МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»
Кафедра «Электроника и робототехника»

«Допущен к защите»
Зав. кафедрой «Электроника»
_____
Чигамбаев Т.О. к.т.н., проф.
«___»_____2020г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Проектирование и разработка робота-манипулятора для видеосъемки местности»»
Специальность «5В071600 – Приборостроение»
Выполнил _____ст. гр. ПС-16-4 Нұрлы М.Ә.

Научный руководитель _____ Естемесова Г.Д. к.т.н., доц.

Консультанты:
по экономической части:
Боканова Г.Ш., старший преподаватель
_____ «____»_____20____г.

по безопасности жизнедеятельности:
Приходько Н.Г., профессор
_____ «____»_____20____г.

Нормоконтролер: Фазылова А.Р.

_____ «____»_____20___г.

Рецензент: Ожикенов К.А. к.т.н, доц.

_____ «____»_____20___г.
(подпись)

Алматы 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Институт «Институт космической инженерии и телекоммуникаций» Специальность «5В071600 –Приборостроение»
Кафедра «Электроника и робототехника»

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студента Нұрлы М.Ә.

Тема проекта «Проектирование и разработка робота-манипулятора для видеосъемки местности» утверждена приказом ректора № 147 от 11 ноября 2019г. Срок сдачи законченной работы « » июня 2020г.
Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов проектирования) и исходные данные:
1) различные виды существующих видов роботов-манипуляторов (стационарные, мобильные)
2) данные о уже разработанных подобных проектах
Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
1. Роботы-манипуляторы. Виды современных шагающих роботов
2. Описание мобильной пошаговой системы гексапода
3. 3D моделирование устройства
4. Структура и тестирование
5. Безопасность жизнедеятельность (расчет освещения и системы кондиционирования помещения).
6. Экономический раздел
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): в данной работе содержится 49 рисунков и 9 таблиц.
Рекомендуемая основная литература:
1) Спыну Г. А. Промышленные роботы: конструирование и применение. — Киев: Вища школа, 1985. — 176 с.
2) Шахинпур М. Курс робототехники / Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 527 с. — ISBN 5-03-001375-X.
3) Князевский Б.А. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 2002. – 365 с.

4) Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Выпускная работа бакалавров. Экономический раздел. – Алматы: АИЭС, 2008. - 20 с.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Роботы-манипуляторы.Виды современных шагающих роботов	Естемесова Г.Д.	03.03.20	
Описание мобильной пошаговой системы гексапода	Естемесова Г.Д.	05.04.20	
3D моделирование устройства	Естемесова Г.Д.	19.04.20	
Структура и тестирование	Естемесова Г.Д.	02.05.20	
Безопасность жизнедеятельности	Боканова Г.Ш.	17.05.20	
Экономический раздел	Приходько Н.Г.	17.05.20	

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	2	3	4
1	Роботы-манипуляторы.Виды современных шагающих роботов	03.03.20	
2	Описаниемобильной пошаговой системы гексапода	05.04.20	
3	3D моделирование устройства	19.04.20	
4	Структура и тестирование	22.04.20	
5	Описание опытного образца	02.05.20	
6	Экономическая часть	17.05.20	
	Безопасность жизнедеятельности	17.05.20	

Дата выдачи задания «___» _____ 2020 г.

Заведующий кафедрой _____ Чигамбаев Т.О.

Руководитель _____ Естемесова Г.Д.

Задание принял к исполнению
студент _____ Нұрлы М.Ә.
(подпись)

Аңдатпа

Дипломдық жобаның мақсаты мобильді, алты аяқты адымдаушы гексаподты жасап, оған зерттеулер жүргізу болып табылады. Дипломдық жобада жалпы адымдаушы және мобильді роботтарға шолу жүргізілді. Жасалынған құрылғының артықшылықтары мен кемшіліктері ескерілді. Гексаподтың қозғалу принципі мен қолданылу аймақтары қарастырылды.

Бұл жобада SolidWorks бағдарламасында гексапотқа және оның құрылымдарына 3D көрінісінің моделі салынды. Гексаподқа қағидалық сұлбалар сызылып, сынақ жүргізілді. Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімінде өндірістік бөлмедегі табиғи және жасанды жарықтандыру, өндірістік бөлмедегі ауаны баптау жүйесі есептелінді. Экономикалық бөлімде гексаподты жасауға кеткен шығындар мен оның экономикалық тиімділігі есептелінді.

Аннотация

Цель дипломного проекта состоит в том, чтобы разработать мобильного, шестиногого шагающего – робота гексапода для видеосъемки и провести над ним исследования. В дипломном проекте был проведен обзор общих шагающих и мобильных роботов. Были учтены преимущества и недостатки устройства. Рассмотрены принципы и масштабы приминения гексапода.

С помощью программы SolidWorks была построена 3D модель для гексапода и его структур. Гексапод был тестирован и на него была построена принципиальная схема. В главе безопасности жизнедеятельности рассчитал естественное и искусственное освещение, а также систему кондиционирования в производственной комнате. В экономический части подсчитал стоимость изготовления гексапода и его экономическую эффективность.

Annotation

The aim of the graduation project is to develop a mobile, six-legged walking - hexapod robot for video shooting and conduct research on it. In the graduation project, a review of common walking and mobile robots was conducted. The advantages and disadvantages of the device were taken into account. The principles and extent of hexapod application are considered.

Using the SolidWorks program, a 3D model was built for the hexapod and its structures. The hexapod was tested and a circuit diagram was built on it. In the chapter on life safety, he calculated natural and artificial lighting, as well as air conditioning in the production room. In the economic part, he calculated the cost of manufacturing hexapod and its economic efficiency.

Содержание

Введение 7
1 Роботы-манипуляторы. Виды современных шагающих роботов 9
1.1 Анализ режима движения 9
1.2 Виды мобильных роботов 11
1.3 Обзор существующих структур 20
1.4 Анализ техники ходьбы по количеству опорных точек шагающих роботов 24
2 Описание мобильной пошаговой системы гексапода 27
2.1 Строение шестиногого робота 27
2.2 Разработка кинематических схем для конечностей шагающего робота 33
3 3D моделирование устройства 36
4 Структура и тестирование 40
4.1 Структура системы и ее схемы 40
4.2 Экспериментальная работа на шестиногом шагающем роботе - гексаподе 46
5 Безопасность жизнедеятельности 48
5.1 Анализ условий труда 48
5.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности. 50
6 Экономический раздел 59
6.1 Бизнес – план 79
6.2 Резюме 79
6.3 Описание устройства 60
6.4 Маркетинговый план 61
6.5 Финансовый план 61
6.6 Инвестиционные расходы 61
6.7 Расчет стоимости продукции 62
6.8 Расчет социальной эффективности 67
Вывод 68
Список Литературы 69

Введение

В настоящее время мобильные роботы-манипуляторы используются для выполнения набора цифровых задач. В их список входят: обслуживание складов, перевозка грузов, обследование и мониторинг сложных или опасных территорий, отбор и разведка. С этой целью был разработан и изучен широкий спектр роботизированных конструкций. В последнее десятилетие во многих областях более распространены шагающие роботы. Они обладают свойствами, которые имеют явные преимущества по сравнению с колесными или змеиными аналогами.

Шагающие роботы могут перемещаться по неровным поверхностям и входить в недоступные места благодаря гибкому выбору схемы движения. Кроме того, они могут поддерживать свою способность действовать в случае потери одной или нескольких конечностей, изменяя модель движения (с помощью соответствующих алгоритмов проектирования и управления). В этом дипломном проекте был изучен шестиногий робот, гексапод, имитирующий паука и повторяющий его движения. Такое устройство обладает всеми характеристиками шагающего робота и обладает более высокой стабильностью, чем антропоморфный робот использующий для движения две конечности.

Основной задачей разработки робота-манипулятора является разработка алгоритма его движения. Правильный алгоритм должен обеспечить перемещение так, чтобы тело робота удерживалось в заданном положении на максимальной скорости, чтобы движение было равномерным. Учитывая разнообразие форм, типов рельефов, различные вероятные поверхности движения, становится ясно, что невозможно вручную выбрать подходящий алгоритм для каждого из них, используя классический метод управления.

В этом дипломном проекте я привел примеры шестиногого робота с шестигранной опорой, который был разработан, учитывая не только сами сборочные работы, но также его безопасность и экономическую эффективность.

В связи с этим в 5-м разделе по безопасности жизнедеятельности дипломного проекта я привел пример расчетов и характеристик общего освещения специально оборудованного помещения для разработки шестиногого шагающего - шестнадцатеричного робота. То есть я рассчитал уровень естественного и искусственного освещения, а также систему кондиционирования в комнате.

Итак, в 6-й части дипломного проекта, то есть в экономической части, я подсчитал общую стоимость разработки шестиногого робота - шестигранника. Общая стоимость включает в себя разработку продукта, то есть шестиногого шагающего робота, гексапода.

К ним относятся стоимость капитальных затрат, стоимость материалов, стоимость программного обеспечения, стоимость производства, стоимость

заработной платы, выплачиваемой работникам, расходы на социальный налог, расходы на накладные расходы и стоимость амортизации. Кроме того, я рассчитал экономическую эффективность разработанного шестиногого шагающего робота - гексапода и рассчитал его социальную эффективность.

Экономическая часть дипломного проекта также имеет свои особенности. Его особенностями являются не только разнообразие тем, но и расчеты, используемые в методах экономической оценки исследований, которые рассчитывают себестоимость продукции и ожидаемую экономическую эффективность. При выполнении экономической части дипломного проекта, защитники диплома используют информацию из всех отделов, информацию из предыдущих стажировок, различные источники информации. Они также используют знания, полученные в ходе получения высшего образования. Экономическая часть выполняется вместе с основной частью и обобщается как отдельная часть.

