

**Министерство образования и науки 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»**

Направление подготовки Агроинженерия  
Кафедра «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**на соискание квалификации «бакалавр»**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ГАЗОНОКОСИЛКИ</b>

УДК 631.352.92-52:007.52.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б41	Е.С. Терентьев		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Д.Н. Нестерук			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	С.А. Солодский	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Н.А. Сапрыкина	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Моховиков	к.т.н., доцент		

Юрга – 2018 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  
 Кафедра Технология машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Моховиков А.А.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
10Б41	Терентьеву Евгению Сергеевичу

Тема работы:

Разработка конструкции и системы управления автоматической роботизированной газонокосилки.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6 июня 2018 г.
--	----------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></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"> <li>1. Привод колес – электродвигатель</li> <li>2. Привод ножа бензиновый двигатель.</li> <li>3. Размеры обрабатываемых площадей – до 1Га</li> <li>4. Максимальный уклон не более 20 град</li> <li>5. Периодичность скашивания – 1 раз в две недели, 4 мес. в году</li> <li>3. Ширина одного прохода не менее 500мм.</li> <li>4. Возможность управления через телеметрию.</li> <li>5. Автоматический останов перед препятствием</li> <li>5. Работа в автоматическом режиме по программе.</li> <li>4. Средняя цена не более 150000 рублей</li> </ol>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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"> <li>1. Аналитический обзор по теме ВКР.</li> <li>2. Методика и алгоритмы расчета создания траектории движения.</li> <li>3. Схемотехника и описание электронных компонент.</li> <li>4. Конструкторская часть. Описание конструкции газонокосилки.</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта.</li> <li>6. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор конструкций газонокосилок (1 лист А1).</li> <li>2. Обзор схем создания траекторий движения (1 лист А1).</li> <li>3. Алгоритм обработки движений газонокосилки, Экранная форма программы ПК (1 лист А1).</li> <li>4. Блок-схема подключения электронных компонент (1 лист А1).</li> <li>5. Конструкция газонокосилки. Чертеж общего вида, чертеж сборочных единиц. (2 листа А1).</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проекта (1 лист А1).</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p><b>Нестерук Д.Н.</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p><b>Солодский С.А.</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Реферат</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**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
10Б41	Терентьев Евгений Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
10Б41	Терентьеву Евгению Сергеевичу

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	ТМС
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	110300 «Агроинженерия»

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

<p>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</p>	<p>1) Средняя цена готового изделия не более 150000 руб; 2) Затраты на покупные комплектующие не более 75000 руб; 3) Количество разработчиков – 2 человека.</p>
<p>2. Страховые взносы на ЗП исполнителей</p>	<p>30%</p>

### 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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>25.04.2018</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Нестерук Д.Н.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10Б41	Терентьев Е.С.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
10Б41	Герентьеву Евгению Сергеевичу

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	ТМС
Уровень образования	Бакалавр	Направление	110300 «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"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Способы избегания вредных и опасных производственных факторов, возникающие при пользовании роботом-газонокосильщиком</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"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<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"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Источники и средства защиты от опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаро- взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> </ul>	<p>Экологическая безопасность исходных материалов</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	Безопасность при возникновении ЧС
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	Контроль за выполнением требований безопасности
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**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
10Б41	Терентьев Евгений Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 105 страниц машинописного текста, 12 таблиц, 38 рисунков. Представленная работа состоит из шести частей, количество использованной литературы – 20. Графический материал представлен на 4 листах формата А1.

Ключевые слова: РАЗРАБОТКА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ГАЗОНОКОСИЛКА, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ, АЛГОРИТМ ОТРАБОТКИ ДВИЖЕНИЙ, СХЕМОТЕХНИКА, СЕБЕСТОИМОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ.

Цель работы – разработка конструкции роботизированной газонокосилки и написание программы управления.

В аналитической части приведена характеристика роботизированных газонокосилок 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 газонокосилки.

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 2013 и в комплексной системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D и представлена на компакт-диске CD-R (в конверте на обороте обложки).



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	14
1. Аналитический обзор	16
2. Объекты и методы исследования	18
2.1 Устройство и технические особенности газонкосилок-роботов	18
2.2 Сравнительная характеристика моделей различных производителей	19
2.2.1 Роботы-газонкосилки производителя gowtow	19
2.2.2 Роботы-газонкосилки компании bosch	22
2.2.3 Роботы-газонкосилки компании husqvarna	23
2.2.4 Сравнение технических и эксплуатационных параметры устройств	25
2.2.5 Особенности устройства роботов-косилок	26
2.3 Газонкосилки на гусеничной базе	27
2.4 Системы позиционирования и их применение	30
2.4.1 Глобальные навигационные системы	30
2.4.2 Позиционирование в сотовых сетях	31
2.4.3 Wifi позиционирование	31
2.4.4 Системы позиционирования с использованием пассивных радиочастотных идентификаторов	32
2.4.5 Позиционирование по технологии «ближнего поля»	32
2.4.6 Ultra wideband позиционирование	32
2.4.7 Локальные системы позиционирования	33
2.4.8 Система навигации marvelmind	33
3. Расчеты и аналитика	37
3.1 Способы движения и поворотов агрегатов	38

					<i>ФЮРА Б41107.000 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Терентьев</i>			Разработка конструкции и системы управления автоматической роботизированной	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Проскоков</i>					10	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Проскоков</i>				10 <i>ЮТИ ТПУ зр. 10Б41</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Моховиков</i>						

3.2 Алгоритм определения местоположения робота	44
3.3 Методика расчета траектории движения	45
3.4 Схемотехника и описание электронных компонентов	51
4. Конструкторская часть	60
4.1 Описание конструкции	60
4.2 Тяговый баланс агрегата	64
4.3 Движущая сила мта	66
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	69
5.1 Вводная часть	69
5.2 Трудоёмкость работ	73
5.3 Заработная плата, социальные отчисления	72
5.4 Сырьё, комплектующие	74
5.5 Амортизационные отчисления по основным средствам	76
5.6 Накладные расходы	77
5.7 Итоговые затраты	77
6. Социальная ответственность	79
6.1 Анализ вредных факторов при эксплуатации агрегата	79
6.1.1 Безопасность механического оборудования	79
6.1.2 Безопасность элементов	80
6.2 Анализ опасных факторов проектируемого изделия	81
6.2.1 Механизация и автоматизация технологических операций	82
6.2.2 Безопасность органов управления	82
6.2.3 Безопасность средств защиты, входящих в конструкцию	83
6.2.4 Безопасность при монтажных и ремонтных работах	83
6.2.5 Безопасность при транспортировке и хранении	84
6.2.6 Безопасность при размещении	84
6.2.7 Требования безопасности к профессиональному отбору	85
6.2.8 Пожарная безопасность	85
6.3 Охрана окружающей среды	86

6.3.1 Экологическая безопасность исходных материалов	86
6.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	86
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
Заключение	88
Список литературы	89
Приложение А Спецификация на газонокосилку	
Приложение Б Спецификация на колесный модуль	
Графический материал:	На отдельных листах

Приложение В:

ФЮРА Б41.107.005 Газонокосилка СБ

Приложение Г:

ФЮРА Б41.107.006 Рама

Приложение Д:

ФЮРА Б41.107.002 Колесный модуль левый

ФЮРА Б41.107.003 Колесный модуль правый

Приложение Е:

ФЮРА Б41.107.007 Рамка опорная левая. Рамка опорная правая.

Стойка блока управления. Стойка опорная

Компакт диск:

В конверте  
на обороте  
обложки

ФЮРА Б41.107.000 ПЗ Пояснительная записка. Файл Пояснительная записка.docx в формате Microsoft Office Word 2013.

ФЮРА Б41.107.005 Газонокосилка. Файл Е:\Газонокосилка.cdw в формате Компас 3-DV16.

ФЮРА Б41.107.006 Рама. Файл Е:\Рама.cdw в формате Компас 3-DV16.

						12	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ФЮРА. Б41107.000 ПЗ		12

ФЮРА Б41.107.002 Колесный модуль левый/правый. Файл E:\Колесный модуль левый.cdw в формате Компас 3-DV16.

ФЮРА Б41.107.003 Колесный модуль правый. Файл E:\Колесный модуль правый.cdw в формате Компас 3-DV16.

ФЮРА Б41.107.007 Рамка опорная левая. Файл E:\Рамка опорная левая.cdw в формате Компас 3-DV16.

ФЮРА Б41.107.007 Рамка опорная правая. Файл E:\Рамка опорная правая.cdw в формате Компас 3-DV16.

ФЮРА Б41.107.007 Стойка блока управления. Файл E:\Стойка блока управления.cdw в формате Компас 3-DV16.

ФЮРА Б41.107.007 Стойка опорная. Файл E:\Стойка опрoная.cdw в формате Компас 3-DV16.

					ФЮРА. Б41107.000 ПЗ	1	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		12	

## 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 она 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 по дому и хозяйству: робот-мойщик окон; робот-чистильщик бассейнов, позволяющий следить за состоянием бассейна без вашего присутствия; робот-газонокосилка, который приведет в порядок ваш участок; робот-пылесос, который уже достаточно широко всем известен; даже стали появляться роботы-снегоуборщики.

Если раньше в категории бытовых роботов правили роботы-пылесосы, то последние годы на рынке стали появляться еще три вида бытовых роботов, которые все больше и больше набирают популярность: роботы-газонокосилки, роботы для бассейнов и роботы для мойки окон.

Первые самостоятельно косят газон и возвращаются на базу для подзарядки. Их принцип работы похож на тот, что применяется у роботов-пылесосов, только первые косят траву, а вторые собирают пыль. Скошенная трава мульчируется и быстро перегнивает, являясь дополнительным удобрением для почвы. 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 газонокосилок показал отсутствие отечественных производителей подобной техники, было принято решение о создании новой автоматизированной техники.

Цель работы – разработка конструкции и системы управления автоматической роботизированной газонокосилки, позволяющей обрабатывать небольшие участки территории, имеющей сложный контур и рельеф.

## 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 роботы-газонокосилки. Они составили достойную конкуренцию привычным газонокосилкам благодаря своим возможностям. Роботизированные устройства могут самостоятельно составить план участка, наметить маршрут и выбрать режим обработки газона.

Рассмотрим, как устроен робот-газонокосилка, с какими функциями справляются различные модели.

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

От владельца «интеллектуальной газонокосилки» требуется первоначально задать рабочий график и определить границы обрабатываемого участка [1]. Этого достаточно, чтоб машинка привела в порядок газон не хуже, чем профессиональный садовник.

Работа газонокосилки происходит практически бесшумно и незаметно. Единственное доказательство наличия «дворецкого» на участке – аккуратно подстриженный и ухоженный газон.

Владелец газонокосилки, при желании, в любой момент может остановить или перенаправить газонокосилку. 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.



## 2. Объекты и методы исследования

### 2.1. Устройство и технические особенности газонокосилок-роботов

Робот-газонокосилка внешне напоминает обычную электрогазонокосилку. Аппарат имеет высокопрочный корпус, снабжен ножами для резки травы и перемещается колесным способом. Главное отличие – отсутствие рукоятки для управления.

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

Пластмассовый, либо металлический корпус защищает внутренние узлы оборудования от негативных воздействий окружающей среды, а также предохраняет человека и животных от возможного касания вращающихся ножей. Внутри корпуса находится аккумулятор, электродвигатель, рабочие ножи и, конечно же, всевозможные датчики.

Робот-газонокосилка оснащен мощным, надежным и износоустойчивым аккумулятором, способным выдерживать многократные циклы зарядки. Качественный литиево-ионный аккумулятор гарантирует длительность автономной работы, подпитывая устройство.

Конструкция газонокосилки предусматривает одновременно несколько электродвигателей. Отдельный двигатель управляет ножами, другие – регулируют вращение колес. Подконтрольность различным двигателям обеспечивает хорошую производительность и мощность оборудования.

