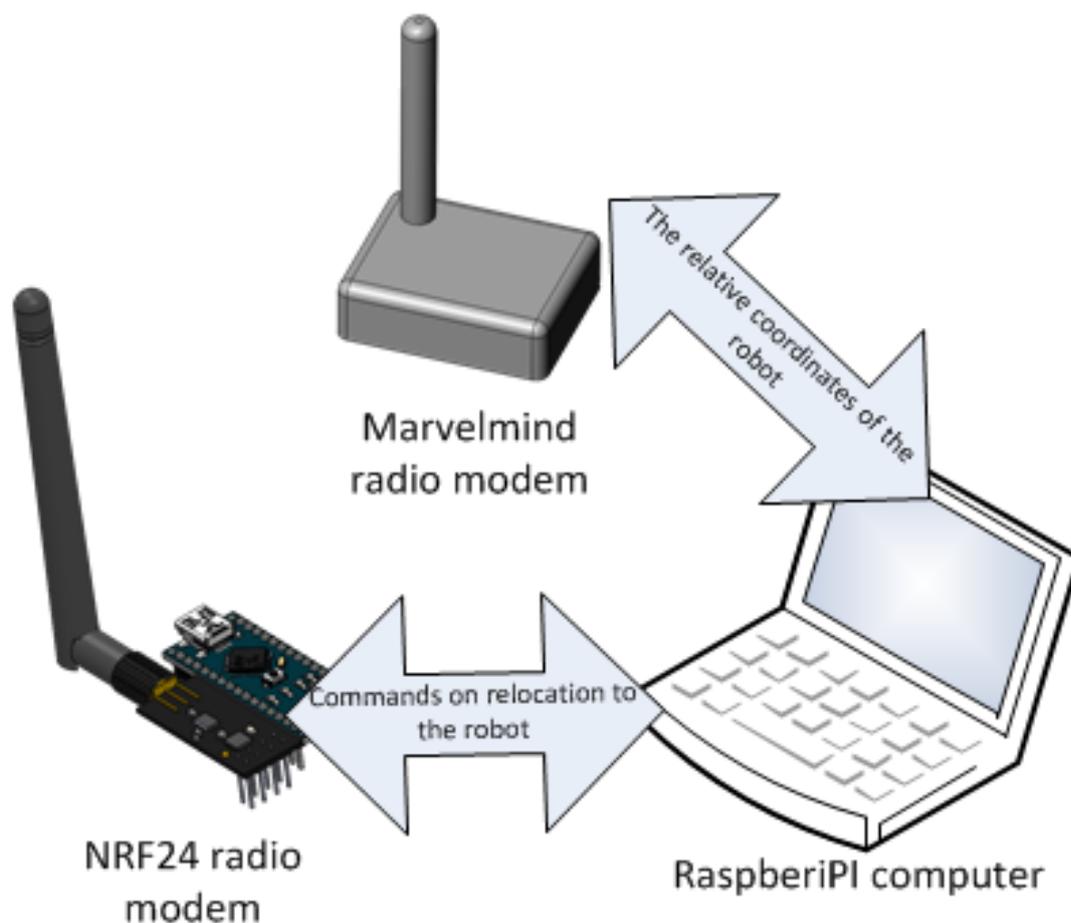


Рис. 5 Набор передатчиков для управления газонокосилкой

Для корректировки текущего направления робот также оснащен электронным гироскопом, акселерометром и электронным компасом, которые размещены в микросхеме модуля MPU6050 от RobotClass (См. Рис.

29). Эти приборы позволяют сохранять прямолинейное направление движение робота в случае проскальзывания ведущих колес с грунтом или несоответствия скоростей вращения колес [13].

Характеристики модуля MPU6050 ROC:

- напряжение питания: от 3,5 до 6 В;
- потребляемый ток: 500 мкА;
- ток в режиме пониженного потребления: 10 мкА при 1,25 Гц, 20 мкА при 5 Гц, 60 мкА при 20 Гц, 110 мкА при 40 Гц;
- диапазон: $\pm 2, 4, 8, 16g$;
- разрядность АЦП: 16;
- интерфейс: I2C (до 400 кГц).

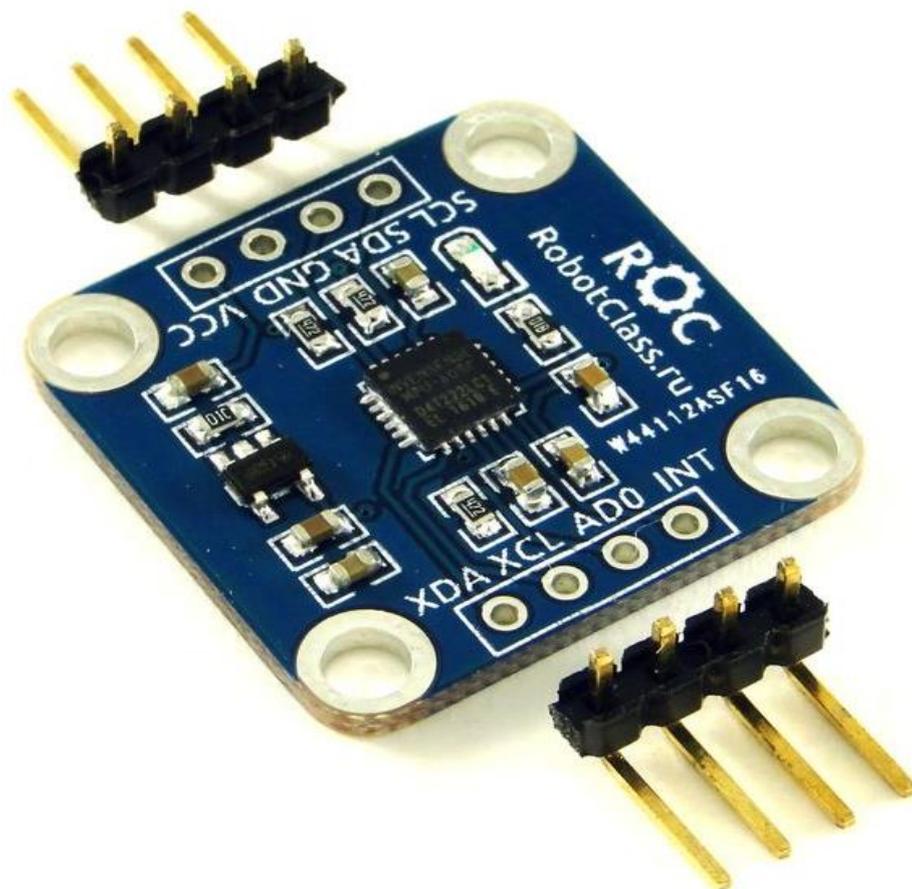


Рис. 6 Модуль MPU6050

С целью предотвращения столкновения с возможными преградами на обрабатываемой площади робот оснащен ультразвуковыми сенсорами (См. Рис. 30).

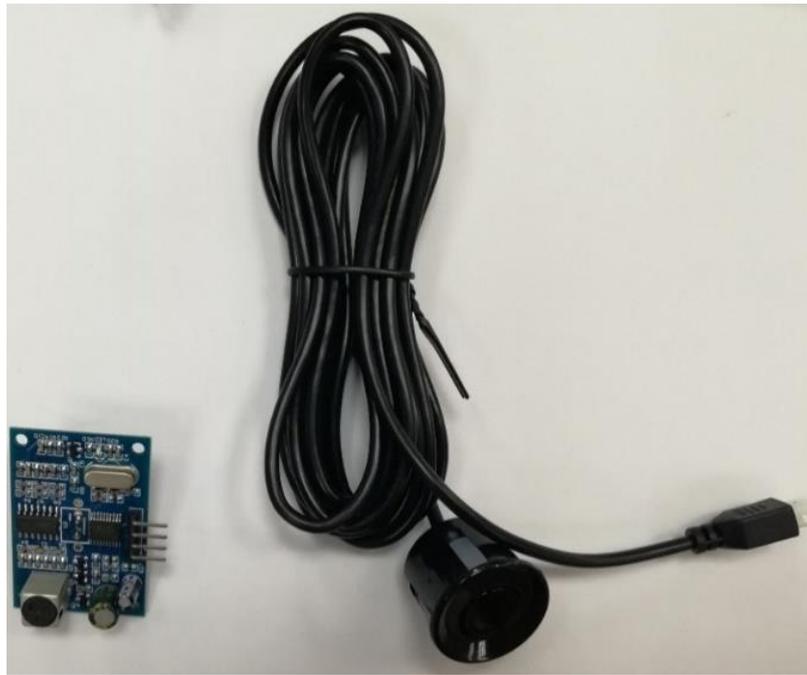


Рис. 7 Ультразвуковой сонар

Конструктивно ультразвуковой сонар представляет собой ультразвуковой радар, датчики которого являются одновременно излучателями и приемниками. От количества датчиков зависит точность и чувствительность системы. Одна часть датчика испускает ультразвуковой сигнал, вторая часть - улавливает отраженный от предмета сигнал и разницу во времени передает на головной прибор. По разнице между выпущенным и принятым сигналом и определяется расстояние до объекта.