1 Роботы-манипуляторы. Виды современных шагающих роботов

С момента своего создания полвека назад роботы прошли большой путь от простых механизмов до сложных устройств. Они превзошли человеческие способности во многих отношениях. В ближайшие десятилетия роботы станут столь необходимыми людьми-помощниками и будут отвечать большинству потребностей цивилизации.

Есть много типов роботов на сегодняшний день. Поэтому существует несколько вариантов для их классификации: размер и форма, функция, тип логики программы и т. д. Наиболее важным из всех типов классификации является классификация по способности двигаться. Тогда роботов можно разделить на мобильных и стационарных роботов. Мобильные роботы подразделяются на колесные, летающие и шагающие. В этом проекте я рассматривал движущихся роботов, в том числе шагающих роботов.

1.1 Анализ режима движения

Мы видим, что в этой жизни нет ничего совершенного, кроме природных систем. Их способность адаптироваться к любой среде очевидна.
В связи с этим, если мы рассмотрим только шагающие системы по своей природе, мы увидим, что их уровень движение намного выше, чем у техногенных транспортных средств которые создавал человек.

По сути, человек способен создавать более совершенные и более адаптированные транспортные и технологические машины, сочетающие природу с другими типами движения, включая конструирование смешанных, различных комбинаций движения, то есть шагающих механизмов.

Причина того, что все существа в природе создаются с ногами, а не с колесами, заключается в том, что система рычагов более эффективна для перемещения по естественным почвам, по неровным дорогам, чем с помощью колес. Кроме того, передвижение использующее в своей основе шагание задейтсвовано на основе опорно-двигательного аппарата: свойствах каркаса, где не все ноги могут быть задействованы для движения. В этом случае дискретность стенок - под словом «поверхность движения» означает разрыв контакта двигателя. Под словом рабочая зона ног, пространство вокруг тела и наличие точек в этом пространстве, которые доступны для опорных элементов шагающего мотора. Эти свойства шагового двигателя позволяют перемещать искусственные шаговые механизмы, верхнюю опору и профиль. Помимо пересеченной местности для обычных транспортных средств, среда приспособлена для обитания человека: узкие проходы, крутые повороты, лестницы.

Без тщательного изучения природных объектов и их поведения, копирование, как правило, не позволяло создавать какие-либо подходящие проекты, которые можно было бы использовать на практике: например, лесозаготовительная компания «Табержек», робот в лаборатории транспортных систем Академии наук СССР. Эти машины не оправдали ожиданий конструкторов и не показали динамических свойств насекомых.

Поскольку этот вывод аналогичен физиологическим моделям управления движением в живых организмах, необходимо рассмотреть композиционную концепцию построения шагающих роботов. Это сходство основано на исследовании, проведенном российскими учеными в Институте передачи информации.

Поэтому композиционную концепцию можно рассматривать как биологический подход в робототехнике.

Согласно этой концепции, минимальный уровень управления процессом движения не зависит от закрытых замкнутых систем автоматического управления (регуляторов) и может быть представлеы в виде совместной работы. Нет связи с отдельными регуляторами (горизонтальные соединения). Другими словами, шагающий робот может быть представлен как один автомат с несколькими компонентами простого самоходного автомата, а процесс передвижения является результатом комбинированного действия этого автомата. Каждая машина решает свою собственную проблему и тем самым способствует формированию процесса движения.

Каждый простой автомат представляет собой автоматическую систему управления и контролирует только одно соединение, то есть сочленение частей. Кроме того, несколько разных регуляторов могут управлять отдельными суставами на разных этапах цикла движения ног. Одни и те же суставы всех ног контролируют один из параметров походки. Например, длина шага, по отношению к высоте робота, тела, опорной поверхности, или скорость робота. Управление всеми суставами робота осуществляется параллельно. Это обеспечивает высокий уровень системы управления.

Действия других автоматов, как действия, провоцирующие протесты против окружающей среды, влияют на отдельные машины. Как регулятор, целью машин является ответный удар. Выходной сигнал - это сенсорная система, которая используется в обратной связи автоматически регулируемой цепи, а также содержит информацию о других автоматизированных устройствах. Это отдельная машина, которая негативно влияет на работу других сенсорных систем, а также на регуляторы связи между любыми каналами. В этом случае внешняя среда одной машины состоит из других машин и внешней среды робота в целом.

Желаемые параметры сети контролируют систему управления высокого уровня роботов и являются стабильными в процессе ритмичного движения. Этот подход, разработанный для задач шагающих роботов, упрощает управление процессом локомотива и делает его более привлекательным.

Реализация предлагаемого подхода к проектированию шагающих роботов определяется с учетом проблем сенсорных систем автоматизации. Эта проблема была решена с помощью набора датчиков, способных измерять каждый параметр движения.

1.2 Виды мобильных роботов

Мобильные роботы делятся на колесные, летающие и шагающие.

Шагающие роботы, в свою очередь, делятся на двуногих, четвероногих, шестиногих и многоногих.

В зависимости от своих целей и задач, роботов передвигающихся использующих шаг можно разделить на две группы:

- промышленные шагающие роботы;
- исследовательский шаг роботов.

Предназначены для выполнения тяжелой, однообразной, вредной и опасной физической работы. Характерной особенностью таких роботов является наличие устройств автоматического управления (манипуляторы, которые имитируют движение человеческой руки, самоходные машины с различными типами шасси и т. д.).

Промышленные роботы, в свою очередь, делятся на несколько типов: - промышленные; - строительство;

- сельское хозяйство;
- транспорт; -
домашнее хозяйство;
- военные.

Промышленные роботы - роботы-манипуляторы, то есть автоматическое устройство, состоящее из управляемого, управляемого устройства, которое выполняет управляющие действия, указывающие на требуемое движение манипулятора и исполнительных органов. Он используется для перемещения производственных мощностей и выполнения различных технологических операций.

Другими словами, эти роботы в основном предназначены для автоматизации всех видов ручных и транспортных операций в различных отраслях промышленности (рисунок 1.1).

Использование промышленных роботов в сочетании с другими средствами автоматизации производства (автоматизированными сетями, секциями и комплексами) считается более экономически эффективным [1].

Появление механических манипуляторов, а затем и систем программирования (в том числе цифрового программного управления) привело к созданию промышленных роботов, то есть программно-управляемых манипуляторов для выполнения различных операций [2].

Начало ядерного века также способствовало появлению манипуляторов, используемых в промышленности. В 1947 году в Соединенных Штатах был разработан первый автоматизированный электромеханический манипулятор под руководством Р. Герца, команды сотрудников Аргонской национальной лаборатории, оператора - для воспроизведения движения людей и транспортировки радиоактивных материалов. Из-за невозможности обеспечить какую-либо обратную связь физически с помощью таких манипуляторов было трудно повернуть гаечный

ключ или правильно разместить предметы на поверхности. Однако в 1948 году General Electric разработала копир Handy Man с такой обратной связью. С этим манипулятором операторы смогли достичь силы, которая позволяет манипулятору удерживать объект [3].

Первые роботы, буквально, были сделаны в Соединенных Штатах в середине 1950-х годов. В 1954 году американский инженер Дж. С помощью переменных перфокарт Девол разработал способ управления манипулятором погрузки и разгрузки и подал заявку на патент на свое «программируемое устройство для транспортировки предметов», то есть промышленного робота (патент на Девол был выдан в 1961 году) [4].

В 1956 г. Дж. Вместе с Энгельбергом он основал первую в мире компанию по производству промышленных роботов. Его название «Unimation», то есть «Universal Automation» - сокращение от термина универсальная автоматизация [5].

Рисунок 1.1 - Промышленные роботы

Строительные роботы - автоматизируют множество органических, вспомогательных и базовых, ручных операций, характерных для строительного бизнеса. Строительная роботизация является актуальной проблемой сегодня (рисунок 1.2).

Ученые, инженеры и архитекторы приблизились к осуществлению мечты миллионов людей. Они заняты созданием машин с дистанционным управлением, таких как роботы, которые могут выполнять строительные

работы без вмешательства человека. Есть надежда, что в ближайшее время вместо старых, некрасивых домов будут построены многоэтажные дома и здания, которые будут доступны по цене и удобны для простых людей.

Говорят, что в будущем роботы смогут собрать здание двухэтажного дома за один день и снизить стоимость его установки в пять раз, и результаты ожидаются.

Разработка этих удивительных машин и роботов ведется одновременно несколькими научными группами в разных странах мира. К ним относятся: исследователи из Университета Южной Калифорнии в Лос-Анджелесе, специалисты из Инженерной школы при Университете Лафборо в Великобритании, участники проекта «Минибилдеры» в России во главе с Петрой Новиковой и Саши Йокича и другие.

По словам ученых, дом скоро сможет печатать на 3D-принтерах, а согласно запрограммированному архитектурному плану машина с компьютерным управлением сможет строить здания самостоятельно.

Рисунок 1.2 - Строительные роботы

Сельскохозяйственный робот или агробот - это робот, используемый в сельскохозяйственных целях.

Основной областью применения роботов в сельском хозяйстве является уборка зерновых. По сравнению с другими отраслями сельское хозяйство отстает в использовании роботов. В конце концов, виды работ, связанных с сельским хозяйством, не являются простыми, и многие повторяющиеся задачи не всегда одинаковы. Во многих случаях перед началом задания

необходимо учитывать ряд факторов (например, размер и цвет собираемого плода). Роботы могут быть использованы для контроля других культур, таких как селекция, посев, полив, орошение и мониторинг.

Опять же, роботы могут быть использованы для доения, мытья и ухода за животными.

Таким образом, сельскохозяйственные роботы предназначены для автоматизации трудоемких и монотонных процессов в сельском хозяйстве. В настоящее время начало бурного развития таких роботов ознаменовано началом роботизации сельскохозяйственного производства (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 - Сельскохозяйственные роботы

Транспортные роботы предназначены для автоматизации управления различными транспортными средствами. Это самоходные тележки, степперы и роботы, которые могут автоматически управлять как транспортным средством, так и воздушным судном (рисунок 1.4).