Ножи разных моделей роботов-газонокосилок могут отличаться между собой формой и способом крепления. Они выполняются в виде пластин, звезд или саблей. Отливаются ножи из крепкой стали. Вращаясь с большой скоростью, ножи отлично справляются с основной задачей – покос травы.

«Мозгом» газонокосилки 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-газонокосилки. Набор функциональных возможностей робота-газонокосилки будет зависеть от выбранной модели и компании производителя.

Ведущие колеса — обычно задние, но попадаются и полноприводные модификации. Моторы работают независимо, для маневров используется разная скорость, а то и вращение колес в «противофазе», при этом косилка разворачивается на месте. Большой крутящий момент моторов позволяет косилкам уверенно двигаться вверх по достаточно крутым склонам. Есть полноприводные модели, в которых все колеса не поворачиваются и имеют одинаковый размер. 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.

## 2.2. Сравнительная характеристика моделей различных производителей

Наиболее популярны на российском рынке роботы-газонокосилки производителей: Robomow, Bosch и Husqvarna.

### 2.2.1 Роботы-газонокосилки производителя Robomow

Robomow, известный ранее, как Friendly Robotics, начал свою историю в 1995 году с выпуска роботизированных пылесосов. Первая же в мире робот-

газонокосилка увидела свет в 1997 году и в корне изменила подход к уходу за газоном.



*Рис. 1 Газонокосилка Robomow RC-304*

Продукция Friendly Robotics достаточно быстро стала популярной не только в Европе, но и стала экспортироваться в страны Северной и Южной Америки, добралась до рынков Азии и Австралии.

За время своего существования Робомув тесно наладила связи с ведущими производителями садовой и домашней техники, оптимизируя свою продукцию и всегда предлагая клиентам самый новый и уникальный подход к решению рутинных задач. За десятки лет успешных продаж они смогли доказать свою надежность, качество и долговечность. При этом и стоимость косилок в зависимости от модели может варьироваться от 50 до 200 тысяч рублей.

Маневренная и малогабаритная машина способна самостоятельно оценивать объем работы и выполнять ее действительно качественно, пользуясь для навигации специальными датчиками и устанавливаемыми по периметру участка ограничителями. См. Рис.1

В целом же помимо самостоятельности роботизированные косилки обладают и целым рядом следующих преимуществ:

- легкий пластиковый корпус,
- возможность ручного управления с помощью дисплея,
- свинцово-кислотный аккумулятор, позволяющий устройству работать в автономном режиме до 3,2 часов,

- таймер с возможностью включения робота в работу ежедневно у установленное время,
- автоматический поиск док-станции для подзарядки,
- датчик дождя с сигналом о возврате в сухое место,
- датчик, фиксирующий уровень наклона, подъема или возможное столкновение,
- датчик, автоматически отключающий работу колес и ножниц при застревании или переворачивании,
- пароль и сигнализация с защитой от кражи,
- защита от детей.

Кроме того, косилка выстраивает свой маршрут движения по газону хаотично, производя при этом мульчирование за счет скошенной травы. Она оптимально подойдет для приусадебных участков, частных парковых зон, облагораживанию газонов перед домом или офисным зданием с огороженной территорией [2].

Robomow производятся в Израиле и имеют широкий модельный ряд. Условно их ассортимент можно разделить на три группы в зависимости от площади кошения:

1. Роботы, рассчитанные на сад до 400 кв.м. имеют такие характеристики:

- ширина кошения 28 см;
- высота кошения 15-60 см;
- вес газонокосилки – 10 кг;
- среднее время автономной работы – 50 минут;
- цена 35000-52000 рублей;
- гарантия – 2 года.

2. Характеристики оборудования, рассчитанного на сад до 2000 кв.м:

- ширина кошения 28-56 см;
- высота кошения – до 80 см;
- вес – около 20 кг;

- время работы – 55 минут;
  - гарантия – 1 год;
  - цена – 59000-79000 рублей.
3. Роботы-газонокосилки для больших участков (до 3000 кв.м):
- ширина кошения – 56 см;
  - количество обкашиваемых зон – 4;
  - время кошения – 70 минут;
  - мощность двигателя – 400W;
  - уклон – до 20 градусов;
  - гарантия – 2 года;
  - цена – около 115000 рублей.

Все модели газонокосилок-роботов компании имеют литий-железофосфатный аккумулятор, базу подзарядки, режим кошения краев, датчик дождя, защелкивающиеся ножи (в случае переворачивания машины) и низкий уровень шума в рабочем состоянии.

### 2.2.2 Роботы-газонокосилки компании Bosch

Модельный ряд автономных газонокосилок у компании Bosch скромнее, чем у Robotow. Отдельного внимания заслуживает газонокосилка Indego (См. Рис. 2), которая может подстригать газон, как параллельными дорожками, так и с изменением направления. Робот-газонокосилка оснащен сигнализацией и имеет защитный Pin-код для большей безопасности [3].



*Рис. 2 Газонокосилка Bosch Indego*

Робот-газонокосилка Bosch Indego имеет такие рабочие характеристики:

- рассчитана на площадь участка – до 1000 кв.м;
- ширина стрижки – 26 см;
- высота стрижки – 20-60 мм;
- период автономной работы – 50 минут;
- тип аккумулятора – литий-ионий;
- режущая система состоит из 3-х ножей;
- вес – 11,1 кг;
- максимальный уровень подъема – 35%.

Indego подзаряжается на станции зарядки, с которой она уезжает на газон косить траву. Также от станции зарядки питается и ограничительный провод. Так что следует продумать, где вы будете устанавливать станцию зарядки. В комплект поставки Bosch приложила длинный сетевой шнур, так что проблем с размещением быть не должно.

Сама базовая станция имеет в длину почти метр, так что придётся выделить на краю участка пять метров пространства. На тестовой лужайке в городе такое пространство было только в трёх местах: посередине террасы, где Indego будет мешаться, на правом торце лужайки и на заднем крае лужайки. В последних двух вариантах станция зарядки располагалась на траве, и под ней трава будет чахнуть со временем из-за недостатка воздуха.

По сравнению с другими роботами-газонокосилками, чьё перемещение было, по большей части, хаотичным, Indego использует технологию Logicut. Благодаря проложенному ограничительному проводу газонокосилка узнает границы участка и строит карту. Она узнает о максимальных границах участка, после чего выстраивает оптимальные траектории для скашивания травы. В основном используются оптимальные параллельные траектории с некоторым перехлестом по зоне скашивания. Если газонокосилка наезжает на ограничительный провод, то она не поворачивается затем в любом

направлении, как некоторые другие модели, а поворачивается на 180 градусов, смещается на несколько сантиметров и "едет" назад.

### 2.2.3 Роботы-газонокосилки компании Husqvarna

Шведская промышленная компания Husqvarna надежно зарекомендовала себя, как производитель качественного оборудования и приспособлений для работ в саду, огороде. Они выпускают роботы-газонокосилки для ухода за участками различных размеров (максимальная площадь кошения – 6000 м<sup>2</sup>).

Изобретенная компанией в 1995 году, экологичная газонокосилка-робот работает от аккумуляторной батареи в пределах ограничительного провода и движется по случайной траектории (См. Рис.3). При малом уровне заряда батареи косилка возвращается на зарядную станцию, заряжается и возвращается на участок для продолжения работы [4].



*Рис. 3 Газонокосилка Husqvarna Automower 430X*

Весь модельный ряд роботов-газонокосилок Husqvarna объединяют такие характеристики:

- бесшумность работы;
- острые ножи установлены на систему режущего диска;
- автоматическая подзарядка;
- защита от кражи: сигнализация и блокировка PIN-кодом;
- работа на неровных участках с углом уклона до 35%;

- блокировка работы ножей при переворачивании и подъеме газонокосилки;

- высота стрижки (20-60 см).

Отличаются между собой модели следующими параметрами:

- период кошения (45-80 минут);
- ширина стрижки (17-32 см);
- вес устройства (6,7-13,5 кг);
- цена (62000 – 240000 рублей).

Установить газонокосилку можно самостоятельно или воспользоваться услугами официального дилера компании.

## 2.2.4 Сравнение технических и эксплуатационных параметры устройств

Таблица 1

Параметры	Ед. изм.	Robomow PRD6000A	Bosch Indego	Wiper Blitz XK L50	Husqvarna Automow ER 220 AC
Полоса кошения по ширине	м	0,56	0,26	0,25	0,22
Кошение по высоте, max/min	мм	80/20	60/20	40/34	60/20
Площадь газона	м <sup>2</sup>	3000	1000	800	1800
Количество зон кошения	ед.	4	1	1	4
Вес изделия	кг	20	12	8,3	9
Движение при кошении		произвольное	по прямой	произвольное датчик скошенного участка	произвольное
Режимы круглосуточный всепогодный		есть есть	нет -/-	нет -/-	есть -/-
Работа на склоне	град	35°	-/-	50°	35°



Продолжение таблицы 1

База ограничитель рабочей зоны		есть провод	-/- -/-	нет датчик края газона	есть провод
Батарея емкость напряжение время заряда автовозврат на зарядку	А*ч V Часов	LiFePO4 6 24 2 Есть	Li-Ion 3 32 1,2 Есть	Li-Ion 6,9 25 3 Нет	Li-Ion 0,75 - - Автовозврат
Интернет цена на 11.2017 от	руб.	166000	58000	65000	116600

## 2.2.5 Особенности устройства роботов косилок

### ROBOMOW PRD6000A

- регулируемая высота кошения;
- система сигнализации, защищающая от похищения, блокировка по PIN-коду;
- организация работы в 4 зонах кошения;
- остановка режущего устройства при поднятии косилки;
- обработка краёв газона;
- бесшумная работа;
- прорезиненные колеса, обеспечивают проходимость на мокром газоне и на неровностях.

### BOSCH INDEGO

- шумовая нагрузка не более 75 дБ, выхлопы отсутствуют;
- безопасна – режущее устройство закрыто кожухом;
- на одном заряде обработает 160 м<sup>2</sup> газона;
- широкого типа колеса не сминают газон и обеспечивают изделию должную проходимость;
- схема передвижения по газону — параллельные линии.

## РОБОТ ГАЗОНОКОСИЛКА HUSQVARNA AUTOMOWER 220 AC

- надёжна, как и все машины от Husqvarna;
- шумовая нагрузка не более 63 дБ;
- высота кошения изменяется поворотом рукоятки;
- колеса дают необходимое сцепление со скользкой поверхностью;
- устойчиво действует на склонах до 35°;
- схема передвижения по газону – произвольная, что в совокупности с качественными ножами режущего устройства обеспечивает ровную стрижку по всей площадке;
- двигатель оборудован датчиком перегрузки, при её проявлениях косилка снижает скорость передвижения по газону.

### 2.3. Газонокосилки на гусеничной базе

Все выше описанные модели были изготовлены на колесной базе. Но есть так же, хоть и не так сильно распространены, агрегаты на гусеничной базе. Такие газонокосилки собирают пока только два зарубежных производителя немецкая компания IRUS и американская компания HUBRID. Модели этих фирм управляются с пульта и это их главный минус.

Irus evotrak - это многофункциональная гусеничная машина (См. рис. 4), которая способна нести различный сменный навесной инструмент для кошения травы и кустарника на склонах до 50 градусов.



*Рис. 4 Многофункциональная гусеничная машина Irus evotrak*

Высокий уровень безопасности, применение инновационных технологий и качественных материалов позволяют использовать EVOTRAK максимально эффективно. При помощи пульта управления на машину передаётся до 18 исполнительных команд.