Информация от этих датчиков также передается на управляющий компьютер и служит для корректировки вектора движения с целью объезда препятствий.

Технические спецификации и особенности сонара:

- Измерение расстояния в диапазоне от 10 до 400 см
- Точность измерения до +/- 1 см
- Если ультразвуковой сигнал распознан, датчик возвращает логическое значение «Истина»
- Автоматическая идентификация производится программным обеспечением микрокомпьютера EV3
- Напряжение питания: 5 В.

- Потребление в режиме тишины: 2 мА
- Потребление при работе: 15 мА
- Максимальная частота опроса датчика: 20 Гц (Период опроса 50 мс)
- Частота ультразвука: 40 кГц
- Дальность обзора: 2 см – 4 м
- Разрешение (градация выходного сигнала): 0,3 см
- Эффективный угол наблюдения: 15°
- Рабочий угол наблюдения: 30°
- вес — 8,28 грамм
- Размеры: 45*20*15 мм. ДхШхГ (Ш — без учета контактов подключения)

Для отслеживания работы самоходная автоматизированная платформа на нее была установлен передатчик TS83, который служит для передачи видео сигнала с камеры (См. Рис. 31). Он работает на частоте 5.8Ghz с возможностью выбора одного из 32 каналов. Данный частотный диапазон (5645 - 5880 Mhz) позволяет получать видеосвязь хорошего качества и разрешения. На передатчике есть цифровой индикатор выбранного канала.



Рис. 31 Передатчик TS832

Мощность передатчика TS832 составляет величину 600 mW, что позволяет получить уверенный прием сигнала на расстоянии до 1500 - 2000 метров с качественными антеннами. Вес передатчика TS832, несмотря на большую величину излучаемой мощности, всего 21 грамм.

Особенности:

- 32 канала: диапазоны А, В, Е и F.
- Две кнопки для переключения диапазона и канала.
- Отображение 2-х цифр для диапазона и канала.
- Вывод 2-х независимых сигналов: аудио и видео.

Характеристики:

- Входное напряжение: 7,4-16 В (3S Lipo / ~ 12 В)
- Выходное напряжение: соответствует входному напряжению
- Мощность передатчика: 600 мВт
- Антенна: 2 дБ
- Рабочий ток: 220 мА при 12 В
- Ширина канала под видео – 8 МГц
- Ширина канала под аудио - 6,5 МГц
- Вес: 21 гр.
- Размеры: 54x32x10 мм (без антенны)
- Поддерживаемые форматы видео: NTSC / PAL
- Антенна: SMA

Чтобы вывести изображение с камеры на экран смартфона, был приобретен приемник видеосигнала USV 5.8G 150CH. С его помощью возможно наблюдать за действиями робота удаленно. Приемник работает на частоте 5.8Ghz с возможностью выбора одного из 32 каналов.

3.Конструкторская часть

3.1.Описание конструкции.

Роботизированная платформа представляет собой рамную конструкцию, состоящую из трех частей ,первая центральная рама поз.1,(См.Рис 32) и две колесных балки поз.2-3,(См.Рис 33).

На колесной балке расположены два линейных привода поз.8, которые с одной стороны закреплены на опорных подшипниках а с другой стороны на рычаге стойки поз.38(См.Рис 34). Над стойкой установлены датчики обратной связи, которые закреплены на резьбовом стержне. Рама платформы располагаются между колесными балками и выполнена из профиля.