Промышленные роботы-носители делятся на наземные или напольные и подвесные, то есть подвесные. В соответствии с методом перевозки грузов, РП определяются следующим образом:

- транспортировка товаров с помощью манипулятора или специально оборудованного захватного устройства; в свою очередь, с помощью манипулятора или специально оборудованного зажимного устройства, предназначенного для буксировки необходимого количества носителей, которые не могут самостоятельно передвигаться;
- перевозчик (например, грузовые платформы).

С функциональной точки зрения операторы-перевозчики обеспечивают только транспортировку товаров, а также выполняют некоторые производственные операции (техническое обслуживание технологического оборудования, определение размеров и веса детали и т. Д.).

Согласно методам управления RP несущей делятся на четыре группы:

- с ручным управлением; в этом случае установка цели и выбор параметров трафика осуществляется самим водителем. А система управления несущей РП обеспечивает ввод и поддержание заданных параметров;

- робот-носитель производства имеет независимую систему управления для автономного управления, выполняя весь спектр операций, а также - включая настройку целей и выбор параметров движения; с помощью внешнего трафика все параметры движения (скорость, дорога, остановка и т. д.) устанавливаются на устройство управления внешними сигналами; сигнализация осуществляется подключенным или неподключенным способом;

- устройство управления установлено в RP, шифрует входные сигналы и выполняет управляющие действия и команды для отдельных элементов управления;

- обеспечить возможность реализации параметров трафика различными способами, управляемыми комбинацией систем управления. Адаптируется к внешней среде, разделяет RP на те, которые строго запрограммированы и адаптированы, оснащены современной информационной системой, обеспечивающей бесперебойную и безопасную работу, адаптируемой к меняющимся условиям труда.

Рисунок 1.4 - Транспортные роботы

Сегодня робототехника завоевала все основные отрасли промышленности и часто внедряется в различные сферы человеческой жизни.

Если в прошлом роботы могли выполнять свои роли в конвейерном производстве, то на заводах, где часто требуется повторяющиеся операции, заменяя людей, теперь роботы появились в каждом доме, чтобы помочь людям решить насущные проблемы, сэкономить свое время и энергию. прибывший.

Бытовые роботы, которые помогают людям в повседневной жизни, приобретают все большую популярность. Это не удивительно. Это потому, что разнообразие роботов растет с каждым годом. Это уже пылесосы, газонокосилки, мойщики окон, очистители бассейнов и даже роботы для уборки снега.

Кстати, в 2007 году Билл Гейтс опубликовал статью под названием «Роботы в каждом доме», подчеркивая важность этого технологического направления. В этой статье он показал перспективы внедрения роботов в общество.

Вероятно, именно поэтому люди делают большие успехи в разработке домашних роботов. Они основаны на автоматизации операций, связанных с человеческой жизнью и сферой деятельности. Здесь чаще, чем традиционные автоматы, нужны гибкие и универсальные системы. Как уже упоминалось выше, эти роботы должны мыть посуду и белье, вытирать полы, готовить различные блюда и так далее. должен уметь выполнять работу по дому (рисунок 1.5).

Рисунок 1.5 - Домашние роботы

К бытовым роботам также относятся игрушки-роботы, которые способны вызывать движения и действия (иногда некоторые эмоции) живых организмов (рисунок . 1.6).

Рисунок 1.6 - Роботы игрушки

Военные роботы (боевые роботы) используются в военных целях в военное время, для спасения жизней или в ситуациях, когда возможности человека ограничены, в недоступных местах, чтобы они могли его заменить.
В настоящее время существует несколько типов военных роботов. Это беспилотные летательные аппараты, самолеты с дистанционным управлением, подводные лодки и надводные корабли, роботы-разведчики (минные роботы), роботы для разминирования (роботы-саперы), разведывательные роботы и патрульные роботы (рисунок 1.7).

Боевые роботы - это не только автоматизированные устройства с атропоморфным действием, которые могут частично или полностью заменить человека, но и роботы, которые могут работать как в воздухе, так и в воде.

Многие роботы сегодня являются телепрессирующими устройствами. Однако большинство роботов военного типа и лишь небольшая часть всех роботов в целом способны выполнять некоторые задачи автоматически без помощи операторов.

В 1910 году Чарльз Кеттеринг, молодой американский военный инженер из Огайо, предложил использовать самолеты без помощи человека. По его словам, устройство по часовой стрелке, когда оно достигает определенного места, должно опустить крылья и упасть на врага, как бомба.

Получив финансирование от армии США, он добился различных успехов и испытал несколько устройств, которые назывались «гремучая воздушная торпеда», «кеттеринг буг» или «жук». Но они никогда не использовались в сражениях.

В 1931 году Сталин утвердил план реорганизации армии, который возлагал большие надежды на танки. В связи с этим во время битвы были построены дистанционные телетаны, которые управлялись по радио и беспилотными. Это танки серии Т-26, танк управления ТТ (модель ТВ-танков), танк-контроль (управляемый группой «беспилотных» танков).

В начале 40-х годов Красная Армия была вооружена 61 радиоактивным танком. Эти машины были впервые использованы во время советско-финляндских войн. Здесь танк «Эсминец», созданный на базе танков Т-26, является уникальным.

В 1948 году Соединенные Штаты разработали беспилотный разведывательный аппарат AQM-34. Первый полет этого самолета состоялся в 1951 году. В том же году «дрон» был запущен в серийное производство.

В 1959 году конструкторское бюро С. Лавочкина разработало беспилотный разведывательный самолет Ла-17Р.

Во время войны во Вьетнаме ВВС США активно использовали беспилотники Firebi и Lightning Bag.

В марте 1971 года комиссия Президиума Совета Министров СССР приняла решение о разработке беспилотных летательных аппаратов.

В 1979 году по приказу КГБ Н. Е .. В Техническом университете им. Боумана был разработан легкий комплексный робот MRK-01 для нейтрализации взрывчатых веществ.

Рисунок 1.7 - Военные роботы

Сегодня военные роботы контролируются людьми. Тем не менее, следует иметь в виду, что существуют возможности для создания полностью автономных военных роботов, которые вызывают много противоречий (рисунок 1.8).

Рисунок 1.8 - полностью автономные военные роботы

Исследовательские роботы используются для поиска, сбора, обработки и отправки информации об изучаемых объектах (рисунок 1.9).

Рисунок 1.9 - Исследовательские роботы

Объектами могут быть космос, поверхность планеты, подводное пространство, подземные полости (шахты, пещеры и т.д.), Арктика и Антарктида, пустыни, загрязненные земли и места, недоступные для человека.

1.3 Обзор существующих структур

Производители робототехники в Университете Васеда в Токио и производители робототехники в Японском институте робототехники Tmsuk говорят, что с помощью своих двуногих роботов люди в инвалидных колясках однажды смогут подниматься и спускаться по лестнице. Есть большие надежды, что он сможет копировать с неровной местности.

Робот на батарейках под кодовым названием WL-16 (рисунок 1.10) представляет собой алюминиевое кресло с телескопическими ножками, прикрепленными к двум группам. Ноги, робот вперед, назад и душа

- заканчивается плоскими стержнями, которые помогают перемещаться в стороны, выполняют функцию ног с помощью двенадцати электроприводов, а также способны поднимать взрослого человека весом шестьдесят килограмм. Робот может регулировать свое положение и двигаться медленно и прямо, даже если человек в кресле поворачивается или меняет свое положение сидя [6].

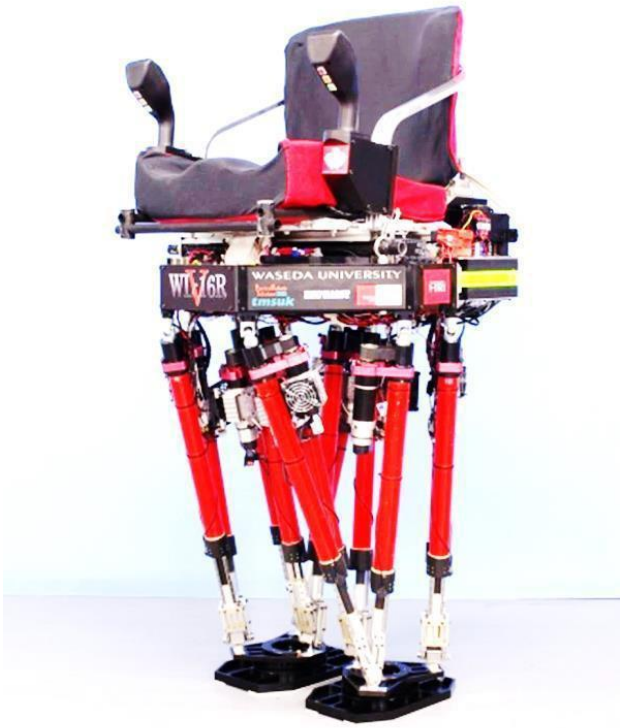

Рисунок 1.10 - Внешний вид робота WL-16

На сегодняшний день одним из самых популярных продуктов Boston Dynamics, который активно участвует в разработке Robot Urban Hopper, является робот BigDog (рисунок 1.11). Это четвероногий робот, предназначенный для передвижения по труднопроходимой местности. Он также может преодолевать высоты и выбоины, способен выдерживать большие нагрузки. Названный Big Dog, этот робот-пёс предназначен для армии США.