EVOTRAK оснащён двухцилиндровым бензиновым двигателем KOHLER, мощностью 30,5 л.с. Двигатель закреплён на подвижной платформе, которая позволяет ему находиться в вертикальном положении независимо от крутизны склона. Высокая маневренность на любой поверхности и устойчивость на крутых склонах. Движение осуществляется посредством гусениц из вулканизированного каучука с металлическими грунтозацепами. Имеется устройство очистки от налипшего грунта. Гусеничные траки доступны в трёх различных модификациях, и могут снабжаться съёмными шипами до 50 мм для работы на очень крутых склонах. Машина имеет гидростатическую трансмиссию с полным приводом колёс. Разворот на одном месте.

Косилка управляется оператором дистанционно с выносного пульта. Дальность действия радиосигнала от 0 до 300 м. Обычно во время работы оператор находится на расстоянии 5-50 метров от косилки для удобства управления и контроля территории действия радиосигнала от 0 до 300 м.

Газонокосилка компании Hybrid GOAT ROBOT 22T (См. рис. 5) была так же, как и предыдущая модель, разработана для работы на крутых склонах, где сильно опасно и очень трудно производить покос вручную с участием человека. Она позволяет повысить производительность труда и сократить затраты. Косилка-робот легка в управлении, имеет хорошую энерговооруженность и низкий центр тяжести, что позволяет ей «карабкаться» на самые крутые склоны. Она превосходно работает на неровной местности, на участках вдоль водоканалов, крутых склонах. Запатентованная система гибридного привода позволяет вырабатывать электроэнергию для зарядки аккумуляторов и сокращать на 25% расход бензина.



*Рис. 5 Газонокосилка Hybrid GOAT ROBOT 22T*

Hybrid GOAT ROBOT 22T имеет следующие технические характеристики:

- Запуск двигателя: дистанционный электрический
- Гибридная электросистема: 24 вольта
- Ширина скашивания: 56 см
- Привод: гусеничный
- Диаметр приводного (ведущего) колеса: 330 мм
- Вес: 86 кг
- Крутящий момент: 76 нм
- Угол подъема: 60-70 градусов
- Мощность двигателя: 6.75 л.с.
- Скорость: 13 км/час
- Бензиновый двигатель: Kawasaki или Briggs.

Проведя анализ гусеничных газонокосилок, можно сделать вывод, что их эффективно можно использовать на больших склонах. Так же на EVOTRAK можно установить разнообразные рабочие органы и с легкостью выполнять множество работ. Но их главный минус – это цена:

- Hybrid GOAT ROBOT 22T – 470000 руб.
- IRUS EVOTRAK – 3200000 руб.

Идентифицировать интересующие объекты и контролировать местонахождение газонокосилок можно разными способами. Все зависит от задач и условий. Если задачей ставится распознавание абонентов для оказания районированных услуг, то ошибка в десяток километров особой роли не

сыграет, а если речь идет о позиционировании чипа на плате при автоматической сборке, речь пойдет о микронах.

## 2.4. 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.

### 2.4.1 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.

#### 2.4.2 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.

#### 2.4.3 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 о 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.

#### 2.4.4 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.

#### 2.4.5 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.

#### 2.4.6 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.

#### 2.4.7 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.

Основным 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 ( $\sim 340$  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.

#### 2.4.8 Система навигации Marvelmind

Система навигации внутри помещений «Marvelmind» - это готовая навигационная система, предназначенные для определения точных ( $\pm 2$ 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 2Д (х, 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 <sup>2</sup>
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
Питание	Срок службы батареи зависит от интенсивности использования
Внутреннее:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LiPol батарея 1000mah. Стационарный радиомаяк со скоростью обновления 16 Гц до 72ч;</li> <li>• Стационарный радиомаяк со скоростью обновления 1hz – около 1 месяца;</li> <li>• Мобильный радиомаяк со скоростью обновления 8 Гц – 12ч;</li> </ul>
Внешнее:	Через разъем microUSB

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

*Продолжение таблицы 3*

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

### 3. 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.

### 3.1. Способы движения и поворотов агрегатов

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.

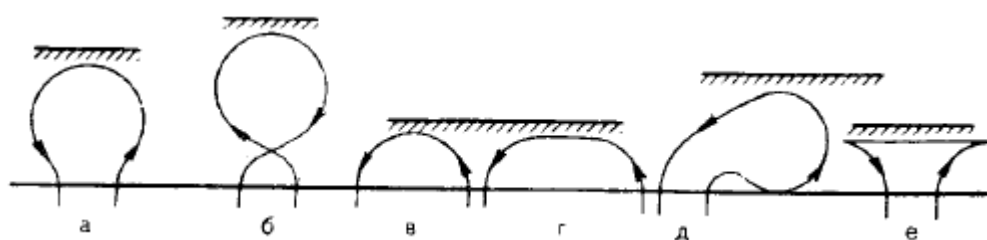
Машинные агрегаты перемещаются с определенной цикличностью. Циклично повторяющееся чередование рабочих ходов, поворотов и заездов называется способом движения машинного агрегата.

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.



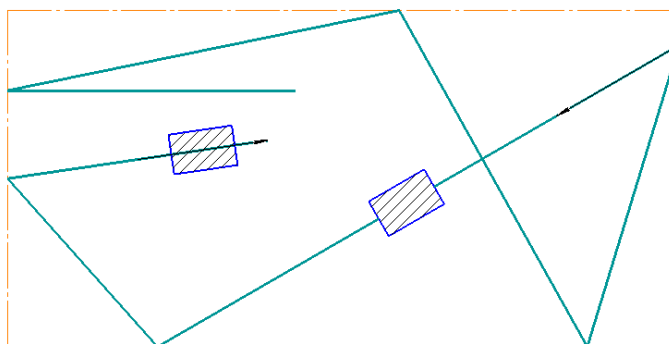
*Рис. 6 Основные виды поворотов МТA*

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

В случае с газонокосилкой-роботом движение может хаотичным, круговым или параллельным(зигзагом) а также по краю и в углах участка.

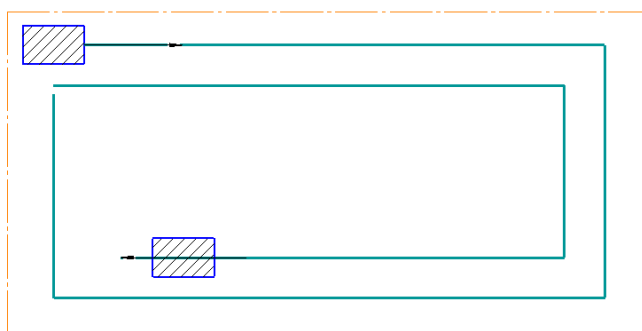
При хаотичном виде движения косилка двигается беспорядочно. Схема движения не повторяется никогда (См. рис.7). Такая система движения

означает, что газон подстригают равномерно, не оставляя следов движения косилки. Главным недостатком этого способа движения является нерациональное использование энергии и снижение производительности [8].

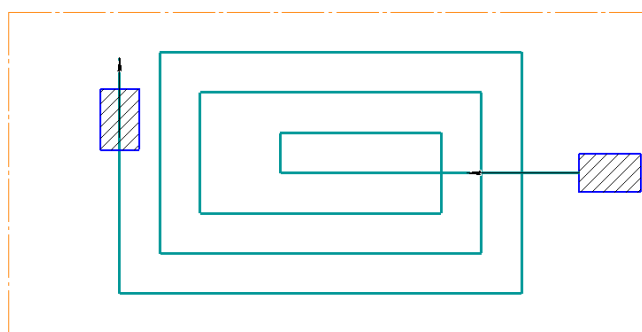


*Рис. 7 Хаотичное движение косилки*

При круговом способе движения газонокосилка может гораздо быстрее скосить траву, чем при других видах движения. При таком движении рабочий орган будет задействован все время движения агрегата, а количество холостых ходов сводится к минимуму, что делает скашивание травы 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.

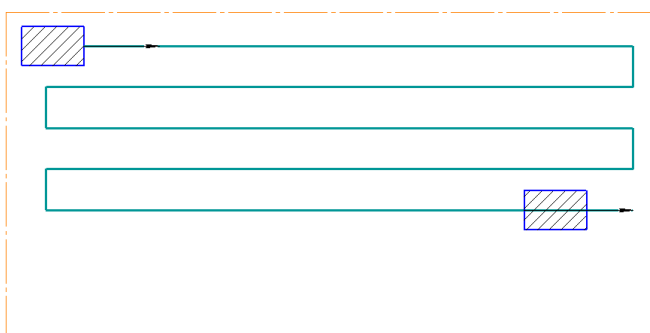


*Рис. 8 Круговое движение от периферии к центру*



*Рис. 9 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. 10 Гонный 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



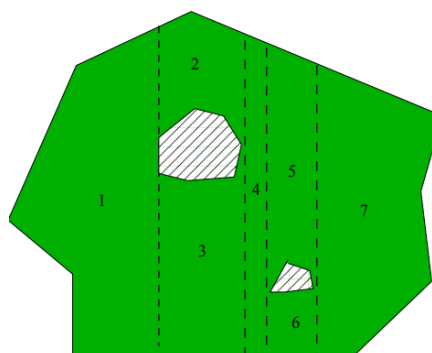
прямоугольной формы, то при таком виде движения останутся необработанные области (См. Рис. 11).



*Рис. 11 Необработанные области при способе движения параллельными полосами*

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. 12). Минус данного способа в том, что эти подобласти могут быть слишком малыми для агрегата. То есть идет частичных захват других подобластей и тратится время на переезд агрегата с одной области на другую.



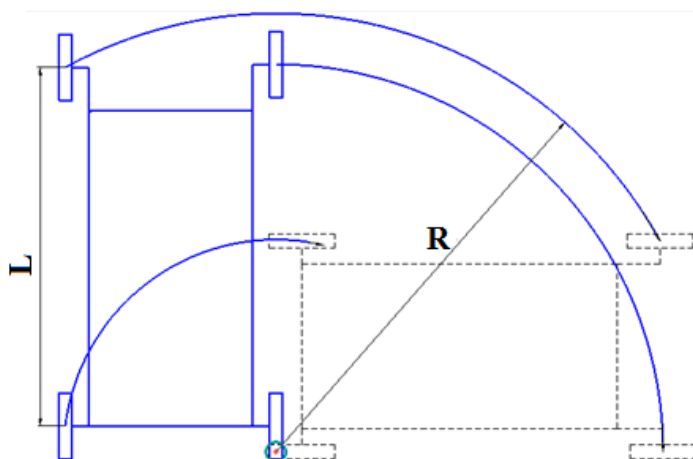
*Рис. 12 Разделение области обработки на 7 подобластей из-за 2-х препятствий*

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

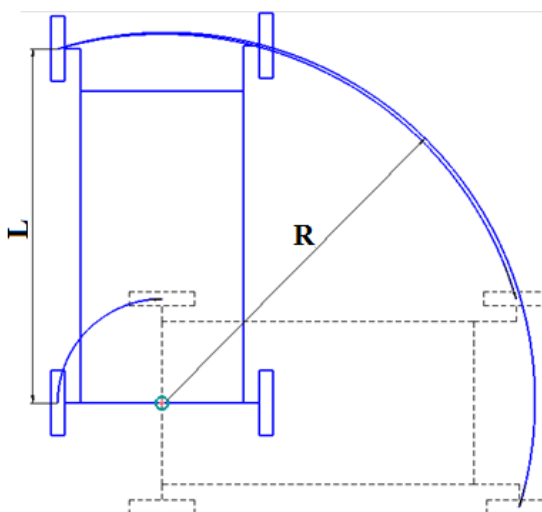
Достаточно весомым компонентом любого способа движения является радиус поворота агрегата. Ведь, чем меньше радиус поворота, тем меньше времени и энергии затрачивается на совершение разворота.