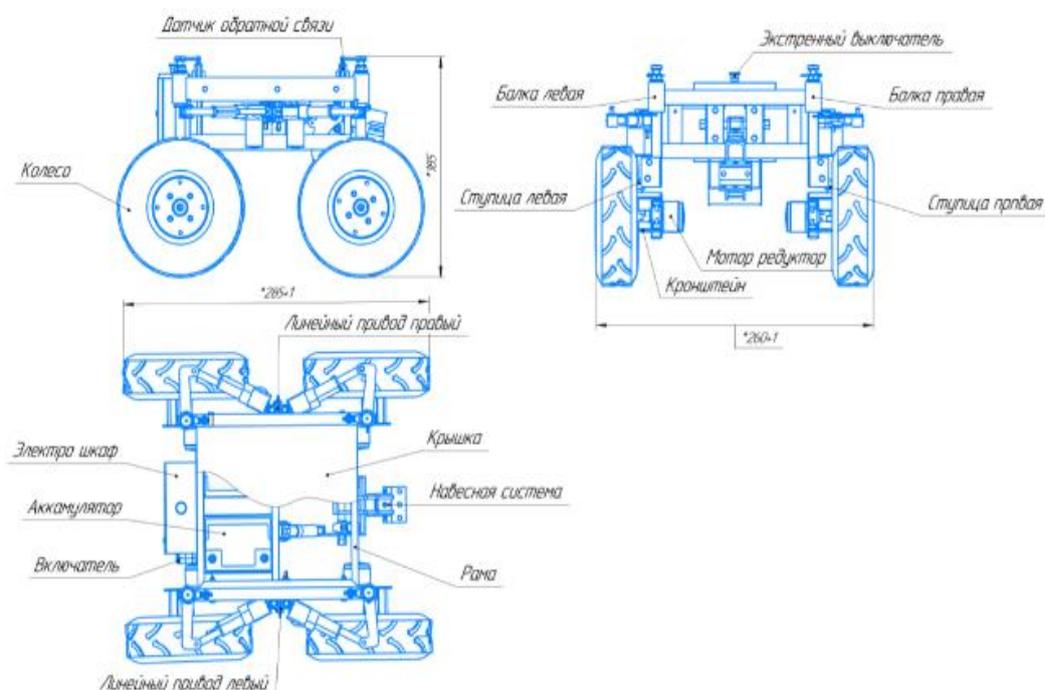


Рис.32 Сборочный чертеж

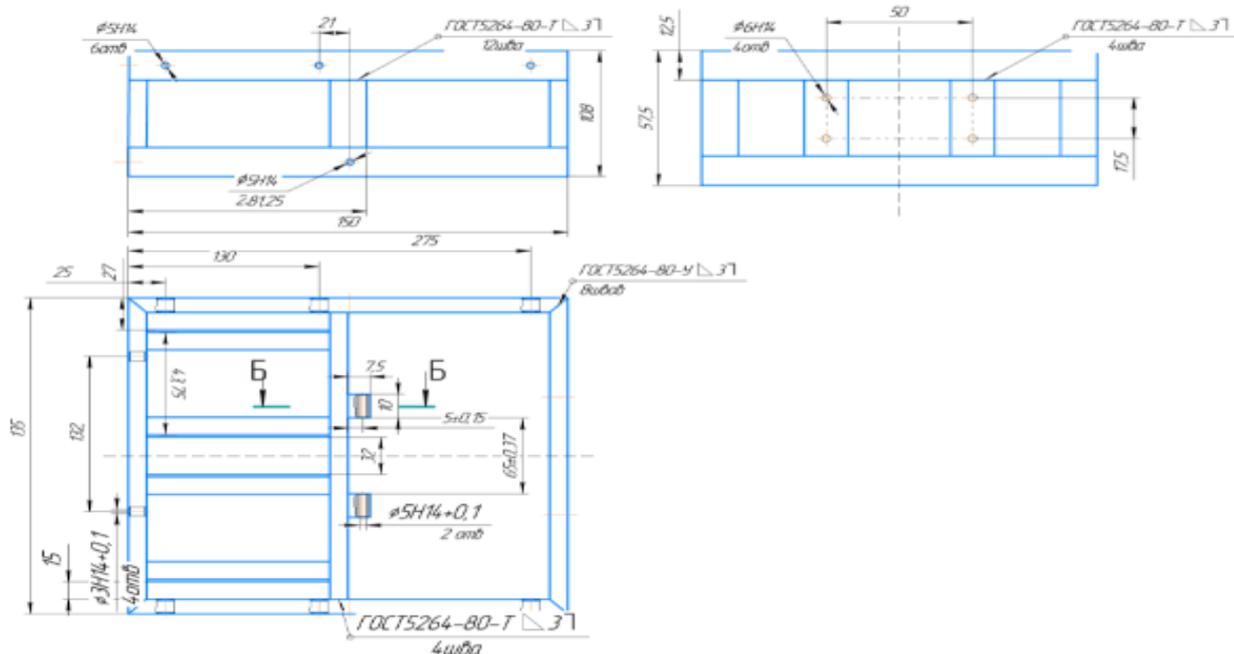


Рис. 8 Рама самоходной автоматизированной платформы

3.2. Тяговый баланс агрегата

При конструировании движущейся техники одним из основных параметров является мощность, которая должна быть обеспечена на приводе колес. С учетом веса агрегата, условий сцепления с колесами и рельеф местности. Основная методика расчета сводится к определению тягового баланса. Она подробно описана в литературе для расчета сельскохозяйственной техники [15].

Большинство практических расчетов по определению состава и работе агрегатов проводится с использованием опытных данных, полученных при установившемся движении, когда $dV / dt = 0$ и скорость $V = const$. В этом случае:

$$P_{об} = \sum P_C + R_M \quad (1)$$

Сумма сил сопротивления $\sum P_C$ состоит из силы сопротивления качению агрегата P_f , сопротивления при движении агрегата на подъем (спуск) $\pm P_a$ и лобового сопротивления воздушной среды P_w , т.е.:

$$\sum P_C = P_f \pm P_a + P_w .$$

Подставляя это выражение в уравнение (1), получим:

$$P_{\text{дв}} = P_f \pm P_a + P_w + R_M .$$

При скоростях движения современных МТА сопротивлением воздушной среды можно пренебречь ($P_w = 0$), тогда в окончательном виде:

$$P_{\text{дв}} = P_f \pm P_a + R_M \quad (2)$$

Уравнение (2) является уравнением тягового баланса агрегата при его установившемся движении, и из него следует, что движущей силой агрегата преодолеваются силы сопротивления движению газонокосилки и сопротивление машины.

В практических расчетах силу P_f принимают пропорциональной весу агрегата. При движении по горизонтальной поверхности:

$$P_f = f_f G_f$$

где G_f - коэффициент пропорциональности.

$$\text{Отсюда } P_f = 0.1 \cdot 1200 = 1.2 \text{ Н}$$

В теории трактора его называют коэффициентом сопротивления качению и численные значения приводят в справочных данных, которые зависят от типа и состояния почвы.

Составляющие сопротивления движению трактора P_f и $\pm P_a$ при установившемся движении на подъем с углом склона α определяется в соответствии со схемой (См. Рис. 37).

Сила сопротивления качению агрегата при движении на подъем:

$$P_f = f_T G_T \cos \alpha .$$

Сила сопротивления движению агрегата на подъем:

$$P_a = \pm G_\tau \sin \alpha \quad (3)$$

С учетом принятых на рис. 37 обозначений отношение $h/l = \operatorname{tg} \alpha = i$ которое при расчетах представляют либо дробным числом, либо в процентах, называют подъемом (спуском) рабочего участка поля.

Учитывая, что углы подъема (спуска) в условиях дачных участков не превышают $\alpha = 25^\circ$, а при этих значениях то уравнение (3) можно записать в виде:

$$P_a = \pm G_\tau \operatorname{tg} \alpha \approx \pm G_\tau i \approx \pm G_\tau \frac{i}{100}.$$

В окончательном виде уравнение тягового баланса агрегата при движении на подъем (спуск) примет вид

Отсюда находим:

$$P_{\text{ог}} = (f_\tau G_\tau \cos \alpha \pm G_\tau \frac{i}{100}) + R_M$$

$$P_{\text{ог}} = (0.1 \cdot 1200 \cdot \cos 25^\circ \pm 1200 \cdot \frac{\operatorname{tg} 25^\circ}{100}) + 3 = 140.34 H.$$

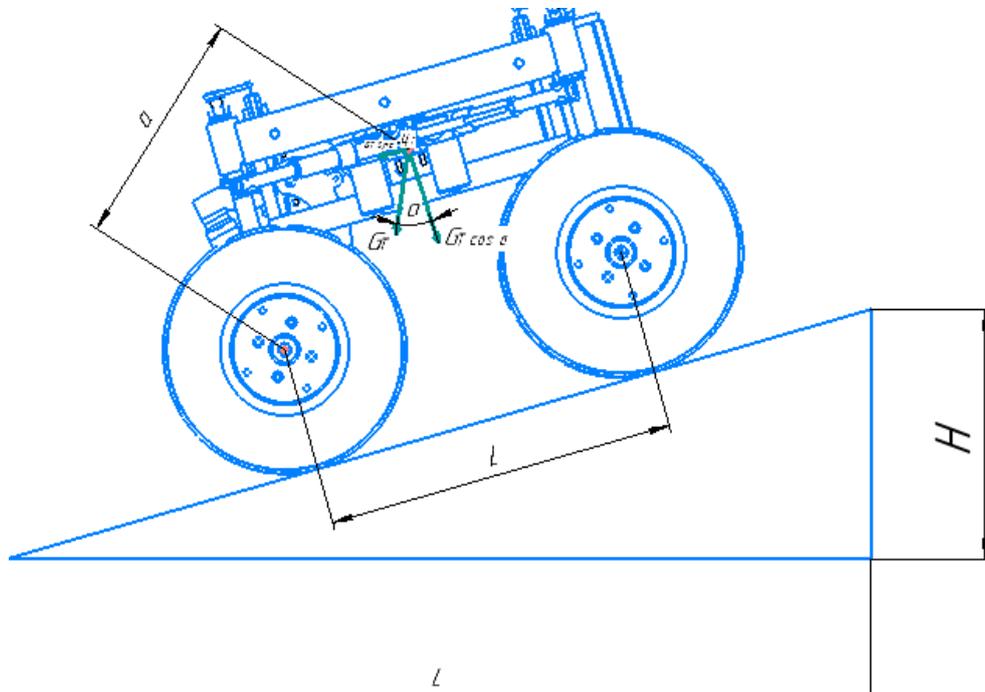


Рис.35 К расчету сил сопротивления при движении трактора на подъем.

3.3 Движущая сила МТА

Из уравнения тягового баланса агрегата следует, что важнейшая величина в нем – движущая сила, источником которой является мотор агрегата. В двигателе электроэнергия преобразуется в механическую и снимается в виде крутящего момента M_e .

Крутящие моменты M_e и M_k являются внутренними силовыми факторами и не могут вызвать движения агрегата, тогда как возникновение движущей силы должно быть обусловлено внешним силовым фактором.

Рассмотрим механизм ее возникновения на ведущем колесе агрегата (См. Рис. 25). При этом принимаем следующие допущения:

- радиус колеса равен радиусу качения r_k ;
- опорная поверхность является жесткой, т.е. качение происходит без образования следа от прохода колеса.

На колесо действуют часть веса агрегата $G_{сц}$, называемая сцепным весом, и вертикальная реакция почвы R .

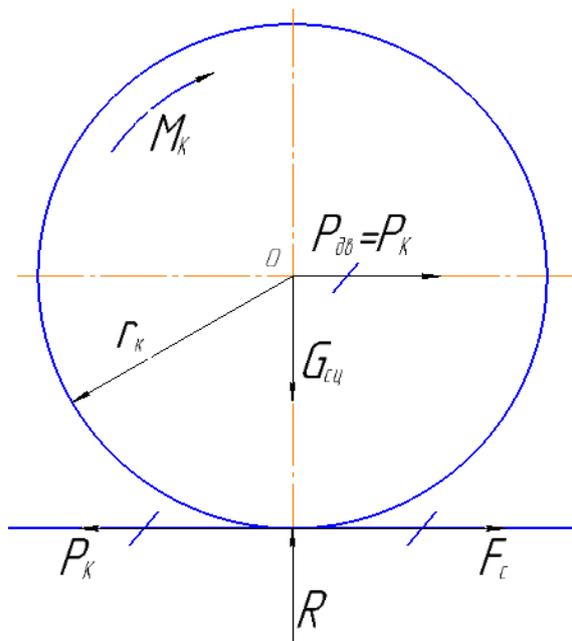


Рис. 36 Схема сил, действующих на ведущее колесо

Крутящий момент M_k ведущего колеса можно заменить парой сил с плечом действия r_k , т.е.: $M_k = P_k r_k$.