Робот BigDog имеет длину 0,91 метра, высоту 0,76 метра и весит 110 килограммов. В настоящее время он может путешествовать по труднопроходимой местности со скоростью 6,4 километра в час. Кроме того, он может перевозить 154 кг груза и поднимать до 35 градусов. Этот робот приводится в движение двухтактным одноцилиндровым двигателем со скоростью 9000 оборотов в минуту. Поэтому двигатель имеет громкий шум.
В будущих версиях робота планируется исправить эту проблему. Двигатель служит приводом для гидронасосов, которые в свою очередь питают гидромоторы ног. У каждой ноги есть четыре гидравлических двигателя (два для тазобедренных суставов, один для коленных суставов и один для голеностопных суставов). Каждый гидравлический двигатель состоит из гидравлического цилиндра, сервоклапана, а также датчиков положения и усилителя [7].

Рисунок 1.11 – Внешний вид робота BigDog

В Институте автоматизации китайские инженеры создали модель четвероногого робота под названием FROG (рисунок 1.12) (Четырехногой робот для оптимальной походки). Лягушка является основой для роботизированных копий динозавров для музеев и выставок.

Длина робота FROG-I - 1150 мм, высота - 950 мм, ширина - 700 мм. А вес такой модели робота составляет 55 кг.

Каждая нога имеет постоянный ток 48 вольт и 18 ампер и имеет тазобедренный и коленный суставы [8].

Рисунок 1.12 - Внешний вид робота FROG

Робот RHex (рисунок 1.13), разработанный DARPA (Агентство перспективных исследовательских проектов в области обороны) в сотрудничестве с Boston Dynamycs и предоставляющий конфиденциальную информацию, находится на пике развития уже много лет. Он может путешествовать со скоростью 2 метра в секунду. Он может ориентироваться в любом месте, покорять любые ямы, ловушки и болота. Этот гексапод может преодолеть расстояние 3,7 км без подзарядки. С одним электроприводом постоянного тока, RHex может иметь герметичный корпус с напряжением 24 В и 240 Вт. Этот робот контролируется операторами. Его доступ составляет 600 метров. Есть видеокамера и GPS-приемник. Основной задачей робота является разведка [9].

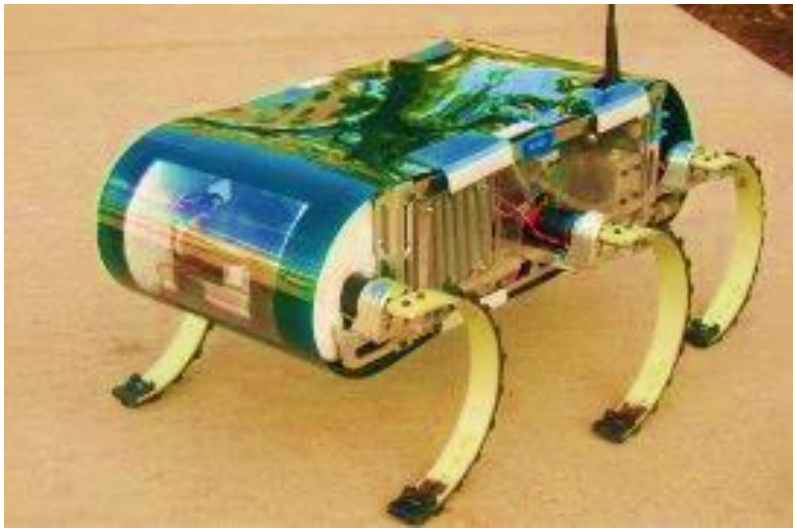

Рисунок 1.13 - Внешний вид робота RHex

Hexapod Anubis - роботоподобный шестиногий шагающий робот-паук с техническим зрением (рисунок 1.14).

Мобильность робота обеспечивается 3 сервоприводами на каждом конце, системой 3DoF. Также следует отметить, что Pan & Tilt - видеокамера оснащена двумя дополнительными накопителями. В результате робот был оснащен 20 приводами.

Взаимодействие с роботом осуществляется по беспроводным каналам. Прием и передача информации с микроконтроллера осуществляется через Bluetooth, с частотой 2,4 Гц. Прием информации с беспроводных видеокамер с частотой 1,2 Гц с использованием аналогового приемника, их последовательная оцифровка осуществляется с помощью USB-ТВ-тюнеров или сетевых видеокамер Wi-Fi.

Анализирует видеоинформацию с использованием роботизированного программного обеспечения для просмотра, фильтров и алгоритмов - Roborealm. С помощью виртуального графического пульта дистанционного управления вы можете управлять движением робота вручную. В этом режиме - различная походка, скорость, высота платформы, высота стопы от земли, универсальность стопы, возможность перемещения платформы во всех направлениях, вращение платформы, вращение камеры, вращение робота, прямое и боковое движение робота, а также Вы можете выбрать любой из вышеперечисленных методов [10].

Рисунок 1.14 - Внешний вид робота Hexapod Anubis

1.4 Анализ техники ходьбы по количеству опорных точек шагающих роботов

Технику ходьбы роботов можно разделить на два, четыре и шесть в зависимости от количества их ориентиров. Далее, давайте посмотрим на особенности каждого из этих столбов.

Идея достижения высочайших уровней затрагивает воображение дизайнеров и механиков.

При разработке двуногих шагающих роботов исследователи выделяют две основные проблемы. Прежде всего, во время движения убедитесь, что устройство какое-то время устойчиво, и в качестве опоры выступает только одна нога. Кроме того, опора должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать всю массу устройства. И приводы должны быть достаточно прочными, чтобы обеспечить движение вперед. Второй - это сложный алгоритм движения, который вызывает движение человеческого тела даже при простой ходьбе. Взаимодействие двуногого робота, его отдельных частей, обеспечивает ему постоянное движение не только по прямым линиям, но и в пространстве.

Сосредоточив внимание на четвероногих животных, можно увидеть, что они поддерживают баланс почти исключительно благодаря динамической стабильности. Постоянное равновесие является условием равновесия, когда в движении углы являются опорными ножками, центр тяжести такого робота должен быть в любое время внутри сознательного треугольника. После этого алгоритм движения был определен следующим образом, было разработано четвероногое шаговое устройство. В любой момент времени во время движения устройства одна из его ног должна находиться в воздухе, а все тело должно равномерно опираться на три точки и в то же время сохранять статическую устойчивость.

Шестиногие шагающие роботы являются наиболее распространенными в категории встроенных механизмов, которые могут перемещаться куда угодно и когда угодно благодаря их искусственным ногам. Популярность этих роботов обусловлена главным образом тем, что они относительно просты для решения проблемы статической устойчивости шестиногих транспортных средств и других проектов. Одним из наиболее важных вопросов при разработке мобильных прогулочных устройств является снижение необходимой мощности источников энергии и снижение энергопотребления. Другими словами, необходимо повысить эффективность многоногих механизмов. То есть нам нужно снизить потребление энергии и выработать полезную энергию. В принципе, если каждая из n-ножек содержит две или три степени яркости и управление каждым из этих уровней сочетается с определенным энергопотреблением, то ясно, что сравнение шаговых и колесных устройств с точки зрения эффективности не в пользу первого. В связи с этим основная цель, к которой сегодня должны стремиться исследователи, заключается в создании экспериментальных пошаговых устройств, которые демонстрируют связь между высокими

функциональными возможностями достаточно продвинутой мощности на практике при низком энергопотреблении.

С помощью шестиногой модели мы можем показать знаменитую «трехногую» («тренер»), то есть прогулку с трехсторонней опорой, которую используют многие живые существа.

Черные кружки на рисунках ниже указывают, что нога прикреплена к земле, то есть в нужном месте, и может нести вес живого организма. Белые колеса указывают, что нога поднята и движется. На рисунке 1.15 показан живой организм в положении «стоя». Все ноги на земле. Из положения «стоя» живой организм решает двигаться вперед.

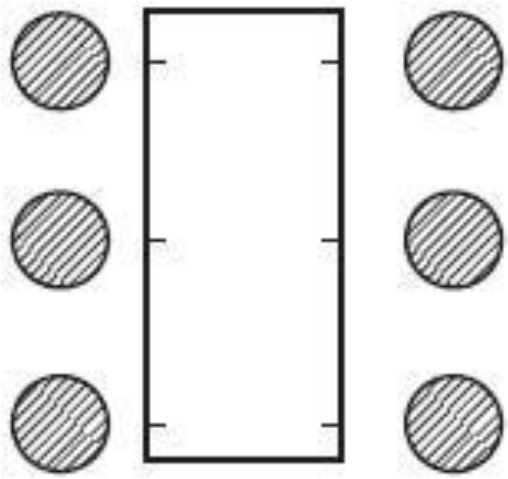

Рисунок 1.15 - Начальная позиция

Чтобы сделать один шаг, живой организм поднимает три свои ноги (см. белые кружки на рисунке 1.16), а остальные три ноги (черные круги) опирается на землю всем своим весом. Обратите внимание, что несущие ноги (черные колеса) находятся в положении с тремя ногами (треугольник).

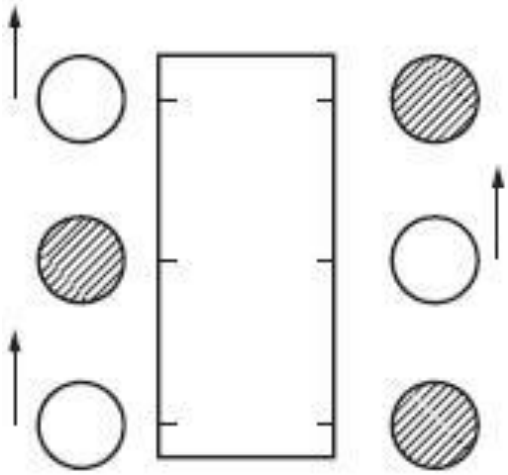

Рисунок 1.16 - Смещение центра тяжести

Эта позиция стабильна, и робот не может упасть. На рисунке 1.17 показано, что остальные три ноги (белые колеса) могут продолжить движение вперед.