Разработанная газонокосилка при повороте в право (влево) может поворачивать:

- вращением одного ведущего колеса, при этом второе колесо заблокировано (См. Рис. 13);
- вращением ведущих колес в разные стороны (См. Рис. 14). В этом случае радиус поворота сокращается на 15%, а также скорость разворота агрегата выше.



*Рис. 13 Кинематика поворота агрегата при вращении одного ведущего колеса*



*Рис. 14 Кинематика поворота агрегата при разнонаправленном вращении двух ведущих колес*

### 3.2. 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].

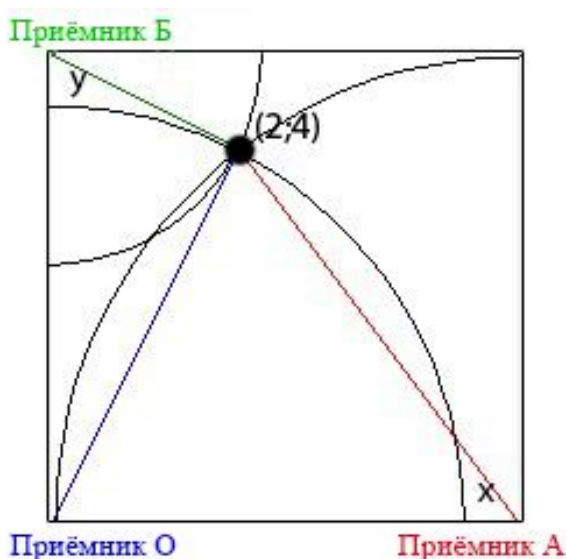


Рис. 15 Алгоритм трилатерации

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

### 3.3 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:

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

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

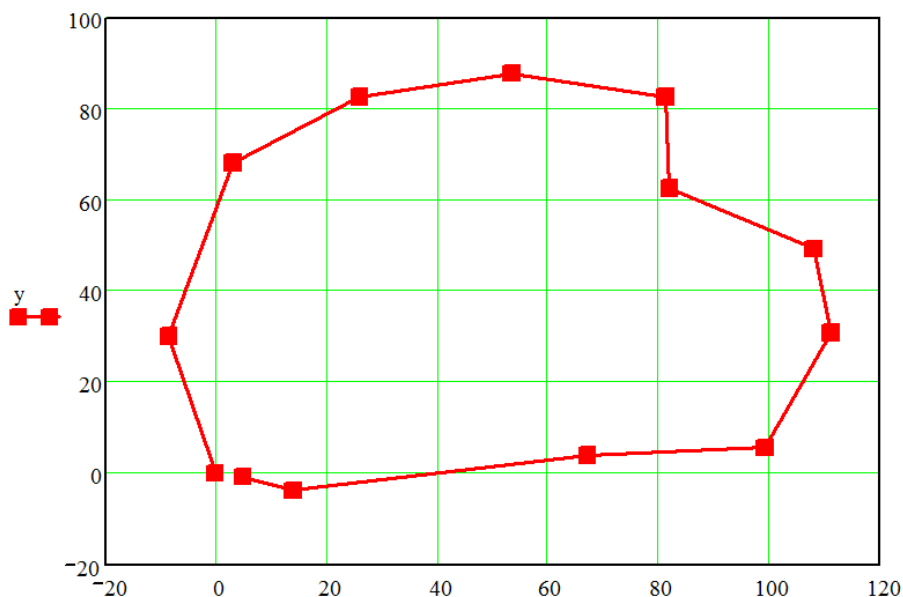


Рис. 16 График координат периметра внешнего контура

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

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

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

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

Рис. 17 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. 18 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

$$\text{NumTrek} := \left| \begin{array}{l} \text{MaximumChislo} \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 1..k \\ \text{MaximumChislo} \leftarrow \frac{DlinaRadiusa_1}{Shirina} \text{ if } DlinaRadiusa_{i-1} < DlinaRadiusa_i \\ \text{round}(\text{MaximumChislo}) \end{array} \right.$$

*Рис. 19 Фрагмент блока программы для определения числа треков*

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

$$\begin{array}{l} X_{track} := \text{for } j \in 0.. \text{NumTrek} - 1 \\ \text{for } i \in 0.. k \\ \left| \begin{array}{l} Jat \leftarrow \frac{j}{\text{NumTrek} - j} \\ X_{t, j, i} \leftarrow \frac{x_i + X_c \cdot Jat}{1 + Jat} \end{array} \right. \end{array} \quad \begin{array}{l} Y_{track} := \text{for } j \in 0.. \text{NumTrek} - 1 \\ \text{for } i \in 0.. k \\ \left| \begin{array}{l} Jat \leftarrow \frac{j}{\text{NumTrek} - j} \\ Y_{t, j, i} \leftarrow \frac{y_i + Y_c \cdot Jat}{1 + Jat} \end{array} \right. \end{array}$$

*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
	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
	3	40.1	38	40.9	46.6	53.5	60.5	60.6	67.2	68	65	57	43.6

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ytrack =	0	0	30	68.1	82.7	87.9	82.7	62.7	49.4	30.8	5.5	4	-4
	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
	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
	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

Рис. 21 Матрицы координат точек траектории движения

Преобразуем данную матрицу в вид последовательности чисел:

<pre>Xtr := i ← 2 Xcomb ← stack [ (Xtrack<sup>T</sup>)<sup>&lt;0&gt;</sup>, (Xtrack<sup>T</sup>)<sup>&lt;1&gt;</sup> ] while i &lt; NumTrek   Xcomb ← stack [ Xcomb, (Xtrack<sup>T</sup>)<sup>&lt;i&gt;</sup> ]   i ← i + 1 Xcomb</pre>	<pre>Ytr := i ← 2 Ycomb ← stack [ (Ytrack<sup>T</sup>)<sup>&lt;0&gt;</sup>, (Ytrack<sup>T</sup>)<sup>&lt;1&gt;</sup> ] while i &lt; NumTrek   Ycomb ← stack [ Ycomb, (Ytrack<sup>T</sup>)<sup>&lt;i&gt;</sup> ]   i ← i + 1 Ycomb</pre>
---	---

Рис. 22 Массивы координат точек траектории движения

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

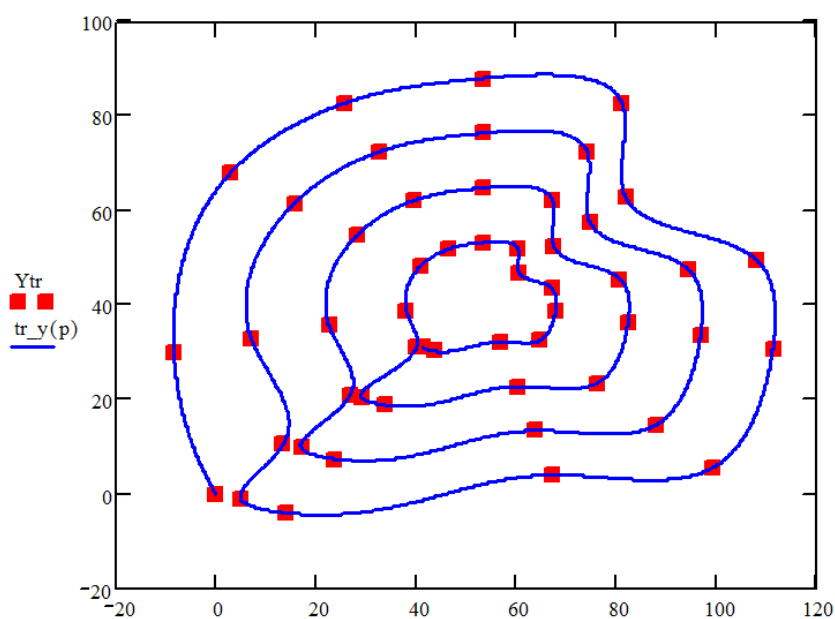


Рис. 23 График с опорными точками траектории движения



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.

$$PloshadFigur := \sum_{i=1}^k \sqrt{Perimetr_i \cdot (Perimetr_i - DlinaRadiusa_{i-1}) \cdot (Perimetr_i - DlinaRadiusa_i) \cdot (Perimetr_i - C_i)}$$

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

$$Perimetr_f := \frac{DlinaRadiusa_{f-1} + DlinaRadiusa_f + C_f}{2}$$

Расчетное значение для заданной фигуры равно:

$$PloshadFigur = 8.05 \times 10^3$$

Общая пройденная длина пути газонокосилки определится как:

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

Умножив значение суммарной длины на ширину захвата косилки, получим значение площади с учетом пройденного пути:  $PloshadObrabotki = 1.4 \times 10^4$

Коэффициент полезной работы будет равен:

$$KoeffPoleznObrabotki := \frac{PloshadFigur}{PloshadObrabotki} \quad (7)$$

$$KoeffPoleznObrabotki = 0.6$$

Анализ систем позиционирования показал, что для небольших роботов наиболее целесообразно применение локальной системы, основанной на ультразвуковом сканировании пространства.

### 3.4 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 1000м<sup>2</sup>



*Рис. 24 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 устройств. 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.