Силу P_k , действующую на плечо r_k , принято называть касательной силой тяги колеса. Приложенная к колесу сила P_k за счет трения и сцепления в контакте с опорной поверхностью уравнивается равной ей по величине, но противоположно направленной равнодействующей реакции почвы F_c .

Таким образом, $P_k = F_c$. Но сила P_k является внутренней, а сила F_c внешней по отношению к агрегату, которая способна вызвать движение.

Из схемы следует, что сила $P_k = F_c = P_{ов}$, приложенная в центре колеса и направленная в сторону движения, и является движущей силой. Таким образом, движущей силой роботизированной платформы является внешняя сила, приложенная к оси ведущего колеса, направленная в сторону движения, источником которой является работа электродвигателя и наличие сцепления ведущих колес ходового аппарата с почвой.

Найдем радиальную силу на ведущих колесах агрегата. На каждое ведущее колесо идет отдельный электромотор, а так как эти моторы одинаковы, рассчитаем радиальную силу на одном колесе по формуле:

$F = M / R$, где M – крутящий момент на колесе кгс/см; R – радиус колеса, см.

$M = P \cdot 9600 / n$, где P – мощность двигателя, кВт; n – кол-во оборотов, об/мин. $M = P \cdot 9600 / n = 0.01 \cdot 9600 / 75 = 1,28$ кгс/см

Итак, радиальная сила на колесе:

$$F = 1,28 / 14.5 = 0.088 \text{ кгс} = 9 \text{ Н}.$$

Силы в 20Н вполне достаточно для движения роботизированной самоходной платформы на подъемы до 25 градусов. По ровной горизонтальной же поверхности агрегат развивает скорость порядка м/с, что

составляет около 5 км/ч, что вполне сопоставимо с аналогичными роботизированными платформами зарубежного производства.

3.4. Крутящий момент колеса

Крутящий момент мотора - это сила, с которой он воздействует на вращаемую ось. Для того, чтобы робот мог двигаться, необходимо, чтобы эта сила превышала вес робота (выражаемый в Н/м).

Некоторые употребляют вместо понятия крутящий момент, термин вращающий момент. По сути это одно и то же. И то и другое являются моментами, просто в технике крутящий момент — это нагрузка на колесе, а вращающий момент — нагрузка в технической науке под названием «Сопротивление материалов».

Рассмотрим сильно упрощенную идеализированную модель колесного робота.

При движении по прямой на расстояние 1м, рассчитаем ускорение, необходимое для достижения скорости в 1м/с.

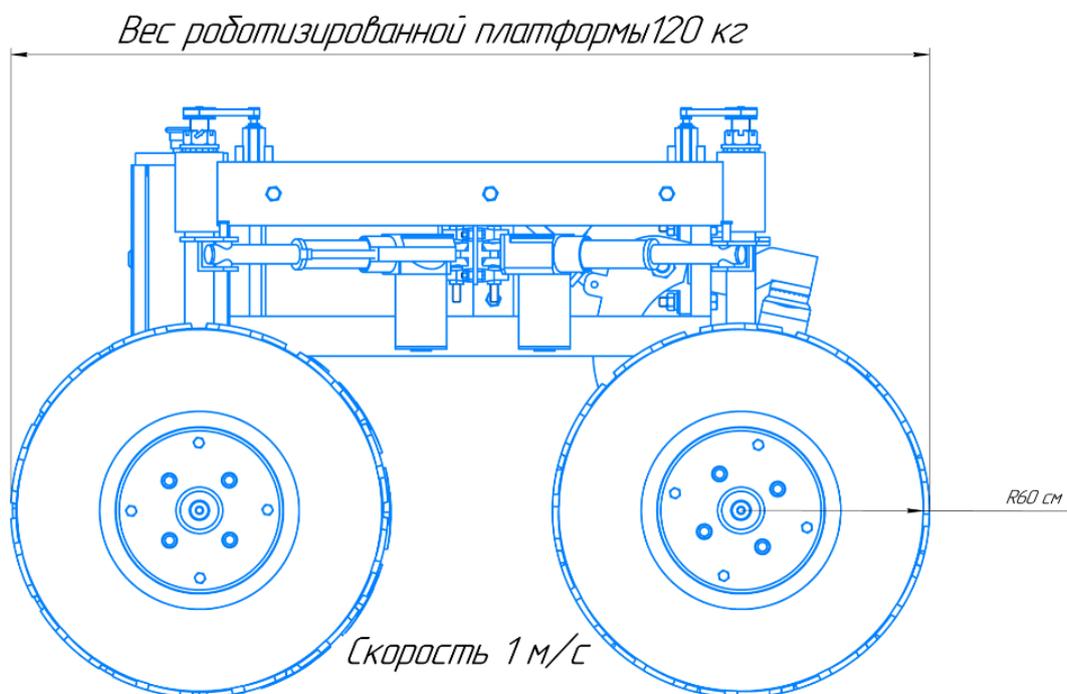


Рис.37 Роботизированная платформа

При движении по прямой на расстояние 1м, рассчитаем ускорение, необходимое для достижения скорости в 1м/с. $v^2 = v_0^2 + 2ad$

где d — расстояние, пройденное роботом, $v_0 =$ — его начальная скорость (стартуем с места, поэтому, $v_0 = 0$, $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d}$

где v — скорость робота, a -его ускорение.

Подставим значения, принятые в нашей модели, получим

$$a = \frac{1^2 - 0^2}{2d} = 0.5 \text{ м / с}$$

Вращающий момент, который необходим для перемещения робота и получения им ускорения, необходимого для достижения максимальной скорости рассчитывается следующим образом: $M = Ja$

При $J = \frac{mgr^2}{2}$ — момент инерции и $a = \frac{a}{r}$ угловое ускорение, получим

$$M = \frac{mgra}{2};$$

Здесь $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения, r — радиус колеса, m — масса всего робота

Подставив значения, получим

$$M = \frac{120 \cdot 9.8 \cdot 0.01 \cdot 0,5}{2} = 2940 \text{ мН} \cdot \text{м}$$

Для перевода величины, выраженной в Н·м в кг*см нужно учесть, что 1Н = 0.102 кг и 1м = 100 см. Поэтому $2940 \text{ мН} \cdot \text{м} = 2940 \cdot 0.102 : 1000 * 100 = 30 \text{ кг} \cdot \text{см}$.

Для расчета максимальной скорости мотора нам понадобится частота вращения, которая выражается в оборотах в минуту

$$v = \pi d \cdot n / 1000 = 3.14 \cdot 600 \cdot 75 / 1000 = 141 \text{ м / мин} = 141 / 1000 \cdot 60 = 8,4 \text{ км / ч}$$



Рис.38 Мотор-редуктор

Для обеспечения требуемых характеристик лучше использовать мотор-редуктор с запасом по мощности, как минимум в два раза.

Исходя из расчетов, выбираем мотор 24В постоянного тока, щеточное исполнение, выдающий 75об/м

3.4 Силовой расчет навесной системы.