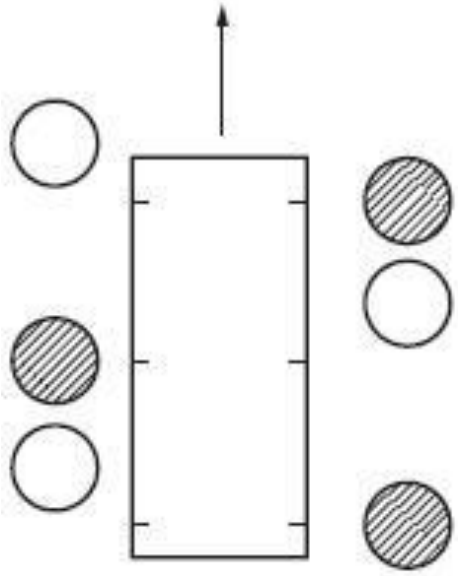

Рисунок 1.17 – Первый шаг

На рисунке 1.18 показан центр тяжести, перемещаемый тремя другими опорами (черные колеса) и свободными ногами, движущимися вперед (белые колеса).

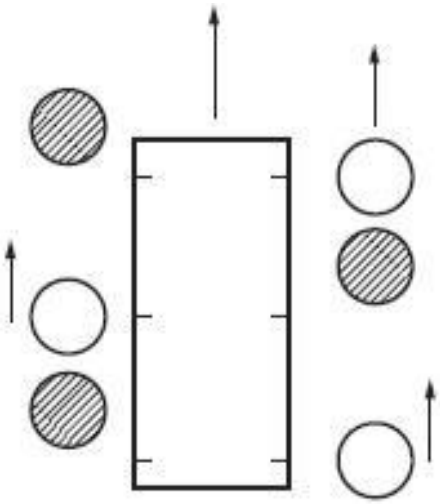

Рисунок 1.18 – Второй шаг, перенос центра тяжести

2 Описание мобильной пошаговой системы гексапода

2.1 Строение шестиногого робота

После ознакомления с типами шагающих роботов, упомянутых в предыдущем разделе, основываясь на комментариях к ним и целях проекта, я разработал настоящий прототип шагающего робота в своем дипломном проекте. Дизайн сайта начался с создания простых набросков. Эскизы состоят из двух частей. Первая часть - это внешний вид робота с общими размерами. Вторая часть представляет собой кинематическую диаграмму всех узлов робота с необходимыми размерами.

Следует отметить, что для того, чтобы сделать набросок, сначала необходимо рассмотреть строение реального насекомого, а затем повторить его, индивидуально, при создании гексапода. Эскиз робота должен представлять собой простое графическое изображение будущего прототипа. Здесь было очень важно определить, как движется робот и какую форму он принимает. Как известно, у насекомого есть общее тело - голова, грудь и живот. Но для этого проекта нас больше интересует структура груди. Это потому, что эта часть предназначена для ходьбы, то есть, добавлены ступеньки. В связи с этим было изучено несколько вариантов ног и груди насекомого. Анализируя строение насекомых, были выявлены основные варианты [11].

Первое - это наличие грудной клетки с тремя локомоторными единицами, похожее на настоящее насекомое (рис. 2.1).

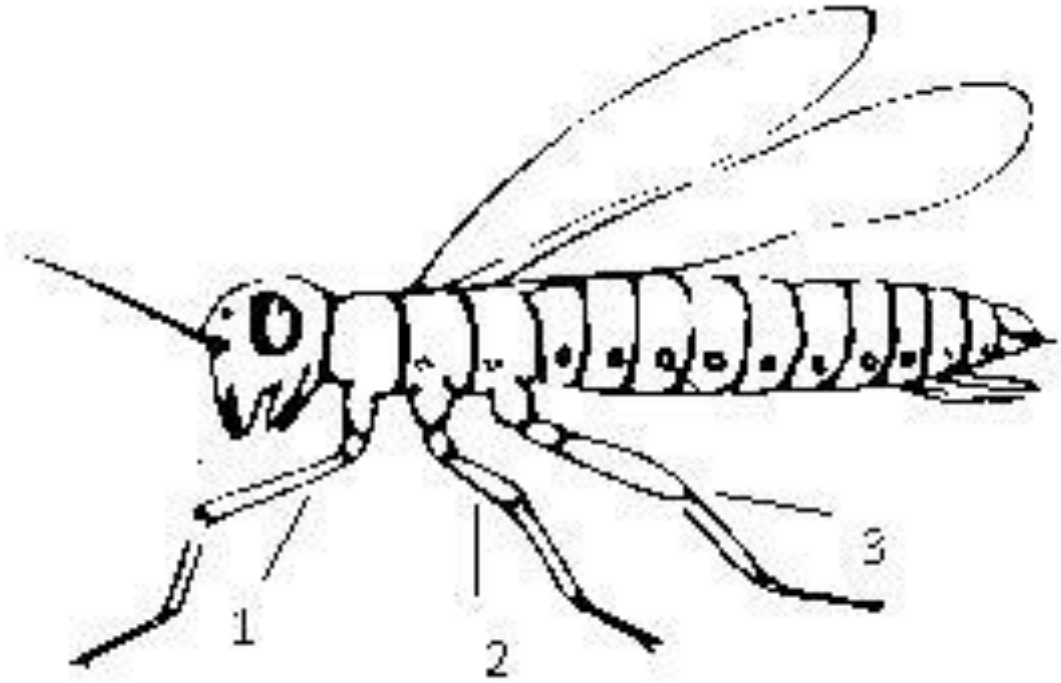

Рисунок 2.1 - Внешняя структура

насекомого Грудная структура насекомых:

1) передняя пара ног соединена с нижней частью - передним жилетом (передняя часть груди);

2) средний жилет (средняя грудь), к которому прикреплена средняя пара ног;

3) задняя часть грудной клетки (спина), соединение нижней пары задних ног.

То есть в проекте мы можем видеть роль ног этого шагающего робота в движении, следя за тем, чтобы структура гексапода была показана как точная копия шагающей структуры насекомого, движения от общего характера.

Способы реализации этого типа сундука в гексаподе робота:

а) с помощью мобильных подключений мы можем повысить гибкость робота и тем самым расширить его возможности;

б) мобильная связь позволяет роботу двигаться быстрее и перемещаться в трудных местах;

в) этот тип сундука имеет структуру, похожую на сундук настоящего насекомого.

Кроме того, недостатками реализации этого типа структуры сундука в гексаподе робота являются:

а) рост сотовой связи приводит к снижению надежности и увеличению вероятности поломки;

б) каждое соединение усложняет конструкцию робота и усложняет его.

Ниже приведена схема, демонстрирующая принцип изготовления этого типа молочной железы (рисунок 2.2).

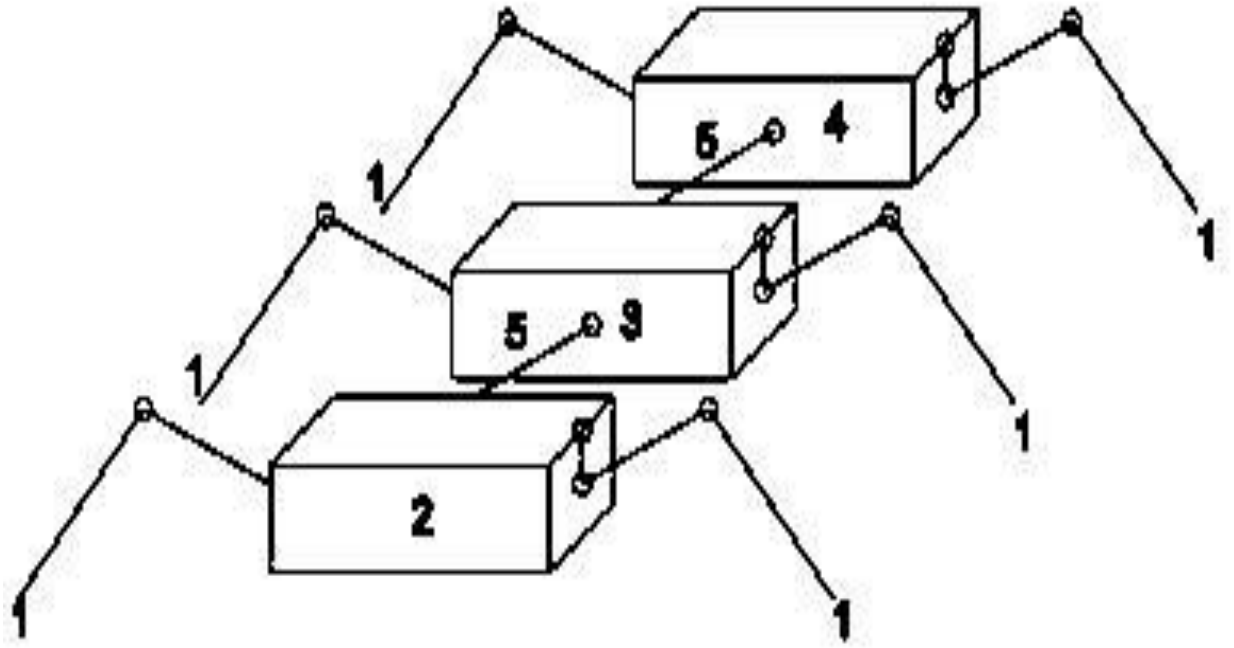

Рисунок 2.2 - Структура сундука, разделенного на три части

На рисунке 2.2 показаны следующие узлы робота с номерами от 1 до 5:

1) робот - шестигранные ноги с тремя степенями свободы;

2) передний жилет;

3) средний жилет;

4) жилетка на спине;

5) зона соединения с подвижными опорами нагрудных элементов.

Из-за сложности и сложности конструкции было решено отказаться от этого варианта конструкции сундука и перейти ко второму, более простому варианту - сундуку без движущихся частей. Сундук без движущихся частей является самым простым вариантом (между передней, средней и задней жилетами нет соединений). Эти части тесно связаны друг с другом.