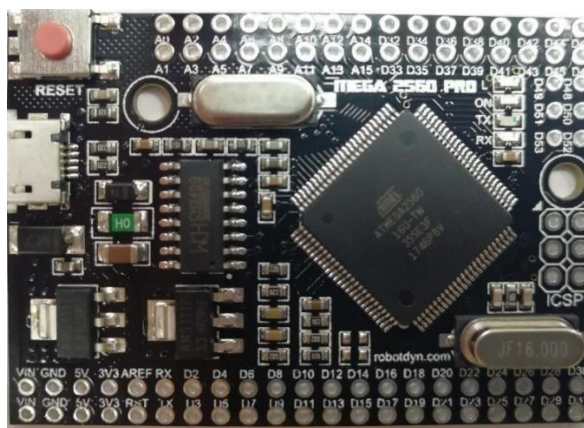


Рис. 25 Arduino Mega 2560

Таблица 3 Характеристики Arduino Mega 2560

Микроконтроллер	ATmega2560
Рабочее напряжение	5В
Аналоговые входы	16

Продолжение таблицы 3

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

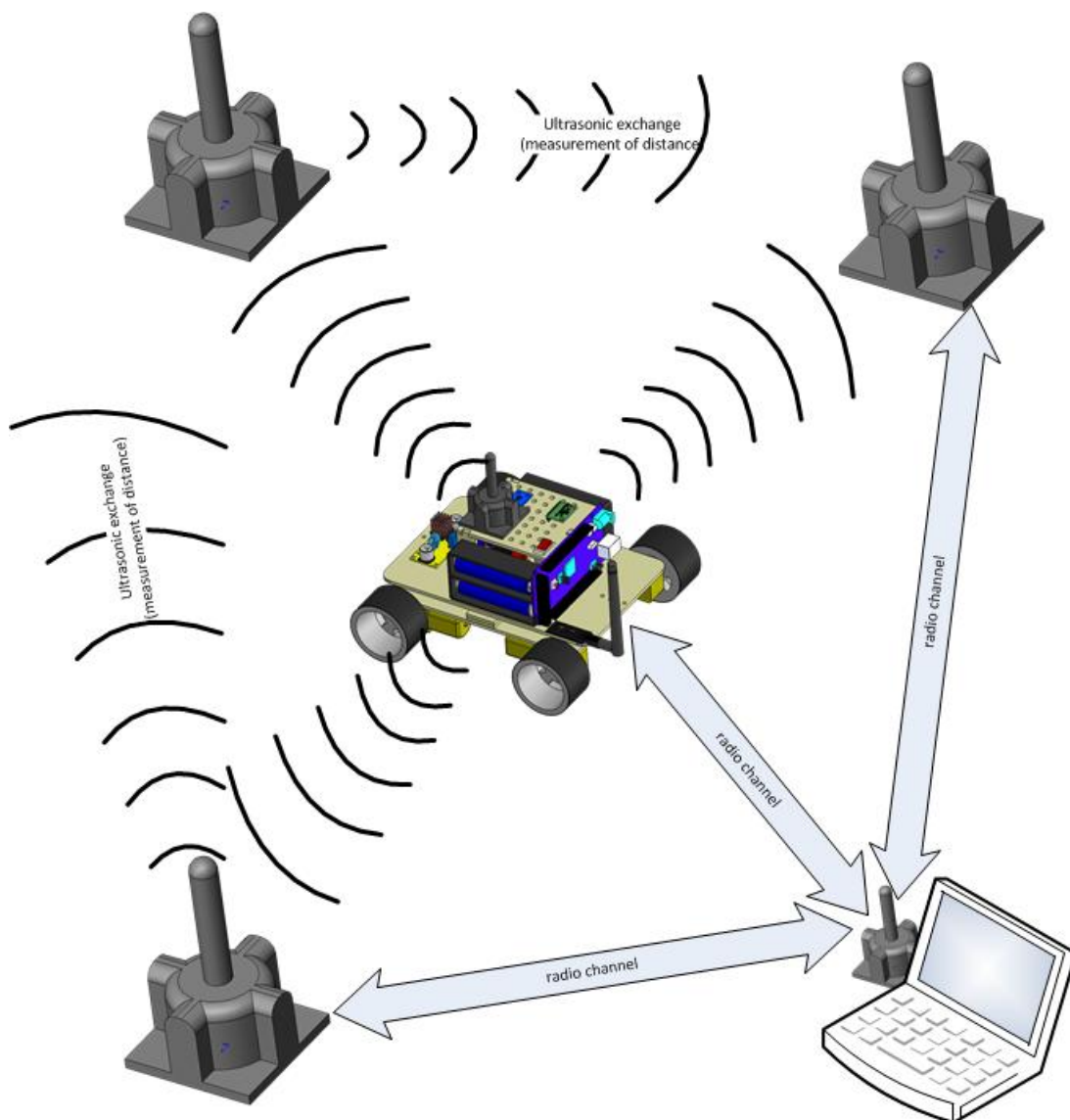
Блок управления мотор-редукторами движения газонокосилки «Dual Motor Drive» (См. Рис. 26) принимает логические команды от контроллера и преобразует выходные маломощные сигналы дискретной логики в усиленные сигналы, достаточные для управления двумя мотор-редукторами газонокосилки.



Рис. 26 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.

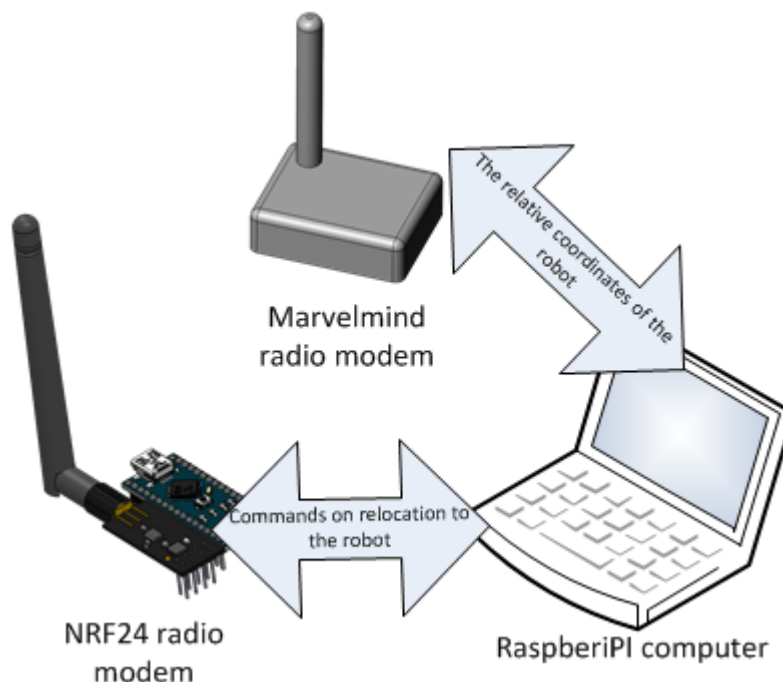


*Рис. 27* Схема взаимодействия датчиков системы позиционирования

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. 28 Набор передатчиков для управления газонокосилкой*

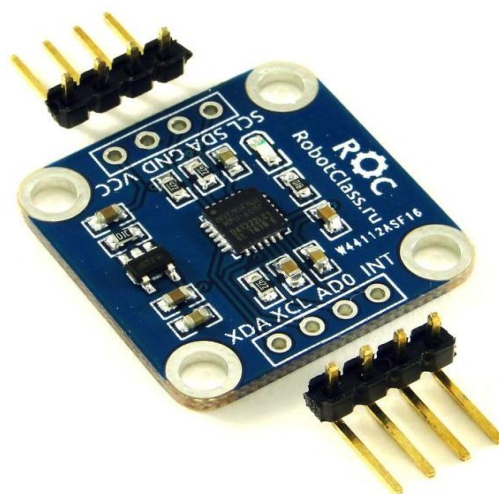
Для корректировки текущего направления робот также оснащен электронным гироскопом, акселерометром и электронным компасом, которые размещены в микросхеме модуля MPU6050 от RobotClass (См. Рис. 29). Эти приборы позволяют сохранять прямолинейное направление движения робота в случае проскальзывания ведущих 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;

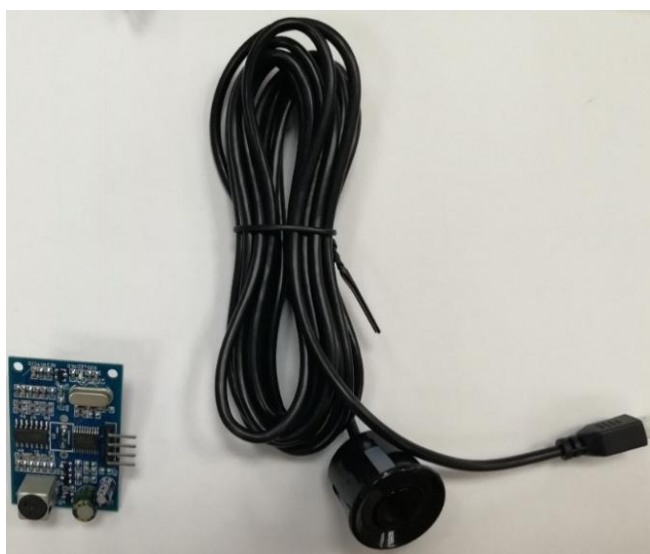


- диапазон:  $\pm 2, 4, 8, 16g$ ;
- разрядность АЦП: 16;
- интерфейс: I2C (до 400 кГц).



*Рис. 29 Модуль MPU6050*

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



*Рис. 30 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 газонокосилки на нее была установлена видеокамера и 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.

Технические характеристики приемника USV 5.8G 150CH:

- Рабочая частота 5.8G.
- 32 канала переключения.
- 4 спектра А, В, Е, F.
- Чувствительность приема: -90dBm.
- Разъем приемника: Micro-USB.
- Разъем совместимой антенны: RP-SMA plug
- Напряжение питания: 12В.
- Потребляемый ток: 200 мА
- Поддерживаемый формат видео: PAL/NTSC
- Вес приемника: 85 грамм
- Размеры: 80x65x15 мм.

## 4. Конструкторская часть

### 4.1 Описание конструкции

Конструкция газонокосилки представлена в виде двух основных частей: несамоходной газонокосилки Huter GLM-4.0 (См. Рис.33) китайского производства с четырехтактным одноцилиндровым бензиновым двигателем и специально сконструированной рамной конструкции (См. Рис.34).



*Рис. 31 Газонокосилка Huter GLM-4.0*

Технические характеристики [14] несамоходной газонокосилки приведены в таблице 4.

*Таблица 4 Характеристики газонокосилки Huter GLM-4.0*

Двигатель	4-х тактный, одноцилиндровый
Мощность, л.с.	4.0
Скорость оборотов холостого хода, об/мин	2800
Объем топливного бака, л	1.5
Высота среза, мм	35—85
Ширина среза, мм	460
Регулировка высоты среза	7 уровней
Объем травосборника, л	60
Самоходная	нет

Необходимая скорость для скашивания травы обеспечивается вращением ротора с частотой 2800 об/мин. Есть возможность регулировки высоты скашивания с помощью рукоятки, установленной на газонокосилке.

Предварительно перед установкой бензиновой газонокосилки с нее была снята ручка и колеса. В качестве крепежных элементов в дальнейшем были использованы оси колес.

Рама выполнена из профильной квадратной трубы сечением 20мм. и представлена на рис.34. На ней установлены следующие сборочные узлы: узел крепления приводных колес, монтажный блок электроники, передние поворотные колеса, аккумулятор глубокого разряда, стойки крепления газонокосилки, а также стойка крепления блока телеуправления и видеокамеры. Снаружи к раме закреплены защитные кожухи.

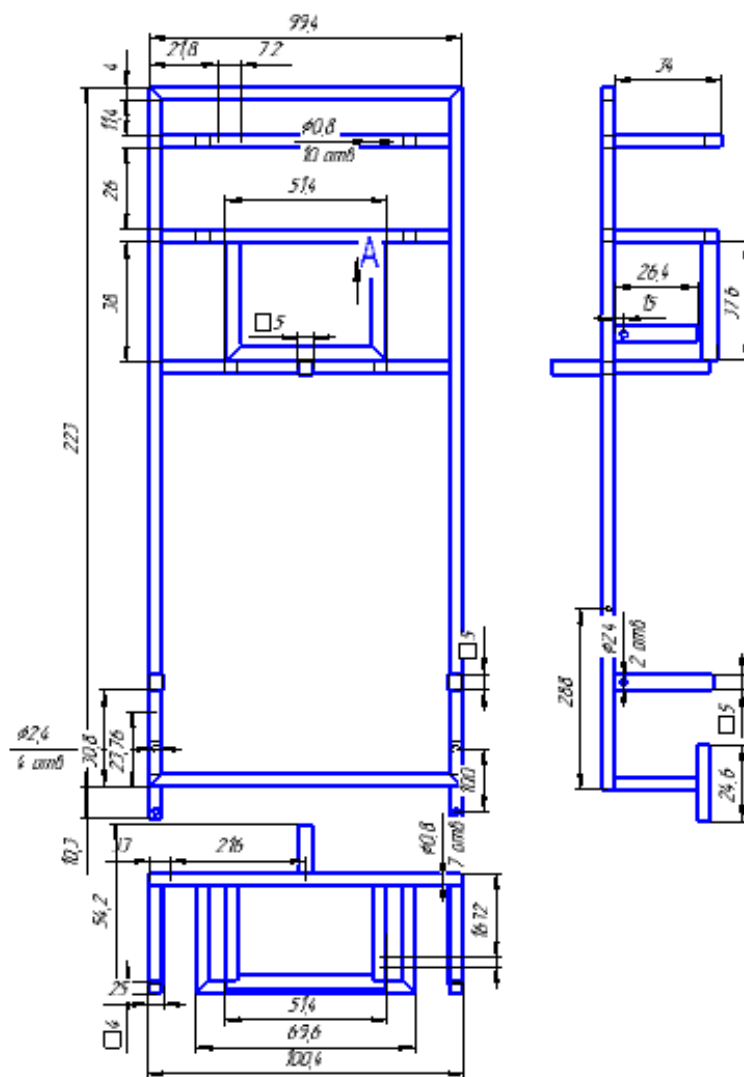
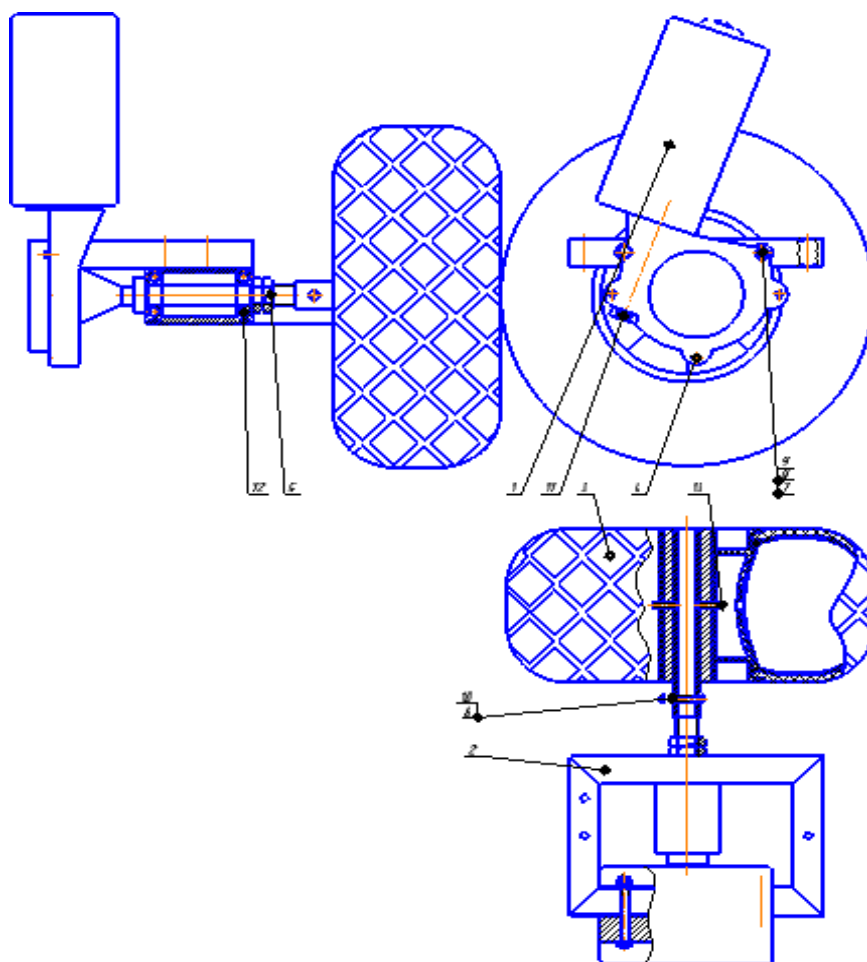