Рычажная система работа состоит из двух линейных приводов с максимальным ходом 80мм, двух рычагов, оси и двух подшипников в корпусах. Навеска работает по принципу рычага Жуковского длина которого меняется в верхнем и нижнем положениях. Поэтому усилие которое требуется для поднятия груза разное для нижнего и верхнего положения. Для расчета усилия на линейном приводе необходимо посчитать соотношение длин рычагов от оси вращения. В нижнем положении рычаг $h=66$ мм в верхнем положении $h=89$ мм ;

$$p_n = h / h_1 = 66 / 260 = 0,25$$

Для подъема груза массой 50кг необходима максимальной подъемность

$$pa_n = pa \cdot pn = 5000 \cdot 0,25 = 1250H$$

Повторный расчет производится после поднятия навески для определения максимальной массы подъем находим плече от нормали и также делим их между собой

$$p_n = h / h_1 = 89 / 260 = 0.34$$

. Считаем максимальную массу подъема навески при поднятом положении

$$pa_n = pa \cdot pn = 5000 \cdot 0,34 = 1700H$$

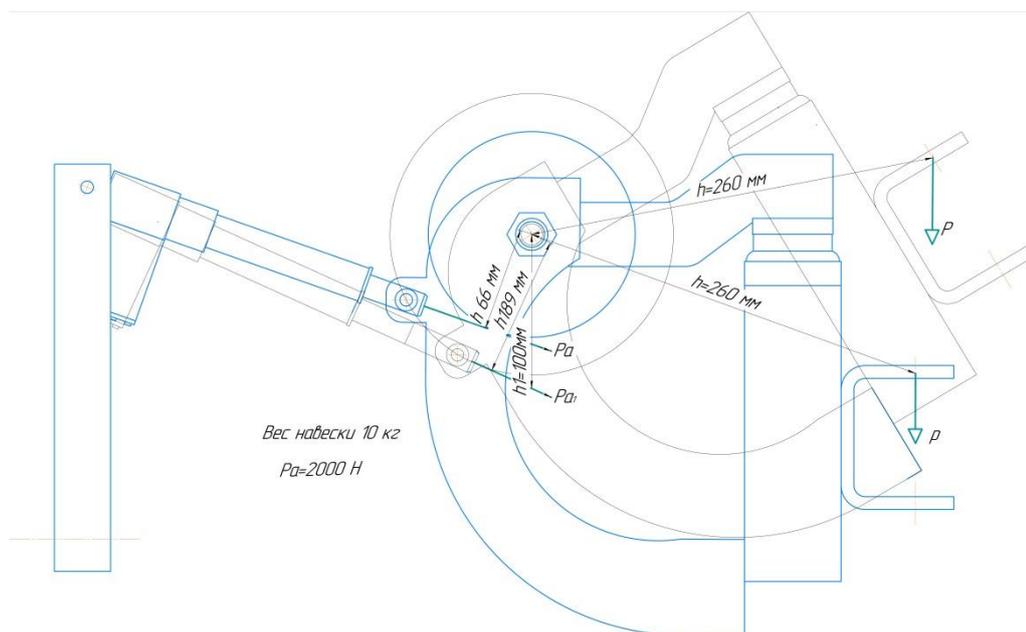


Рис.39 Схема к расчету рычага навески

С учетом полученных значений нижней массы подъема 1250Н и верхним подъемом массы 1700Н, выбираем наибольшее усилие, на линейном приводе 2000Н выбираем два линейных актуатора с характеристиками 80мм хода и усилием на штоке 100кг.

3.5 Подбор линейных приводов поворота колес.

Так как ступица вынесена от оси вращения, то при повороте колеса требуется приложить крутящий момент на рычаге. Считаем, что для поворота робота на одно колесо приходится четверть всей массы. Вес робота

составляет 120кг. На колесной балке закреплен линейный привод один конец которого соединен с рычагом на стойке, длина рычага составляет 165мм. По этому, одному колесу для разворота требуется момент 49,5Н*м. При выдвигении рычага за счет поворота центральной стойки уменьшается величина нормали при этом увеличивается нагрузка на линейный привод увеличивается до 210Н*м. Для определения усилия на линейном приводе рассмотрим проекции векторов в двух положениях сила определится через значения углов

$$\alpha = \arcsin(0.2 / 0.21) = 71$$

$$\beta = 90 - 71 = 19$$

$$p = F / \cos \beta = 31.9 \text{ кг}$$

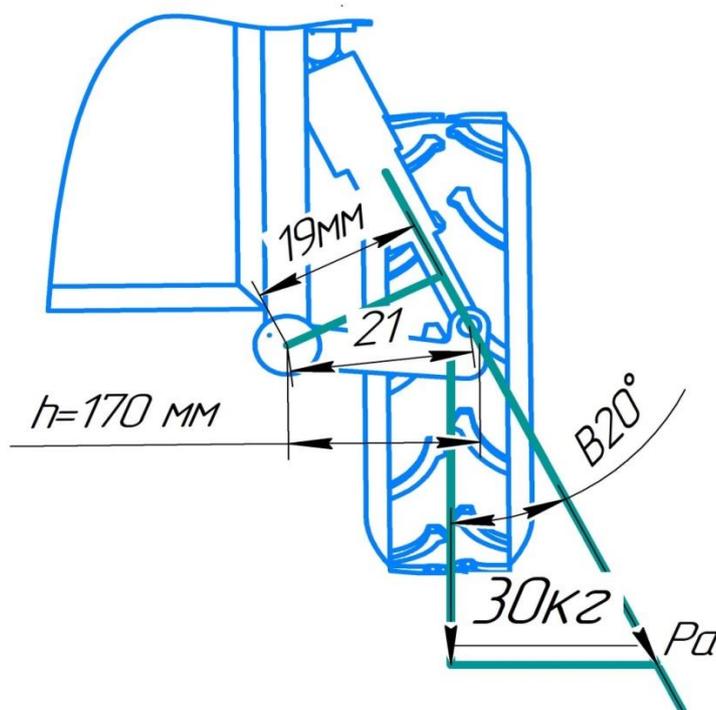


Рис.40 Расчетная схема прямого расположения колес

$$\alpha = \arcsin(0.1 / 0.21) = 30$$

$$\beta = 90 - 30 = 60$$

$$p = 30 / \cos(60) = 60 \text{ кг}$$

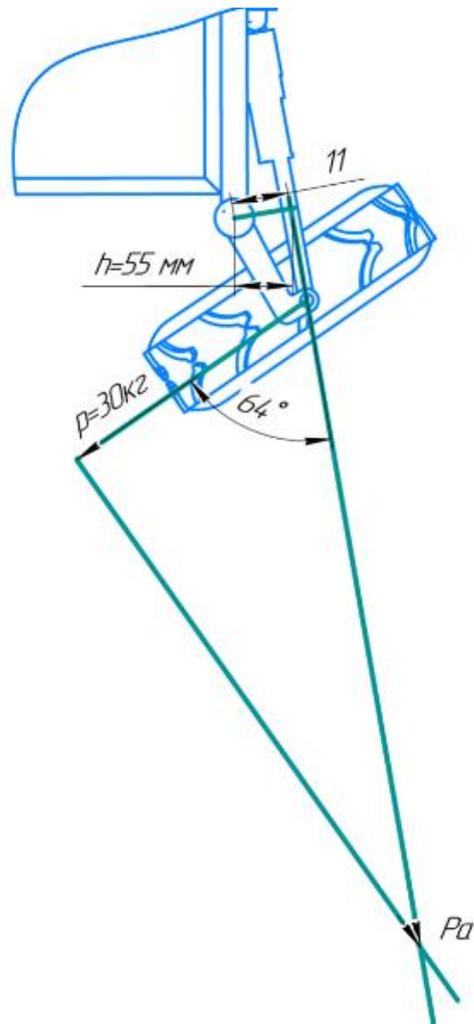


Рис .41 Расчетная схема для повернутого положения колес

Подбираем ближайший по усилию линейный привод, который соответствует характеристикам по скорости перемещения штока.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Вводная часть

Сейчас спрос на умные устройства активно растет, ученые прогнозируют, что потребитель через пять лет будет тратить на робототехнику до 100 миллиардов долларов в год [16].

На примере роботов-роботизированных платформ можно с уверенностью сказать, что сейчас каждая 2-я покупка происходит по принципу сарафанного радио. Соседи увидели, им тоже понравилось – купили. Хотя еще пару лет назад роботизированные платформы приобретались только технически продвинутыми энтузиастами.

Самоходная роботизированная платформа предназначена для обработки междурядий пропашных культур на полях или огородах площадью до 1000м². Достоинством изготовленной платформа- является гибридной энергосистемой, что позволяет работать достаточно долгое время без подзарядки, в отличие от аналогов, заряда которых хватает от 60 до 120 минут и на зарядку у которых уходит около 40 минут.