Преимущества для этой груди следующие:

а) простота и красота дизайна;

б) повысить надежность за счет уменьшения количества сложных узлов в роботе.

Ниже приведен рисунок 2.3, на котором показана структура этого типа молочных желез.

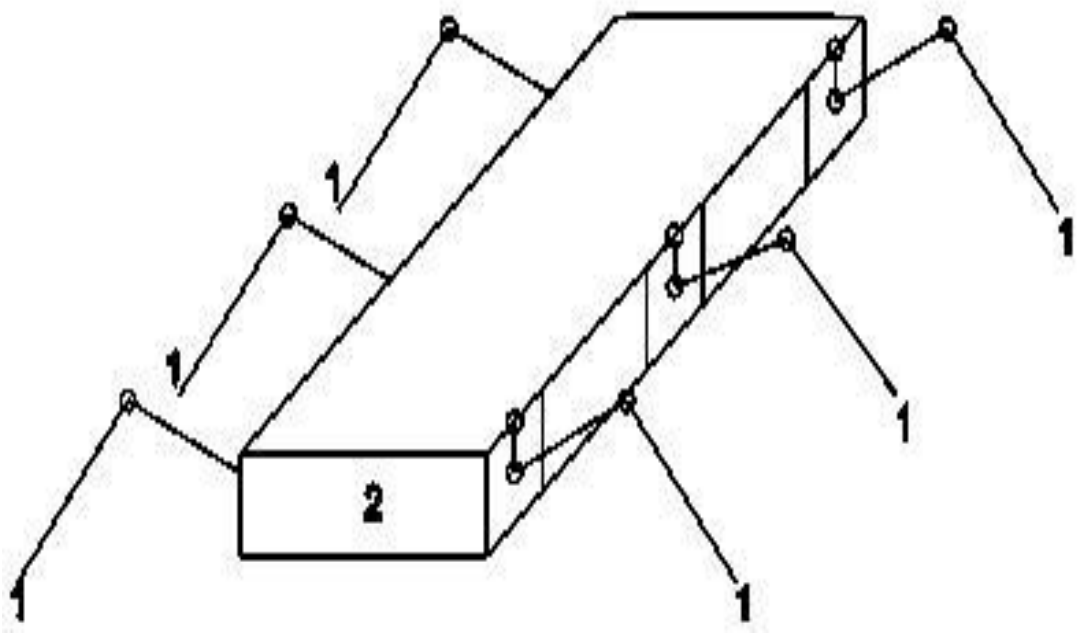

Рисунок 2.3 - Структура груди без движущихся частей

На рисунке 2.3 показаны следующие узлы робота с номерами от 1 до 2:

1) робот - шестигранные ноги с тремя степенями свободы;

2) робот - сундук гексапа.

Как только структура груди робота определена, необходимо приступить к рассмотрению структурной структуры конечностей шестигранника робота. Для этого рассмотрим строение ног. Чтобы робот двигался, у него должны быть ноги, обеспечивающие определенную степень подвижности. У насекомых разные типы ног (рисунок 2.4), но нас интересовали их прыгающие ноги, которые позволяют роботу двигаться.

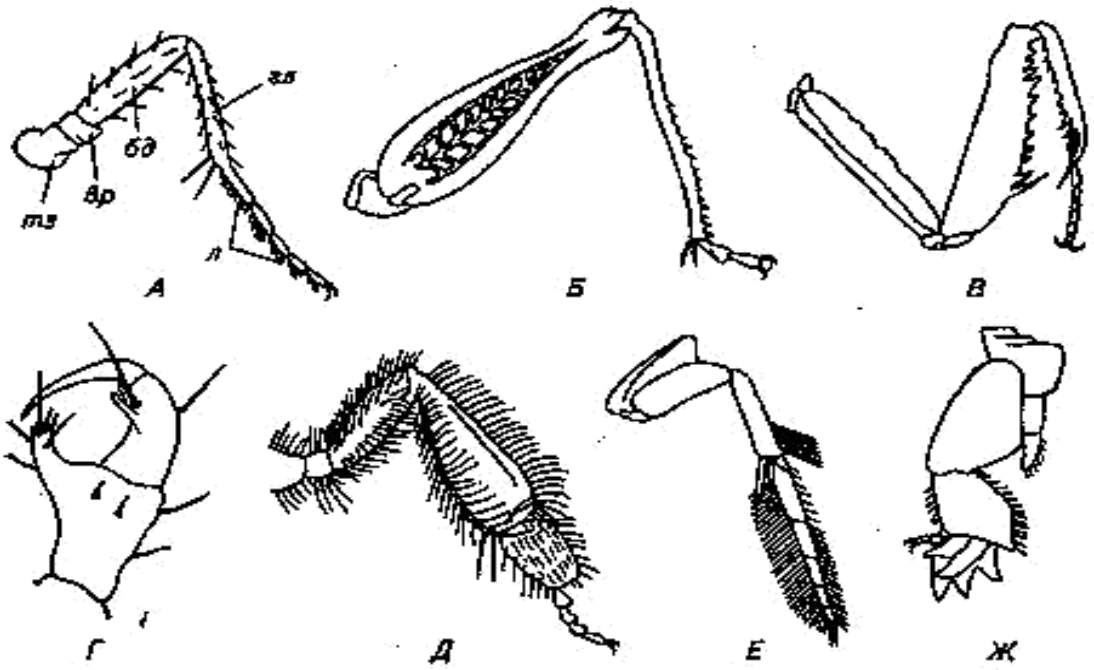

Рисунок 2.4 - Различные виды лапок насекомых (по мнению разных авторов)
A - ходячая нога, tz - таз, vr - поворотный (белка), bd - бедро (бедро), gl - golen (нога), l - нога (нога). B, C, D, D, E, F - прыжок - водитель, держатель, зажим, коллектор, поплавок и ножки копателя.

Изучая строение и способ выгула насекомых, было решено, что при конструировании механических ножек робота-шестиплодника необходимо обеспечить три степени свободы ножек. Структура ножки робота-шестнадцатеричного человека была решена на основе имеющихся данных с использованием следующих частей: таз, бедра и лодыжки.

Эта структура позволяет нам точно копировать структуру этого насекомого, ходячую часть, и моделировать различные виды насекомых, используемых в движении. Однако, чтобы полностью воспроизвести структуру походки насекомого, необходимо добавить еще одну степень свободы. Это дополнительный узел между стопой и подошвой стопы. Без этой связи, то есть без суставов, насекомые не теряют подвижности и могут нормально двигаться. Поэтому, чтобы облегчить создание механических ножек робота, было решено удалить этот сустав. В результате число ножек робота - шестнадцатеричного - было определено как три пары ножек, напоминающих насекомых.

Следует отметить, что три пары ножек насекомых имеют следующие основные отличия: каждая пара ножек предназначена для выполнения различных операций. Но нашей задачей было не повторить строение насекомых в механическом строении, а лишь принять лучшие решения природы. Таким образом, в этом проекте все пары ног будут одинаковыми.

Рисунок 2.5 показывает структуру рассматриваемой походки насекомого.

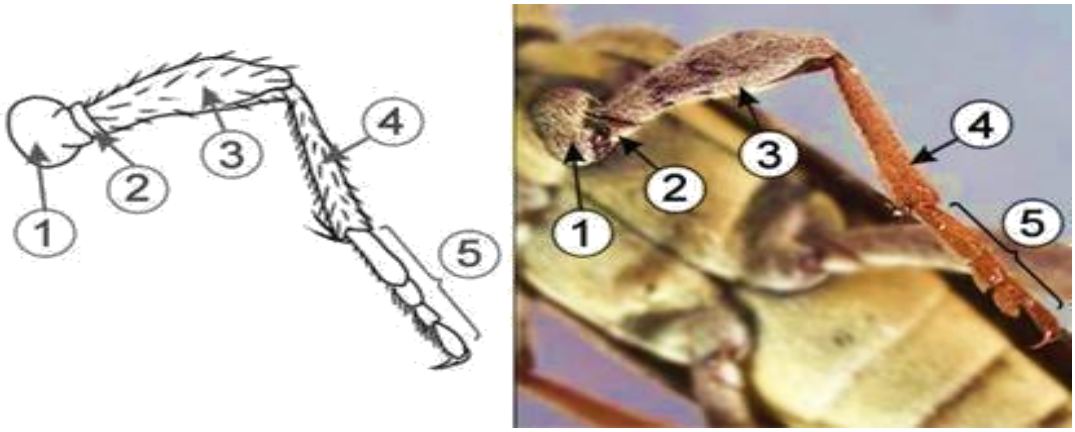

Рисунок 2.5 - Структура походки насекомого 1 - таз (та часть ноги, которая соединяется с грудной клеткой); 2 - белка; 3 - бедра; 4 - боль; 5 – футовый

На основании анализа были собраны ходячие конечности и был определен алгоритм движения [12,13], так что тело всегда сохраняло статическую устойчивость. Популярность шестиногих шагающих роботов в основном движущихся, шестиногих транспортных средств.

Следует отметить, что проблемы статической устойчивости инструментов относительно легко решить по сравнению с другими конструкциями. С помощью шестиногой модели робота мы можем продемонстрировать популярную походку с помощью «штатива», то есть с поддержкой трех полюсов [12-14].

На рисунке 2.6 показан живой организм в положении «стоя». В 1-й позиции картины все его ноги лежат на земле. С точки зрения «стоя», живой организм решает двигаться вперед. Чтобы сделать один шаг, он поднимает все три веса (черные круги), поднимая все три ноги (см. Открытые круги в положении 2) и опираясь на землю другими тремя ногами. Обратите внимание, что несущие ноги (черные круги) имеют форму штатива (треугольника). Эта позиция стабильна, и робот не может попасть в эту позицию. Позиция 3 указывает, что остальные три ноги (незакрашенные круги) движутся вперед. Позиция 4 указывает на перенос центра тяжести на другие три опоры (черный круг) и поступательное движение свободных ног (белые круги).