Рис. 32 Рама газонокосилки

Узел приводных колес (См. Рис.35) состоит из электромотора-редуктора поз.1, подшипникового узла, колеса поз.3 и прямоугольной рамки поз.4. Рамка к мотору крепится с помощью двух болтов через резьбовые отверстия. Так как моторы при установке имеют угол наклона, то при установке справа и слева отверстия несимметричны. Подшипниковый узел состоит из двух шариковых подшипников поз.14, установленных во втулке поз.2, приваренной к рамке поз.4. Через подшипники проходит вал редуктора, с помощью которого передается крутящий момент на ведущие колеса. Вращение от вала к колесам передается штифтом, зафиксированным гайкой поз.8. Регулировка натяга в подшипниковом узле производится гайкой поз.7.



*Рис. 33 Приводное колесо*

Передние поворотные колеса поз.16 крепятся к Т-образной стойке к раме газонокосилки (См. Рис.36). За счет смещенной вертикальной поворотной оси при отклонении от прямолинейного движения колеса принимают положение, соответствующее заданному вектору поворота.

Стойки крепления газонокосилки с одной стороны на торцах имеют втулки, в которые запрессованы резиновые вставки. Внутри вставки имеется еще одна металлическая втулка для установки на оси газонокосилки.

В защитных кожухах выполнены отверстия для крепления ультразвуковых сонаров (См. Рис.36). Ультразвуковые датчики поз.12 установлены по два штуки с четырех сторон.

Стойка крепления блока телеуправления и видеокамеры поз.7 крепится вертикально сверху. Она имеет две металлические пластины, на которых монтируются видеокамера поз.10 и коробка с электронными компонентами поз.11 (См. Рис. 36).

Вся электроника газонокосилки запитана от аккумулятора поз.5 напряжением 12В и емкостью 60А\*ч (См. Рис.36). Аккумулятор с гелиевым электролитом позволяет производить около 300 циклов глубокого разряда. Пополнение заряда производится от специального зарядного устройства.

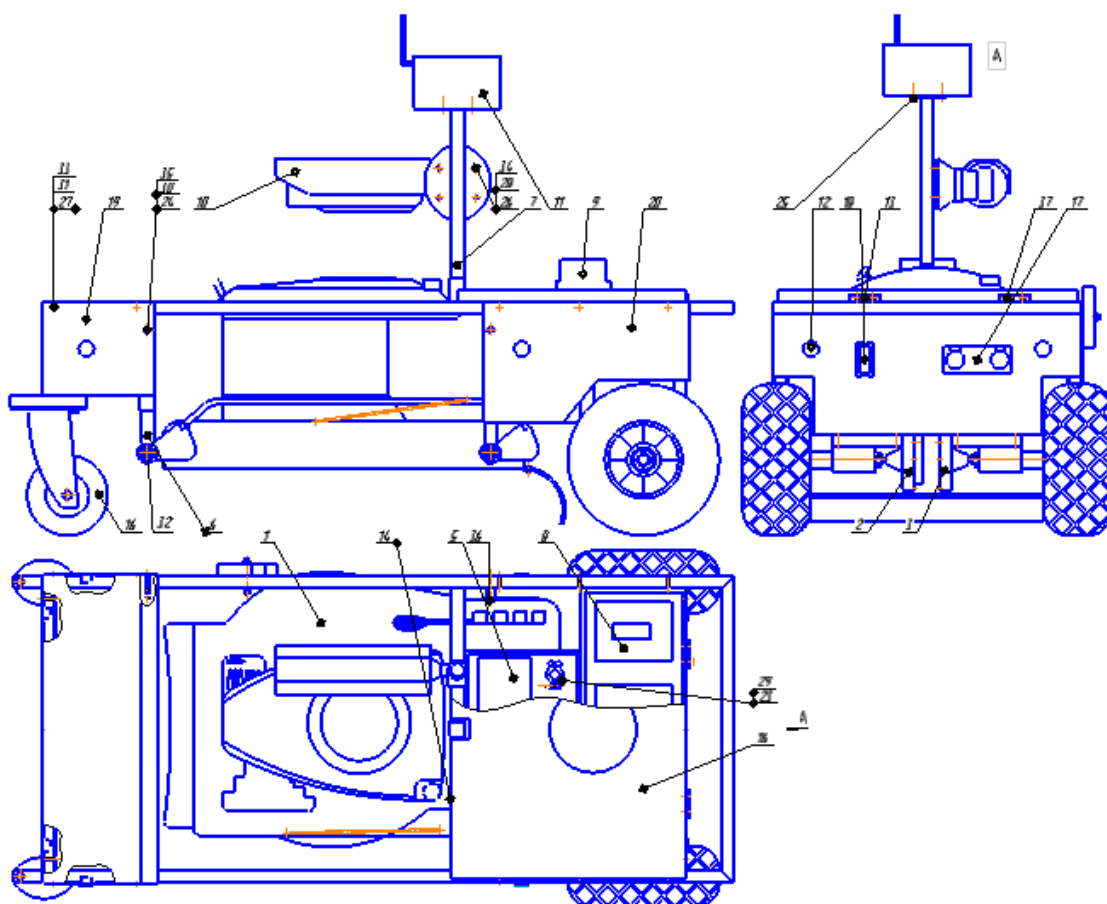


Рис. 34 Сборочный чертеж

Монтажный блок электроники поз.8, установленный на раме, закрыт плоской крышкой поз.15, которая закреплена с помощью двух шарниров поз.13. Для предотвращения произвольного открывания на крышке имеется две фиксирующие защелки поз.14 (См. Рис.36).

#### 4.2 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:

$$P_{\text{об}} = \sum P_C + R_M \quad (1)$$

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:

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

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

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

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.

$$\text{Отсюда } P_f = 0.1 \cdot 588 = 0.588 \text{ Н}$$

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  $\alpha$  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:

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

Отсюда находим:

$$P_{об} = (0.1 \cdot 588 \cdot \cos 25^{\circ} \pm 588 \cdot \frac{\text{tg} 25^{\circ}}{100}) + 3 = 62,1H.$$

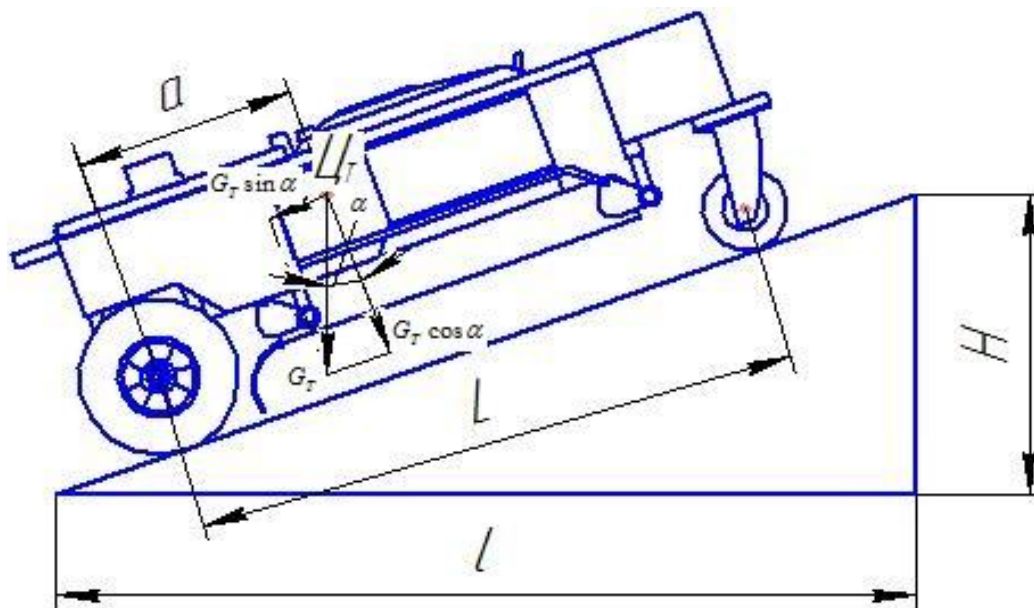


Рис. 35 К расчету сил сопротивления при движении трактора на подъем

#### 4.3 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  $M_e$ . Указанный момент с передаточным отношением  $i_{mp}$  подводится к ведущим колесам ходового аппарата и имеет значение:

$$M_k = M_e i_{mp} \eta_{mp}, \text{ где } \eta_{mp} - \text{КПД червячной передачи.}$$

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.

Как следует из рис. 38, на колесо действуют часть веса агрегата  $G_{cy}$ , называемая сцепным весом, и вертикальная реакция почвы  $R$ .

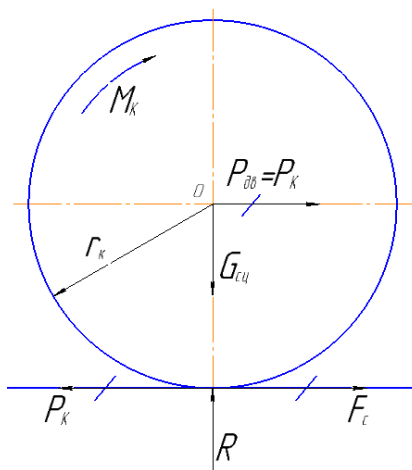


Рис. 36 Схема сил, действующих на ведущее колесо

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  $P_k = F_c = P_{\text{дв}}$ , приложенная в центре колеса и направленная в сторону движения, и является движущей силой. Таким образом, движущей силой газонокосилки 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.