Сравним технические характеристики разработанной платформы с наиболее современной и оснащенной в техническом плане BoniRob. Данные сравнения представлены в таблице 5

Таблица 4

Параметры	Ед.Изм	BoniRob	Платформа
Вес	Кг	80	120

Продолжение таблицы .4

Мах скорость	Км	9	8
Емкость батареи	кВт/ч	180	200
Цена	858000		188510

Как можно увидеть, сконструированный агрегат имеет свои плюсы в сравнении с самым дорогим аналогом –BonіRob:

- отсутствие ограничительного провода;
- меньшая цена (188510руб. вместо 858000 руб.);
- большее время работы на одном заряде аккумулятора.

В ходе выполнения обоснования необходимо произвести следующие виды расчётов:

- составить подробный план-график выполненных работ, позволяющий оценить общую трудоемкость проведения исследования, разработки и конструирования устройства;
- подсчитать величину заработной платы и социальных отчислений участников выполняемых работ;
- подсчитать затраты на приобретение необходимых комплектующих, сырья, материалов, полуфабрикатов;
- подсчитать затраты, связанные с услугами, оказанными сторонними организациями;
- подсчитать затраты на содержание и эксплуатацию (возможно, приобретением) оборудования используемого при проведении работ (разработки устройства, написания программы);

- рассчитать величину амортизационных отчислений используемых основных средств;
- вычислить накладные расходы;
- подсчитать совокупную величину затрат, связанных с проведением исследования (изготовление устройства).

Цель экономического обоснования выпускной квалификационной работы – показать, что предлагаемая модель роботизированной платформы обеспечит улучшения технических и эксплуатационных характеристик и показателей, экономически целесообразна, применимо к эксплуатационным условиям.

Представленный расчёт заключается в сравнительной оценке расходов на изготовление роботизированной платформы .

4.2.Трудоёмкость работ

Подсчёт полных затрат на выполнение разработки и конструирования агрегата и написания программы начинается с составления полного плана работ, необходимых к исполнению на каждом этапе проектирования.

Для подсчёта расходов на этапе проектирования требуется определить продолжительность каждой работы (от составления технического задания (ТЗ) и до оформления документации включительно). Продолжительность работ определяется либо по нормативам (с использованием специальных справочников), либо по фактически затраченному времени. Определяем продолжительность работ по фактически затраченному времени. Результаты сводим в таблицу 6.

Таблица 5 Фактическая продолжительность работ

	Наименование работ	Продолжительность, ч.

Продолжение таблицы.5

	Разработка ТЗ	32
	Анализ ТЗ	32
	Составление плана работ	10
	Поиск комплектующих	8
	Разработка схемы подключения	50
	Написание программной оболочки создания траектории движения и удаленного управления роботом	288
	Монтаж оборудования	8
	Написание программы приема команд, обработки и исполнения их механизмами	140
	Отладка взаимодействия между системой генерации и системой выполнения команд	4
0	Оформление конструкторской документации	144
1	ИТОГО	716

4.3. Заработная плата, социальные отчисления

Затраты на опытно-конструкторские разработки включают в себя: затраты на графические работы и создание опытного образца. Определяются:

- по видам работ
- по затратам времени на проектирование (ч.) и часовым тарифным ставкам, соответствующим сложности выполняемой работы. Данные о них занесены в таблицу 7.

На основе данных о трудоемкости выполняемых работ (таблица 7) и ставки (за день или час) соответствующих исполнителей необходимо определить расходы на заработную плату исполнителей и отчислений на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование.

Расходы на основную заработную плату исполнителей определяются по формуле:

$$Z_{\text{осн.з/пл}} = \sum_{i=1}^k T_i \cdot C_i$$

где $Z_{\text{осн.з/пл}}$ - расходы на основную заработную плату исполнителей (рубли); k - количество исполнителей; T_i - время, затраченное i -м исполнителем на проведение исследования (дни или часы); C_i - ставка i -го исполнителя (рубли/день или рубли/час).

Расходы на дополнительную заработную плату исполнителей определяются по формуле:

$$Z_{\text{доп.з/пл}} = Z_{\text{осн.з/пл}} \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100},$$

где $Z_{\text{доп.з/пл}}$ - расходы на дополнительную заработную плату исполнителей (рубли); $Z_{\text{осн.з/пл}}$ - расходы на основную заработную плату исполнителей (рубли); $H_{\text{доп}}$ - норматив дополнительной заработной платы

(%). При выполнении расчетов в ВКР данный норматив принимаем равным 14%.

Отчисления на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование с основной и дополнительной заработной платы исполнителей [17] определяются по формуле:

$$Z_{соц} = (Z_{осн.з/пл} + Z_{доп.з/пл}) \cdot \frac{H_{соц}}{100},$$

где $Z_{соц}$ - отчисления на социальные нужды с заработной платы (рубли);

$Z_{осн.з/пл}$ - расходы на основную заработную плату исполнителей (по данным ЗП доцентов ТПУ); $Z_{доп.з/пл}$ - расходы на дополнительную заработную плату исполнителей (рубли); $H_{соц}$ - норматив отчислений на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование (30%). Результаты расчетов сведены в таблице 7.

Таблица 6 Расходы на ЗП исполнителей

№	Наименование работ.	Продолжительность, ч.	Ставка руб./час	Расходы на доп. ЗП, рубли.	Страховые взносы, рубли.	Сумма, рубли.
1	Разработка ТЗ	32	600,00	84,00	180,00	137,996
2	Анализ ТЗ	32	430,00	60,20	120,10	9904,20
3	Составление плана работ	10	600,00 430,00	84,00 60,20	180,00 129	4320,00 3096,00

Продолжение таблицы.6

4	Поиск изготовителя оснастки	8	600,00	84,00	180,00	3456,00
5	Разработка схемы подключения	80	430,00	60,20	129	24768
6	Написание программной оболочки	288	600,00	84,00	180,00	124416
7	Монтаж оборудования	8	600,00 430,00	84,00 60,20	180,00 129	6912,00 4952,80
8	Написание программы приема команд, обработки и исполнения их механизмами	140	600,00	84,00	180,00	60480
9	Отладка	8	600,00 430,00	84,00 60,20	10,00 129	3456,00 2476,40
10	Оформление конструкторской документации	288	430,00	60,20	129	89164
	Итого:					351226

4.4. Сырьё, комплектующие

В данной работе не предполагается самостоятельное изготовление каких-либо изделий, поэтому расчёт затрат на сырьё не проводим. Однако, необходимо учесть расходы на комплектующие.

Затраты на покупные комплектующие [18] вычисляются по формуле:

$$Z_n = \sum_{l=1}^L N_l C_l (1 + \frac{H_{м.з.}}{100}), \text{ где } Z_n - \text{затраты на покупные комплектующие}$$

изделия (рубли); N_l – количество l -тых комплектующих изделий входящих в единицу продукции (шт.);

C_l – цена приобретения единицы l -го комплектующего (рубли/шт.);
 $H_{м.з.}$ – норма транспортно-заготовительных расходов (10%). Результаты расчётов сводим в таблицу 8.

Таблица 7 Затраты на покупные комплектующие

№	Наименование	Норма шт.(метры)	Цена, рубли/шт.	Сумма, рубли.
1	Аккумулятор гелевый	2	9000	18000
2	Линейный привод колес	4	1600	6400
3	Колеса ведущие	4	400	1600
4	Линейный привод навески	2	1200	2400
5	Труба квадрат 25мм	12	700	700
6	Пульт	1	3000	3000

7	Набор электронных компонентов	1	5000	5000
8	Блок предохранителей	1	450	450
9	Система позиционирования	1	19304	19304
10	Сталь листовая 0,5мм	1,5	500	500
11	Покраска	1	1200	1200
12	Мотор-редуктор	4	5000	20000
33	Набор парктроников	8	300	2400
14	Розетка с преобразователем питания	1	366	366
15	Навеска	1	2500	2500
16	Набор беспроводных видеопередатчиков	1	1656	1656
17	Метизы	-	500	500
18	ИТОГО			85676

Также необходимо учесть услуги сторонних организаций, занимавшихся раскроем трубы, сваркой рамы, изготовлением и покраской кожухов: затраты, с учетом транспортных расходов и НДС, составили 7156 рублей.

Для определения величины амортизационных отчислений по основным средствам, использованным в процессе выполнения ВКР необходимо определить время, в течение которого использовалось это основное средство.

4.5 Амортизационные отчисления по основным средствам

Амортизационные отчисления по основному средству i за год определяются как:

$$A_i = C_{n.n.i} \cdot \frac{H_{ai}}{100}$$

где A_i – амортизационные отчисления за год по i -му основному средству

(руб.); $C_{n.n.i}$ – первоначальная стоимость i -го основного средства (рубль); H_{ai} – годовая норма амортизации i -го основного средства (%).