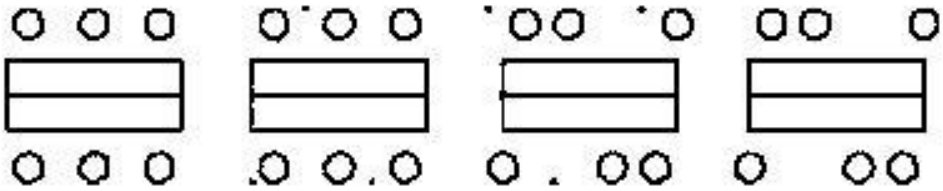

Рисунок 2.6 - Движение шестиногого шагающего робота.

В ходе работы было решено опираться на существующий аналог для создания эскиза робота, анализирующего строение насекомых, а также строение аналога робота-гексапода, в соответствии с требованиями изучения строения насекомых. Планируемый робот будет иметь три пары движущихся ног. На каждом конце робота есть три степени свободы. Чтобы обеспечить этот уровень мобильности, для каждого уровня мобильности должен быть установлен один сервопривод. Чтобы добавить ритмичную походку роботу и увеличить гибкость его ног во время движения, можно было оборудовать его ногами с четырьмя степенями свободы и четырьмя сервоприводами. Однако это предложение было отклонено из-за увеличения стоимости робота и увеличения количества узлов и дисков в роботе. Это, в свою очередь, снижает надежность конструкции в целом. Ножки робота прикреплены к массивному корпусу робота, который состоит из двух металлических пластин (сундук без подвижных частей), которые плотно соединены между собой благодаря металлизированным опорам. Простая форма груди робота позволяет легко устанавливать опоры, то есть ножки, на корпус робота, сокращать время ремонта робота в случае возникновения проблем, а также снижать затраты на его изготовление. Затем начались работы по определению расположения всех электрических компонентов в роботе. Размеры всех компонентов и их технические характеристики известны. В результате работы был сделан первоначальный эскиз робота, который было решено адаптировать в будущем.

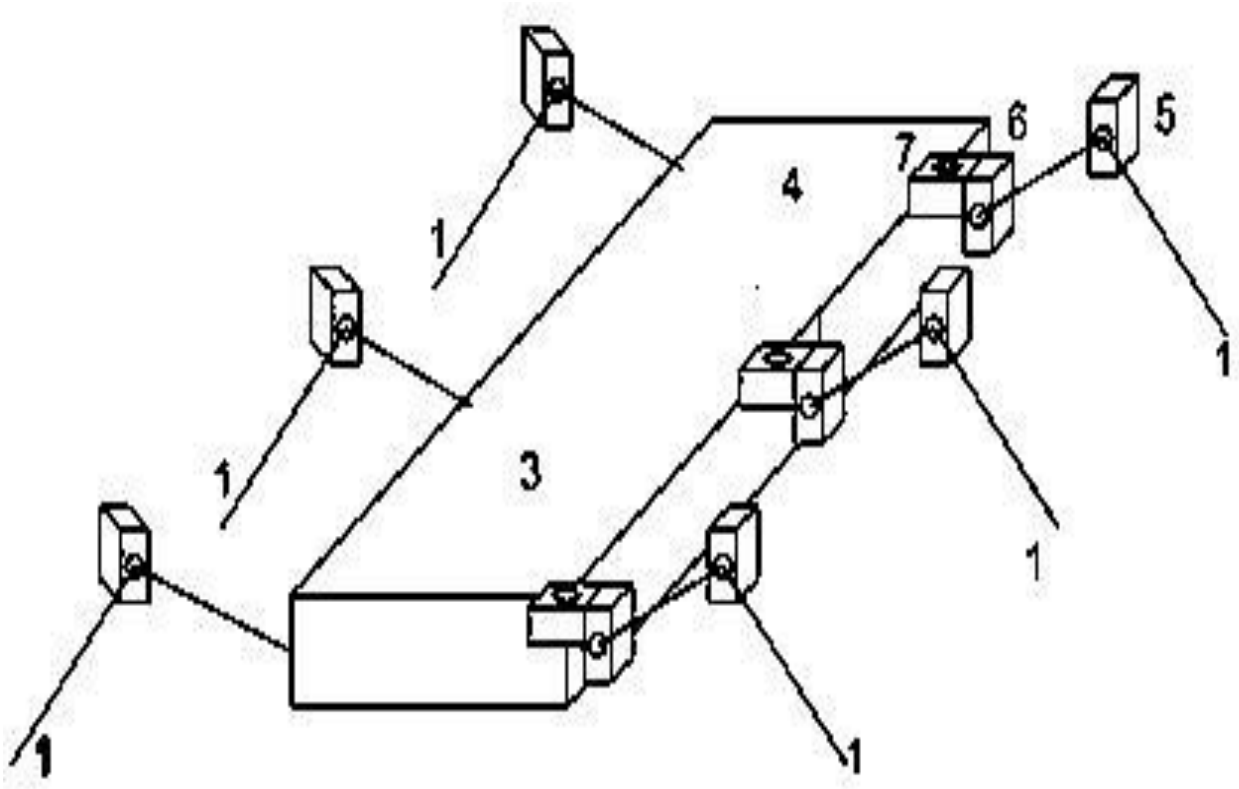

Рисунок 2.7 - Разработанная рабочая версия собранного эскиза робота

Следующие элементы отмечены на рисунке робота-гексапода с номерами от 1 до 7 на рисунке 2.7: 1) ножки робота-гексапода, рассчитанные на три степени свободы движения; 2) Робот - сундук гексапод; 3) Роботизированные аккумуляторные батареи; 4) Силовая и управляющая электроника; 5) Лифт 1; 6) Лифт 2; 7) Лифт 3.

Чтобы спроектировать шестнадцатеричный робот, необходимо прочитать предложения конкурентов и оценить все их преимущества и недостатки, синтезируя наиболее экономически эффективную версию моделей конкурентов и контрольные комплекты шестигранника робота. Маркетинговые исследования показали, что миниатюрные роботы - это роботы, которые имеют наибольшие преимущества на рынке гексаподов, компания разработала необходимую инфраструктуру и создала собственную организацию пользователей (информационная поддержка по программированию, форумы пользователей, квалифицированная техническая поддержка, 3D-детали, открытые) программное обеспечение, математические модели и т. д.). Таким образом, для рассмотрения аналогов мы приравниваем самые передовые продукты к качественной экосистеме продуктов. Не следует забывать, что в мире существует множество моделей роботов-гексаподов, созданных энтузиастами мира робототехники, изготовленных всего в нескольких экземплярах, которые просты и удобны. Во многих случаях они превосходят коммерческие модели роботизированных гексаподов, предлагаемые на рынке. Однако нас больше интересуют коммерческие модели миниатюрных гексаподов роботов. Количество игрушечных роботов - гексаподов - также растет. По форме и принципу движения они выглядят как настоящие роботы. Но они сделаны из очень дешевых материалов. Нашей задачей было найти аналоги, которые, помимо учебного процесса, аналогичны цели использования для использования в высшем образовании. Для этого мы проанализировали три наиболее популярных аналога, используемых в учебных заведениях США, Канады и Европейского Союза: 1) робот-гексапод PhantomX AX MK-III (средняя стоимость - 4500 BYN) от Interbotix Labs, Иллинойс, США; 2) робот-гексапод Phoenix (2500 BYN) от Lynxmotion Inc., Канада; 3) T-Hex (средняя стоимость - 4500 BYN) робот hexapod от Lynxmotion Inc., Канада.

2.2 Разработка кинематических схем для конечностей гексатоды робота

Чтобы создать модель миниатюрного робота - гексапода, необходимо было определить точные размеры всей системы. Кинематическая схема такого плана связана со структурой походки реального насекомого, описанной ниже и представленная на рисунке 2.8. Применение подобной кинематической схемы целесообразно при конструировании различных устройств, например при создании механизмов тестирования суставов в медицинской сфере, в которых требуется воспроизведение циклических движений выходного звена по траектории

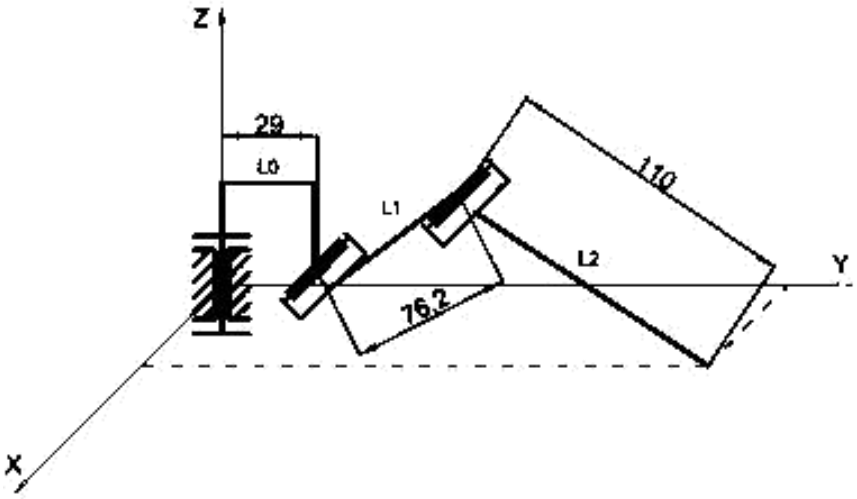

Рисунок 2.8 - Кинематическая схема механизма «Левая ступенька робота гексапода»

Кинематическая диаграмма «Левая нога шестнадцатеричного робота» имеет три вращающиеся пары. Длина стыков: L0 = 29 мм, L1 = 76,2 мм, L2 = 110 мм. Правая нога робота является зеркальным отображением его левой ноги. Каждая пара поворотов действует как сервопривод. После создания кинематических диаграмм ног робота была разработана общая кинематическая схема всего механизма шестиногого робота (рисунок 2.9).