$M = P \cdot 9550 / n$ , где  $P$  – мощность двигателя, кВт;  $n$  – кол-во оборотов, об/мин  $M = P \cdot 9550 / n = 0.01 \cdot 9550 / 70 = 1.36$  кгс/см.

Итак, радиальная сила на колесе:

$$F = 1.36 / 12.25 = 0.11 \text{ кгс} = 10 \text{ Н}.$$

Силы в 20Н вполне достаточно для движения газонокосилки на подъеме до 25 градусов. По ровной горизонтальной же поверхности агрегат развивает скорость порядка 0,4 м/с, что составляет около 1,5 км/ч, что вполне сопоставимо с аналогичными газонокосилками зарубежного производства.

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1 Вводная часть

Сейчас спрос на умные устройства активно растет, ученые прогнозируют, что потребитель через пять лет будет тратить на робототехнику до 85 миллиардов долларов в год [16].

На примере роботов-газонокосилок 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 роботы-газонокосилки приобретались только технически продвинутыми энтузиастами.

Разработанная газонокосилка предназначена для скашивания травы на садовых участках и парковых зонах площадью до 1000м<sup>2</sup>. Достоинством изготовленной газонокосилки является гибридная энергосистема, что позволяет работать газонокосилки достаточно долгое время без подзарядки, в отличие от аналогов, заряда которых хватает от 30 до 90 минут и на зарядку у которых уходит около 40 минут.

Сравним технические характеристики разработанной газонокосилки с наиболее современной и оснащенной в техническом плане Robomow RC-304. Данные сравнения представлены в таблице 5

Таблица 5

Параметры	Robomow RC-304	Разработанный агрегат
Полоса кошения по ширине	0,56	0,46
Кошение по высоте, max/min	80/20	85/20
Площадь газона	3000	1000

*Продолжение таблицы 5*

Количество зон кошения	4	1
Движение при кошении	произвольное	по заданной программе
Вес изделия	20	60
Работа на склоне	35°	25°
База ограничитель рабочей зоны	есть провод	нет система навигации
Цена	166000	95000

Как можно увидеть, сконструированный агрегат имеет свои плюсы в сравнении с самым дорогим аналогом – газонокосилкой Robomow RC-304:

- отсутствие ограничительного провода;
- меньшая цена (95000 руб. вместо 166000 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 и написания программы для управления им;
- 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, написание программы).

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

Представленный расчёт заключается в сравнительной оценке расходов на изготовление газонокосилки.

## 5.2 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 6 Фактическая продолжительность работ*

№	Наименование работ	Продолжительность, ч.
1	Разработка ТЗ	16
2	Анализ ТЗ	16

Продолжение таблицы 6

3	Составление плана работ	5
4	Поиск комплектующих	4
5	Разработка схемы подключения	40
6	Написание программной оболочки создания траектории движения и удаленного управления роботом	144
7	Монтаж оборудования	4
8	Написание программы приема команд, обработки и исполнения их механизмами	70
9	Отладка взаимодействия м-ду системой генерации и системой выполнения команд	4
10	Оформление конструкторской документации	144
11	ИТОГО	447

### 5.3 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  $Z_{осн.з/пл}$  - 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:

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

где  $Z_{доп.з/пл}$  - расходы на дополнительную заработную плату исполнителей (рубли);  $Z_{осн.з/пл}$  - расходы на основную заработную плату исполнителей (рубли);  $H_{доп}$  - 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 7 Расходы на ЗП исполнителей

№	Наименование работ.	Продолжительность, ч.	Ставка, руб./час	Расходы на доп. ЗП, рубли.	Страховые взносы, рубли.	Сумма, рубли.
1	Разработка ТЗ	16	300,00	42,00	90,00	6912,00
2	Анализ ТЗ	16	215,00	30,10	64,50	4953,60



Продолжение таблицы 7

3	Составление плана работ	5	300,00 215,00	42,00 30,10	90,00 64,50	2160,00 1548,00
4	Поиск изготовителя оснастки	4	300,00	42,00	90,00	1728,00
5	Разработка схемы подключения	40	215,00	30,10	64,50	12384
6	Написание программной оболочки	144	300,00	42,00	90,00	62208
7	Монтаж оборудования	4	300,00 215,00	42,00 30,10	90,00 64,50	3456,00 2476,80
8	Написание программы приема команд, обработки и исполнения их механизмами	70	300,00	42,00	90,00	30240
9	Отладка	4	300,00 215,00	42,00 30,10	90,00 64,50	1728,00 1238,40
10	Оформление конструкторской документации	144	215,00	30,10	64,50	44582
	Итого:					175613

#### 5.4 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:

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

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

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

Таблица 8 Затраты на покупные комплектующие

№	Наименование	Норма шт.(метры)	Цена, рубли/шт.	Сумма, рубли.
1	Аккумулятор гелевый	1	9000	9000
2	Газонокосилка бензиновая	1	12217	12217
3	Колеса ведущие	2	400	800
4	Колеса поворотные	2	1000	2000
5	Труба квадрат 20мм	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	24304	24304
10	Сталь листовая 0,5мм	1,5	500	500
11	Покраска	1	1200	1200
12	Мотор-редуктор	2	1600	3200
13	Набор парктроников	8	300	2400
14	Розетка с преобразователем питания	1	366	366
15	Сигнальный маяк	1	500	500
16	Набор беспроводных видеопередатчиков	1	1656	1656
17	Видеокамера	1	4000	4000
18	Метизы	-	500	500
19	ИТОГО			71793

Также необходимо учесть услуги сторонних организаций, занимавшихся раскроем трубы, сваркой рамы, изготовлением и покраской

кожухов: затраты, с учетом транспортных расходов и НДС, составили 3478 рублей.

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

### 5.5 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 (рубли);  $H_{ai}$  – 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:

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

где  $A_{iВКР}$  – амортизационные отчисления по  $i$ -му основному средству, используемому студентом в работе над ВКР (рубли);  $A_i$  – амортизационные отчисления за год по  $i$ -му основному средству (рубли);  $T_{iВКР}$  – 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:

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

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

$$A_{ВКР} = 15510 * (3/12) = 2227,50 \text{ рублей.}$$

#### 5.6 Накладные расходы

*Таблица 9 Накладные расходы*

№	Наименование	Расходы, рубли.
1	Канцелярские расходы	250,00
2	Расходные материалы при монтаже	300,00
3	Типографские расходы	208,00
4	Итого:	758

#### 5.7 Итоговые затраты

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

*Таблица 10 Затраты на проектирование и разработку агрегата*

№	Наименование	Сумма, рубли.
1	Расходы на оплату труда (включая социальные отчисления)	175613
2	Материалы	71793
3	Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями	3478
4	Амортизационные отчисления	2227,50
5	Накладные расходы	758
6	Итого:	253869,5

Итак, в данном разделе были посчитаны все трудовые и экономические затраты на проектирование и конструирование робото-газонокосилки. Общая сумма денежных затрат составила 253869, 5 рублей.

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.

$$Ц_{\text{ед}} = C_{\text{ед}} \cdot (1 + K_{\text{нр}}) = 81961 \cdot (1 + 0,15) = 94255 \text{ руб.}$$

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

Принимаем стоимость одной роботизированной газонокосилки 95000 рублей. В то же время самый технически оснащенный аналог предлагает компания Robotow за 166000 рублей.

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

## 6. Социальная ответственность

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

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

### 6.1. Анализ вредных факторов при эксплуатации агрегата

Робот-газонокосильщик должен обеспечивать все необходимые требования безопасности при эксплуатации.

#### 6.1.1. 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 газонокосилки 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.

#### 6.1.2. 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.

## 6.2. 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 11 Материалы, входящие в конструкцию оборудования.*

Наименование материалов	Класс опасности
Каркас установки из металла	4
Электрические силовые и контрольные кабели	4
Пластиковые части ручной газонокосилки	4

Все вещества и материалы прошли гигиеническую проверку и поверку 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.

#### 6.2.1. 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.

#### 6.2.2. Безопасность органов управления

Включение будет осуществляться при помощи тумблера находящимся на боковой панели робота-газонокосилки, что позволит при включении убедиться в первичной исправности системы. 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.

### 6.2.3. 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 12 Средства защиты, предусмотренные в мобильном комплексе.*

Вил. тип средств	Назначение	Способ крепления	Материалы для изготовления
Кнопка отключения	Для отключения от источника питания в случае нештатной ситуации	Крепится к каркасу	Пластик
Программное Отключение робота	Для отключения робота при возникновении ЧС		

### 6.2.4. 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.

#### 6.2.5. Безопасность при транспортировке и хранении

Масса газонокосилки вместе с аккумуляторами составляет примерно 60кг, поэтому нет необходимости в использовании грузоподъёмных 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.

#### 6.2.6. 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.

#### 6.2.7. 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.

#### 6.2.8. 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).

### 6.3. Охрана окружающей среды

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

#### 6.3.1. 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.

### 6.4. 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.

### 6.5. 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 автоматической роботизированной газонокосилкой.

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

В части социальной ответственности ВКР были приведены требования безопасности при использовании агрегата. Робот-газонокосильщик 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 газонокосилки 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 роботизированных газонокосилок и занять на нем лидирующие позиции.

#### Список использованных источников

1. Газонокосилка-Википедия // Электронный ресурс: режим доступа: <http://encyclopaedia.bid/википедия/Газонокосилка>
2. Robomow Friendly home // Электронный ресурс: режим доступа: <https://www.robomow.com/ru-RU/products/>
3. Мобильные новости // электронный ресурс: режим доступа: [http://mnmag.ru/reviews/detail.php?ELEMENT\\_ID=10547](http://mnmag.ru/reviews/detail.php?ELEMENT_ID=10547)
4. Каталог газонокосилок Husqvarna // электронный ресурс: режим доступа: <http://husqvarna-m.ru/catalog/gazonokosilki-roboty/>
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 газонокосилках // 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.

## Приложение А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
							Изм.	Лист		
				<u>Документация</u>						
A1			ФЮРА Б4.1.107.000 СБ	Газонокосилка. Сборочный чертеж	1					
				<u>Сборочные единицы</u>						
A1	1		ФЮРА Б4.1.107.001	Косилка бензиновая	1					
A1	2		ФЮРА Б4.1.107.002	Привод колеса левый	1					
A1	3		ФЮРА Б4.1.107.003	Привод колеса правый	1					
A1	4		ФЮРА Б4.1.107.004	Аккумулятор	1					
A1	5		ФЮРА Б4.1.107.005	Стойка	4					
A1	6		ФЮРА Б4.1.107.006	Стойка	1					
A1	7		ФЮРА Б4.1.107.007	Монтажный блок	1					
A1	8		ФЮРА Б4.1.107.008	Маяк сигнальный	1					
A1	9		ФЮРА Б4.1.107.009	Видеокамера	1					
A1	10		ФЮРА Б4.1.107.010	Монтажный блок управления	1					
A1	11		ФЮРА Б4.1.107.011	Ультразвуковой сонар	8					
A1	12		ФЮРА Б4.1.107.012	Шарнир	2					
A1	13		ФЮРА Б4.1.107.013	Защелка	2					
A1	14		ФЮРА Б4.1.107.014	Колесо поворотное	1					
				<u>Детали</u>						
A1	17		ФЮРА Б4.1.107.015	Крышка	1					
			ФЮРА Б4.1.107.005 СБ							
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
			Разраб.	Терентьев				Лит.	Лист	Листов
			Пров.	Проскоков					1	3
			Н.контр.	Проскоков				<b>Газонокосилка</b>		
			Утв.	Маховиков						
			Копировал				Формат А4			

Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание								
											Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
				A1		18	ФЮРА Б4.1.107.016	Электророзетка	1									
				A1		19	ФЮРА Б4.1.107.017	Выключатель	1									
				A1		20	ФЮРА Б4.1.107.018	Кожух	1									
				A1		21	ФЮРА Б4.1.107.019	Кожух	1									
				A1		22	ФЮРА Б4.1.107.020	Колесо	2									
				A1		23	ФЮРА Б4.1.107.021	Рама	1									
								Стандартные изделия										
				A1		26	ФЮРА Б4.1.107.022	Болт М8х45 ГОСТ 15589-70	2									
				A1		27	ФЮРА Б4.1.107.023	Болт М6-6дх35 ГОСТ 7805-70	6									
				A1		28	ФЮРА Б4.1.107.024	Винт А.М3,5-6дх20 ГОСТ 1491-80	4									
			Подп. и дата	A1		29	ФЮРА Б4.1.107.025	Винт В.М3,5-6дх35-20 ГОСТ 17474-80	4									
				A1		30	ФЮРА Б4.1.107.026	Винт А2М2-6дх2,5 ГОСТ 17473-80	16									
			Инв. № дубл.	A1		31	ФЮРА Б4.1.107.027	Гайка М3,5-6Н ГОСТ 5915-70	8									
			Взам. инв. №	A1		32	ФЮРА Б4.1.107.028	Гайка М6-6Н ГОСТ 5915-70	6									
				A1		33	ФЮРА Б4.1.107.029	Гайка М8-6Н ГОСТ 5915-70	6									
			Подп. и дата	A1		34	ФЮРА Б4.1.107.030	Гайка М3-6Н ГОСТ 5929-70	16									
				A1		35	ФЮРА Б4.1.107.031	Гайка М10х1-6Н. LF ГОСТ Р 50272-92	4									
			Инв. № подл.	A1		36	ФЮРА Б4.1.107.032	Шайба С 3.37 ГОСТ 10450-78	32									
										<b>ФЮРА Б4.1.107.005 СБ</b>					Лист			
															2			
										Копировал					Формат А4			





Приложение Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<u>Сборочные единицы</u>		
	A2	1	ФЮРА Б4.1.107.001	Мотор-редуктор	2	
	A2	2	ФЮРА Б4.1.107.002	Рамка	1	
Справ. №				<u>Детали</u>		
	A2	5	ФЮРА Б4.1.107.003	Колесо переднее	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
Подп. и дата	A2	8	ФЮРА Б4.1.107.004	Винт В.М2,5-6дх12 ГОСТ 17473-80	6	
	A2	9	ФЮРА Б4.1.107.013	Винт В.М3,5-6дх16 ГОСТ 17473-80	4	
Инв. № д/дл.	A2	10	ФЮРА Б4.1.107.005	Гайка М14х1,5-6Н ГОСТ 15521-70	4	
	A2	11	ФЮРА Б4.1.107.006	Винт В.М5-6дх42 ГОСТ 17473-80	2	
Взам. инв. №	A2	12	ФЮРА Б4.1.107.007	Шайба 5/1 ГОСТ 6402-70	4	
	A2	13	ФЮРА Б4.1.107.008	Болт М5-6дх45 ГОСТ 7805-70	14	
Подп. и дата	A2	9	ФЮРА Б4.1.107.009	Шайба С 5.37 ГОСТ 10450-78	8	
				<b>ФЮРА Б4.1.107.002</b>		
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.	Терентьев				
	Пров.	Проскоков				
	Н.контр.	Проскоков				
	Утв.	Маховиков				
				<b>Колесный модуль левый</b>		
				Лист	Лист	Листов
					1	2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A2		10	ФЮРА Б4.1.107.010	Гайка М5-6H ГОСТ 5915-70	4	
A2		11	ФЮРА Б4.1.107.011	Болт М10х85 ГОСТ 15591-70	2	
A2		12	ФЮРА Б4.1.107.012	Подшипник 920902 ГОСТ 23179-78	4	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ФЮРА Б4.1.107.002	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

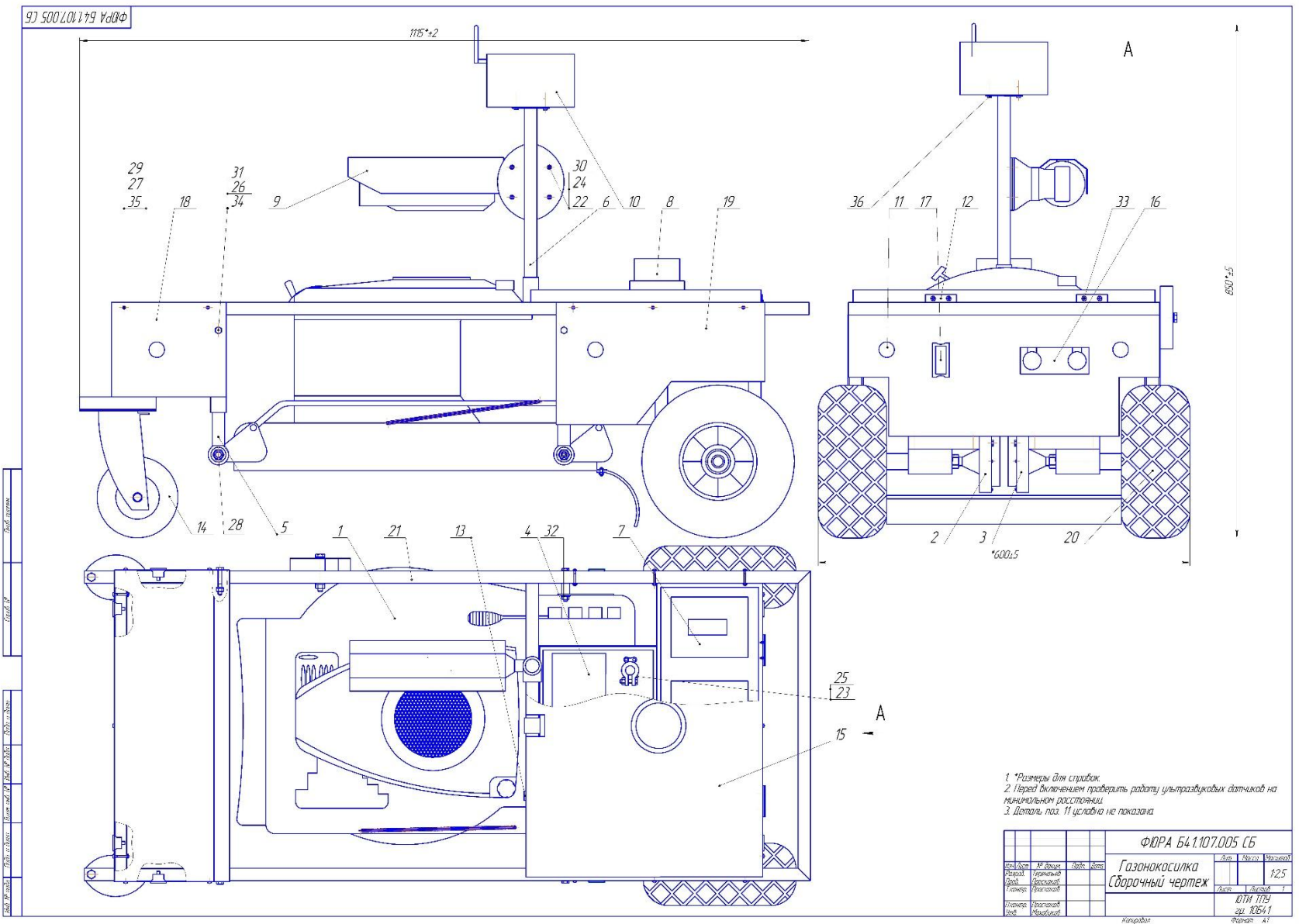
Копировал

Формат А4



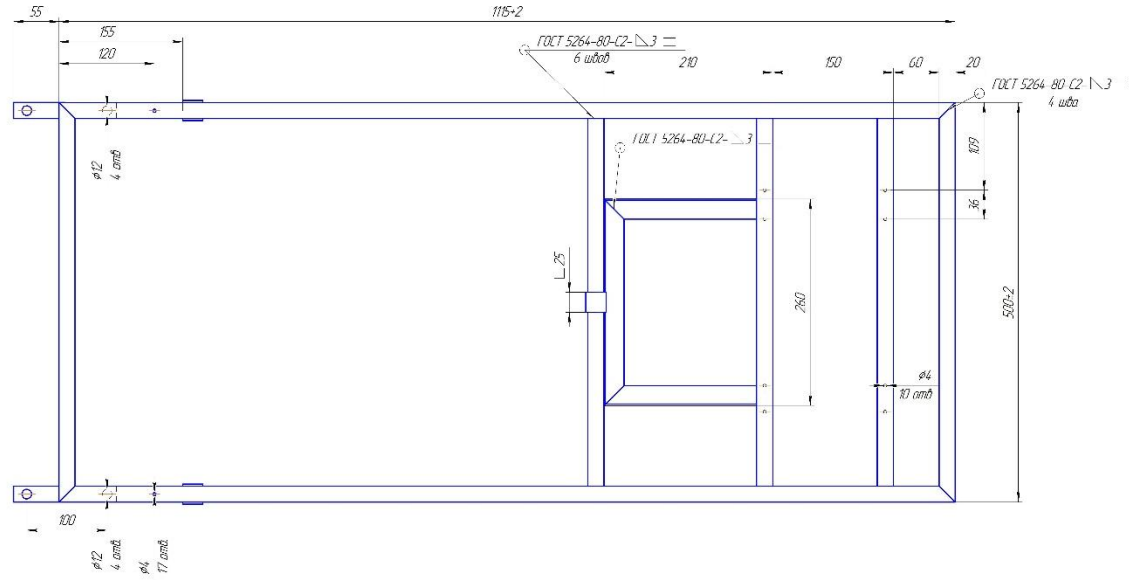
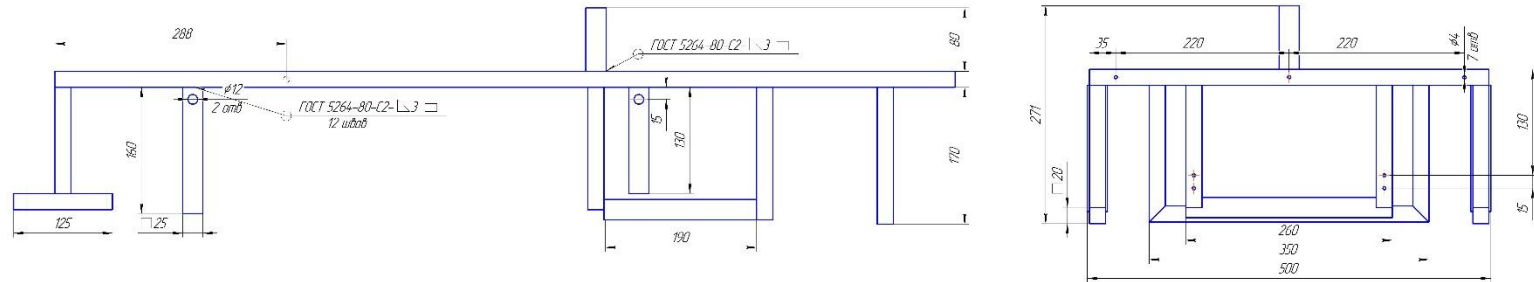


## Приложение В



## Приложение Г

ФДРА Б4.1.107.006



1. Неуказанные предельные отклонения: НН, НН, ± 2.
2. Сварочные швы зачищать от окислы.

ФДРА Б4.1.107.006				Дата	Исполн.	Масштаб
Рама				1:25		
Исполн.	Проверен	Деталь	Материал	Дата	Листов	1
Исполн.	Проверен	Деталь	Материал	Дата	Листов	1
Емаль EmZer ГОСТ 380-2005				ЮИИ ТИИЭ		
Коллектор				ЭШ 10Б4/1		
				Рисунки А1		



# Приложение Е