Далее, определяем, какую часть от года составляет период, в течение которого использовалось основное средство.

Величина амортизационных отчислений по i -му основному средству [19], используемому при работе над ВКР, определяется по формуле:

$$A_{iBKP} = A_i \cdot \frac{T_{iBKP}}{12}$$

где A_{iBKP} - амортизационные отчисления по i -му основному средству, используемому студентом в работе над ВКР (рубль); A_i – амортизационные отчисления за год по i -му основному средству (рубль); T_{iBKP} – время, в течение которого студент использует i -ое основное средство (месяцы).

Из основных средств, используемых при написании ВКР, учитываем ноутбук. Первоначальная его стоимость составляла 27000,00 рублей. следовательно годовые амортизационные отчисления за ноутбук составят:

$$A = 27000,00 * 0,33 = 8910 \text{ рублей.}$$

Величина амортизационных отчислений по основному средству, используемому при работе над ВКР:

$$A_{ВКР} = 3100.20 * (3/12) = 4455 \text{ рублей.}$$

4.6. Накладные расходы

Таблица 8 Накладные расходы

№	Наименование	Расходы, рубли.
1	Канцелярские расходы	500
2	Расходные материалы при монтаже	600,00
3	Типографские расходы	416,00
4	Итого:	1516

4.7.Итоговые затраты

Для подсчёта общих затрат на написание ВКР, полученные суммы сводим в таблицу 10.

Таблица 9 Затраты на проектирование и разработку агрегата

№	Наименование	Сумма, рубли.

Продолжение таблицы.10

1	Расходы на оплату труда (включая социальные отчисления)	351226
2	Материалы	143586
3	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями	6956
4	Амортизационные отчисления	4455
5	Накладные расходы	1516
6	Итого:	507739

Итак, в данном разделе были посчитаны все трудовые и экономические затраты на проектирование и конструирование робота самоходная автоматизированная платформа. Общая сумма денежных затрат составила 507739рублей.

Чтобы определить предварительную цену агрегата при запуске его производства и сравнить с зарубежными аналогами, используем затратный

метод ценообразования, когда к полной себестоимости единицы продукции добавляется сумма прибыли, определенная по нормативу рентабельности.

$$Ц_{ед} = C_{ед} \cdot (1 + K_{нр}) = 163921 \cdot (1 + 0,15) = 188510 \text{ руб.}$$

где $K_{нр} = 15\%$ – коэффициент нормативной рентабельности.

Принимаем стоимость одной роботизированной платформы 190000 рублей. В то же время самый технически оснащенный аналог предлагает компания BoniRob за 858000 рублей.

Как видим, цена разработанного отечественного агрегата оправдывает себя, что в свою очередь, при запуске массового производства сыграет решающую роль для потребителей.

5. Социальная ответственность

Целью данного раздела является показать безопасность и экологичность выпускной квалификационной работы, основная тема которой: разработка конструкции и системы управления самоходной автоматической платформы.

Так как изделие находится на этапе проектирования, то выявить проявления вредных и опасных факторов не представляется возможным. Но можно сформулировать требования безопасности.

5.1. Анализ вредных факторов при эксплуатации агрегата

Самоходная автоматическая платформа должна обеспечивать все необходимые требования безопасности при эксплуатации.

5.1.1. Безопасность механического оборудования

Агрегат должно обеспечивать требования безопасности при эксплуатации и ремонте, монтажных работах, транспортировании и хранении. Данный вид безопасности соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.001, ГОСТ12.2.003, ГОСТ12.2.026 и ГОСТ12.0.003 обеспечивается:

- выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции и т. п.;
- компоновкой конструкции из безопасных материалов и веществ;
- применением в конструкции средств автоматизации, механизации и дистанционного управления;
- выбором безопасных органов управления;
- применением в конструкции средств защиты;
- соблюдением требований безопасности при эксплуатации и ремонте, монтажных работах, транспортировании и хранении.

- профессиональным отбором и обучением работников;
- выбором конструкции оборудования и электрооборудования с учетом пожарной безопасности;
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению;
- контролем за соблюдением требований безопасности, правил эксплуатации и трудового законодательства по охране труда рабочими.

В данном проекте разработаны меры по обеспечению безопасной эксплуатации газонокосилки в течение всего срока службы. Оборудование самоходной автоматической платформы.

при эксплуатации и в условиях, установленных эксплуатационной и ремонтной документацией по ГОСТ 2.601 и ГОСТ 2.602, не должно создавать опасности в чрезвычайных ситуациях в результате воздействия негативных факторов, которые имеют место при чрезвычайных ситуациях. Такими факторами являются: влажность, высокая температуры, солнечной радиация, механические колебания, высокие и низкие давления, агрессивные вещества, ветровые нагрузки и т.п.

5.1.2. Безопасность элементов

Элементами конструкции агрегата являются электроприводы, которые соответствуют требованиям безопасности ГОСТ 12.1.019-79:

- электропривод обеспечивает безопасность рабочих при вводе в эксплуатацию и, непосредственно, эксплуатации, как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией;
- материалы электропривода не окажут опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также не создадут пожаро-

взрывоопасных ситуаций, т.к. выбраны материалы с классом опасности 4 и не пожаровзрывоопасны;

– для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и к другим не токоведущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением, применяется защитное зануление. Доступные металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции, должны быть надежно электрически соединены короткими проводниками с заземляющим проводом;

– конструкция электропривода и его отдельных частей исключает возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа (демонтажа), т.к. спроектированные сочленяемые узлы и детали предполагается выполнить с достаточным запасом прочности;

– элементы конструкции электропривода не имеют острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих;

– конструкция электропривода исключает самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, за счёт надёжного крепления;

– проведение измерения физических величин при помощи ручных измерительных инструментов разрешается только при обеспечении мер, исключающих возможность контакта, работающего с токоведущими частями.

5.2. Анализ опасных факторов проектируемого изделия

Безопасность работа обеспечивается использованием в конструкции безопасных материалов и веществ. Согласно требованиям, ГОСТ 12.3.002-75:

– материалы конструкции МК не оказывают вредного действия на работающих. При использовании материалов, которые могут оказывать вредное воздействие, предусмотрены соответствующие средства защиты работающих;

– использование новых веществ и материалов разрешено только после утверждения в установленном порядке соответствующих гигиенических нормативов.

Таблица 10 Материалы, входящие в конструкцию оборудования.

Наименование материалов	Класс опасности
Каркас установки из металла	5
Электрические силовые и контрольные кабели	10
Пластиковые части самоходной автоматизированной платформы	8

Все вещества и материалы прошли гигиеническую проверку и проверку на пожароопасность. Материалы конструкции оборудования (См. таблицу 11) не оказывают опасного и вредного воздействия на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также не создают пожаро-взрывоопасные ситуации.

5.2.1. Механизация и автоматизация технологических операций

Для того, чтобы оператор не имел прямого контакта с роботом во время работы используется модуль для дистанционного управления. Это позволяет избежать травм, которые могут появиться при ручном управлении.

5.2.2. Безопасность органов управления

Включение будет осуществляться при помощи тумблера находящимся на боковой панели самоходной автоматизированной платформы.

Для обеспечения дополнительной безопасности на работе предусмотрена автоматическая остановка при разрыве сигнала управления, то есть при потере сигнала управления подача тока на токоведущие части будет приостановлена.

5.2.3. Безопасность средств защиты, входящих в конструкцию

Средства защиты обеспечивают безопасность при эксплуатации агрегата и сконструированы с учетом требований ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.049, ГОСТ 12.2.061:

– средства защиты выполняют свое назначение непрерывно в процессе функционирования электропривода или при возникновении опасной ситуации;

– конструкция и расположение средств защиты не ограничивает технологические возможности оборудования, и обеспечивают удобство эксплуатации и технического обслуживания.

Таблица 11 Средства защиты, предусмотренные в мобильном комплексе.

Вил. тип средств	Назначение	Способ крепления	Материалы для изготовления

Продолжение таблицы.11

Кнопка отключения	Для отключения от источника питания в случае внештатной	Крепится к каркасу	Пластик
Программное Отключение работа	Для отключения работа при возникновении ЧС		

5.2.4. Безопасность при монтажных и ремонтных работах

Безопасность при монтажных и ремонтных работах обеспечивается средствами защиты, инструментами и приспособлениями, которые удовлетворяют требованиям соответствующих государственных стандартов.

Средства защиты, инструменты и приспособления подвергаются осмотру и испытаниям. К обслуживанию изделия допускаются лица, прошедшие специальный инструктаж и изучившие данное техническое описание и инструкцию по эксплуатации.

При монтаже и эксплуатации должны соблюдаться:

- правила устройства электроустановок;
- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правила технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

5.2.5. Безопасность при транспортировке и хранении

Масса самоходной автоматизированной платформы. Вместе с аккумуляторами составляет примерно 100кг, поэтому нет необходимости в использовании грузоподъемных средств в процессе монтажа, транспортировки, хранения и ремонта на производственном оборудовании.

Конструкция агрегата обеспечивает возможность надёжного закрепления его составных частей на транспортном средстве или в упаковочной таре. Помещение для хранения должно быть сухим и не пыльным, в помещении не должно быть сильных электромагнитных установок.

5.2.6. Безопасность при размещении

Согласно требованиям, ГОСТ 12.3.002-75, ГОСТ 12.3.003-91, ГОСТ 12.3.061-81, СНиП 31-01-03:

- производственные площадки, на которых выполняются работы, соответствуют требованиям действующих норм и правил, утвержденных органами государственного надзора;

- организация рабочих мест оператора ПК отвечает требованиям безопасности с учетом эргономических требований, устанавливаемых в государственных стандартах на конкретные производственные процессы, производственное оборудование и рабочие места.

5.2.7. Требования безопасности к профессиональному отбору

К обслуживанию и пользованию МК допускаются лица:

- имеющие профессиональную подготовку в высших или среднетехнических заведениях;

- прошедшие инструктаж, обучение и проверку знаний по охране труда;
- не имеющие медицинских противопоказаний.

5.2.8. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность оборудования должна быть обеспечена в соответствии с требованиями настоящих стандартов, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.018, ГОСТ 12.2.007.0, ПУЭ, ПТЭ, и ПТБ, СНиП 3.05.06, СНиП 3.05.07 [20].

С учётом этих показателей выбран тип исполнения, вид взрывозащиты электрооборудования и степень его защиты от пыли и влаги. Для обеспечения пожарной безопасности объекта, где предполагается использовать агрегат необходимо использовать мероприятия пожарной профилактики:

- организационные (инструктаж персонала и т.п.);
- режимные (курение в специальных местах);
- эксплуатационные (профилактические осмотры).

5.2.9 Охрана окружающей среды

В конструкции газнокосилки применены безопасные и экологичные в соответствии со стандартами ССБТ и охраны окружающей среды, сертифицированные материалы и вещества.

5.3. Экологическая безопасность исходных материалов

Одним из экологических показателей является экологическая безопасность исходных материалов и веществ, входящих в конструкцию

оборудования. При изготовлении и эксплуатации агрегата выполнены все нормативные природоохранные требования.

Выводы: 1) в проекте разработан комплекс организационных, технических и других мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда; 2) внедрение разработанного и сконструированного робота и мероприятий с соблюдением требований ГОСТ, СНиП позволит считать данный проект относительно безопасным и экологичным.

5.4. Безопасность при чрезвычайных ситуациях

При возникновении ЧС необходимо:

- 1) отключить электропитание установки;
- 2) выполнить предписание должностных инструкций;
- 3) покинуть участок выполнения работ и поступить в распоряжение начальника ГО и ЧС.

5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Контроль за выполнением требований безопасности при эксплуатации агрегата возлагается на должностные лица в соответствии с правовыми и нормативными документами по созданию безопасности и нормальных условий труда.

Разработанный агрегат должен соответствовать основным требованиям безопасности машин и оборудования «Технического регламента Таможенного союза» (ТР ТС 010/2011), а также дополнительным требованиям безопасности для сельскохозяйственных и других самоходных мобильных машин настоящего регламента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработанном дипломном проекте в полном объёме выполнены запланированные мероприятия. Разработанная конструкция полностью

соответствует рассматриваемой теме задания и представлена в пояснительной записке и графических документах в соответствии с требуемыми в настоящее время стандартами.

Описаны мероприятия по разработке конструкции и системы управления самоходной автоматизированной платформы..

Также представлена схематехника и описание всех электронных компонентов, их подключение. Рассмотрен алгоритм отработки движений самоходной автоматизированной платформы..

В части социальной ответственности ВКР были приведены требования безопасности при использовании агрегата. Робот- самоходная автоматизированная платформа. обеспечивает все необходимые требования безопасности при эксплуатации.

В главе «Финансовый менеджмент» было произведено экономическое обоснование проекта, посчитана его общая стоимость, а также себестоимость одного агрегата. В итоге получили информацию о том, что предлагаемая модель самоходная автоматизированная платформа .экономически целесообразна.

Ввиду того, что в настоящее время на отечественном рынке отсутствуют данного рода устройства, а также соответствующая цена позволят реализовывать

Отсутствие подобных устройств отечественного производства и соответствующая цена позволят разработанной конструкции и системе управления выйти на отечественный рынок самоходных автоматизированных платформ .и занять на нем лидирующие позиции.

Список использованных источников

1. Роботизированная/с/х-платформа
2. Статьи// Электронный ресурс: режим доступа:
<https://habr.com/ru/company/robohunter>Статья/роботизированные платформы
3. BoniRob// Электронный ресурс: режим доступа:
<https://www.BoniRob.com/ru-RU/products/>
4. Каталог роботизированных с/х платформ//электронный ресурс: режим доступа: <https://habr.com/ru/company/robohunter/blog/379641/>
5. Куликов П.А. Вкалывают роботы, а не человек // ПОТРЕБИТЕЛЬ. GARDENTOOLS 2017.- № 3.- С. 101-115.
6. Marvelmind Indoor Navigation System Operating manual // Электронный ресурс: режим доступа: <https://marvelmind.com/>
7. Momot M. V. , Proskokov A. V. , Nesteruk D. N. , Ganiev M. L. , Biktimirov A. S. Systems of Geo Positioning of the Mobile Robot // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2017 - Vol. 221 - №. 1, Article number 012022. - p. 1-7
8. Способы движения агрегатов // электронный ресурс: режим доступа: <http://www.pharmspravka.ru/tehnologiya-proizvodstva-lrs/podgotovka-pochvyi/sposobyi-dvizheniya-agre.html>
9. Википедия // Электронный ресурс: режим доступа:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Трилатерация>
10. Nourani-Vatani, N., Bosse, M., Roberts, J., and Dunbabin, M. (2006) “Practical Path Planning and Obstacle Avoidance for Autonomous Mowing”, In Proc. of the Australasian Conference of Robotics and Automation.
11. Esther M. Arkin, Sándor P. Fekete b, Joseph S.B. Mitchell Approximation algorithms for lawn mowing and milling.// Computational Geometry 17 (2000) 25–50.
12. Плата Arduino Mega 2560 // электронный ресурс: режим доступа:
<https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-mega-2560/>

13. Ардуино: акселерометр MPU6050 // электронный ресурс: режим доступа: <http://robotclass.ru/tutorials/arduino-accelerometer-mpu6050/>
14. Huter GLM-4.0 // электронный ресурс: режим доступа: <https://mcgrp.ru/manual/huter/glm-4-0>
15. Теоретическое обоснование параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов: учеб. пособие / А. П. Карабаницкий, О. А. Левшукова. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – С. 23-28.
16. Что необходимо знать о роботизированных самоходных автоматизированных роботах// электронный ресурс: режим доступа: <https://robo-hunter.com/news/chto-neobhodimo-znat-o-robotizirovannih-gazonokosilkah>
17. Отчисления с заработной платы сотрудников // электронный ресурс: режим доступа: <http://nam-pokursu.ru/otchislenija-s-zarplaty/>
18. Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие изделия» // электронный ресурс: режим доступа: <https://megalektsii.ru/s72184t3.html>
19. Расчет амортизационных отчислений // электронный ресурс: режим доступа: <http://rushbiz.ru/upravlenie-biznesom/buxuchet/amortizaciya.html>
20. ППБ. Правила пожарной безопасности в РФ / М.: Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.