После получения кинематических диаграмм робота и основных механизмов робота, началась задача определения компонентов, составляющих тот или иной механизм. Изначально был получен механизм «левой ноги робота». Для реализации этого механизма необходимо было использовать определенные детали (детали), конструкция которых соответствует кинематической схеме робота и размерам сервоприводов, устанавливаемых на ножках для ходьбы. Точные размеры сервоприводов и их технические характеристики известны. Сначала началась работа по определению расположения сервоприводов в конце робота - шестнадцатеричного и создания суставов на основе сервоприводов. В результате были определены размеры и форма основных частей шестиногого шагающего робота - шестнадцатеричного, включенного в механизм правой / левой ходьбы, движения. Для простоты конструкции и производства, а также для того, чтобы части поместились на правой и левой ногах робота, было решено сделать части одной ноги робота в виде зеркального отображения другой стороны. Механизм «Робот - правая / левая шагающая нога шестнадцатеричного» делится на следующие узлы: часть ноги, соединяющаяся с телом (голеностопный сустав); тазовая часть (бедро ноги); часть живота (голеновая нога). Такие названия были получены из строения ног насекомых. Таким образом, робот представляет собой шестнадцатеричного шагающего «правого / левого» шага, т. Е. Каждая из ступенчатых ног включает в себя следующие суставы: а) сустав ноги,

соединяющийся с телом (узел узел); б) тазовый сустав (узел Бедро); б) сустав голеностопного сустава (голеновый узел).

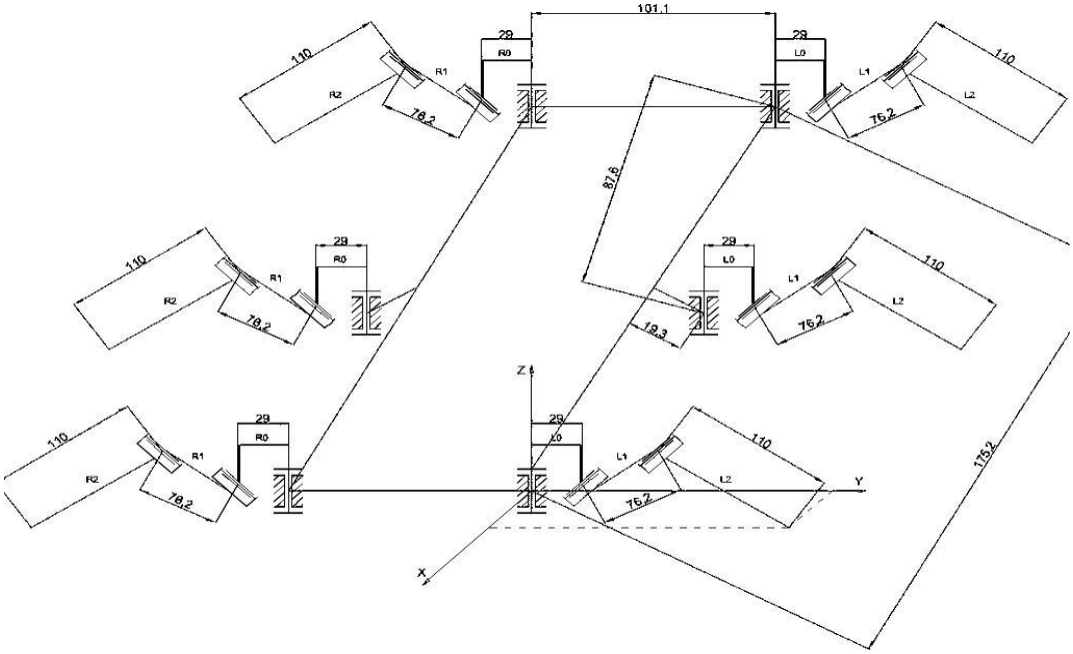

Рисунок 2.9 - Общая кинематическая схема механизма «Робот - гексапод».

3 3D моделирование устройства

Я использовал SolidWorks для моделирования своего дипломного проекта - трехмерного изображения шестиногого шагающего робота-шестиподца.

Таким образом, трехмерная модель одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3 Model B+ для программирования принципов движения робота-гексапода показана на рисунке 3.1.

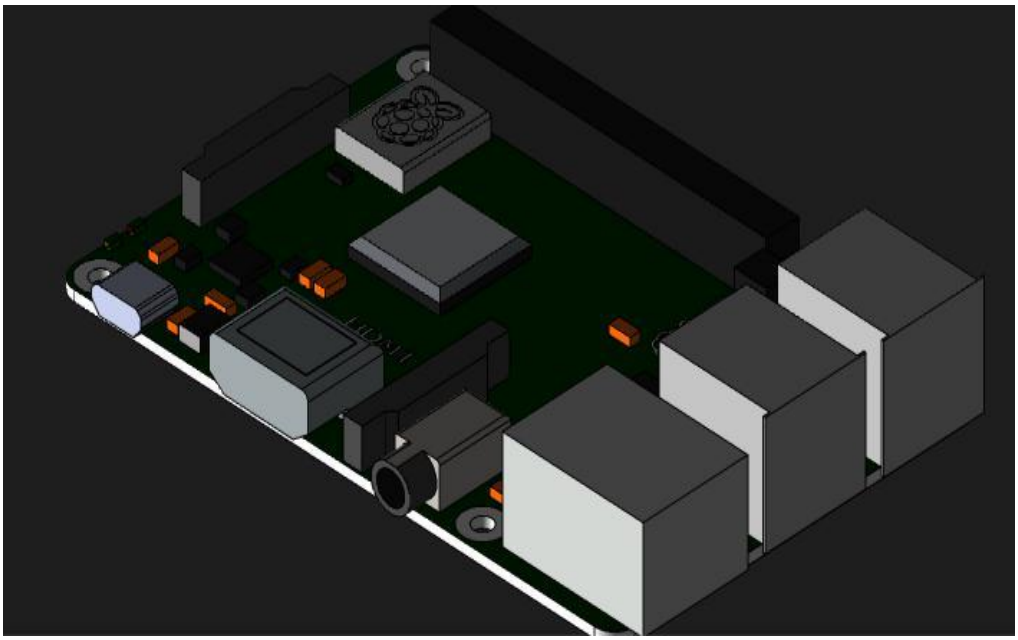

Рисунок 3.1 - трехмерная модель одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3 Model B+

Далее у нас трехмерная модель используемой в нашей работе камеры для Raspberry Pi 3 Model B, это Raspberry Pi Camera v2 на рисунке 3.2.

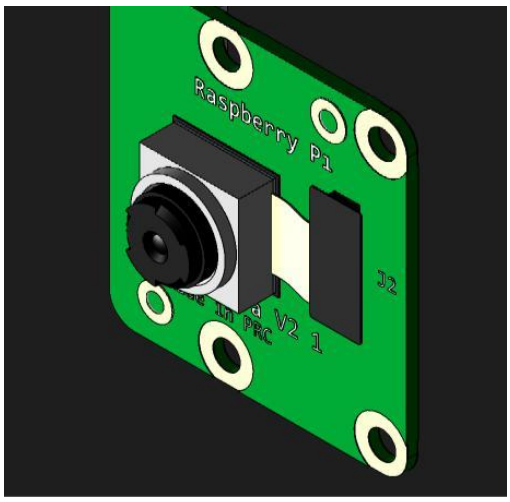

Рисунок 3.2 – трехмерная модель камеры Raspberry Pi Camera v2

Как уже упоминалось в предыдущих разделах, мы знаем, что существует разные типы сервоприводов, которые непосредственно участвуют в боковом движении ног шестиногого робота - шестнадцатеричного. На рисунке 3.3 показана трехмерная модель сервопривода MG 90 S с металлизированным колесом, которое позволяет шестиграннику полностью подниматься и опускаться на одной и также который позволяет полностью переместить одну ногу шестигранника вправо и влево.

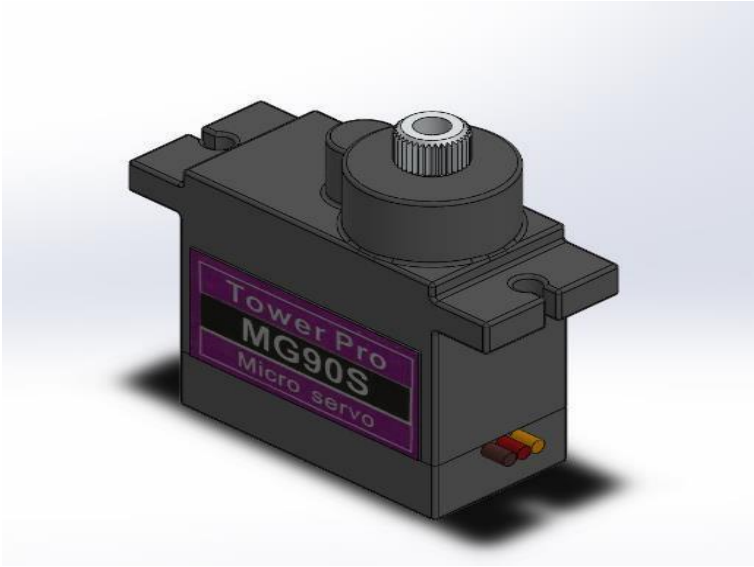

Рисунок 3.3 - 3D модель сервопривода MG 90 S с металлизированными колесами

Теперь мы можем видеть трехмерную модель ножек шестиногого шагающего - робота из поливинилхлорида, состоящий из двух частей, первую часть которого можно увидеть на рисунке 3.4.

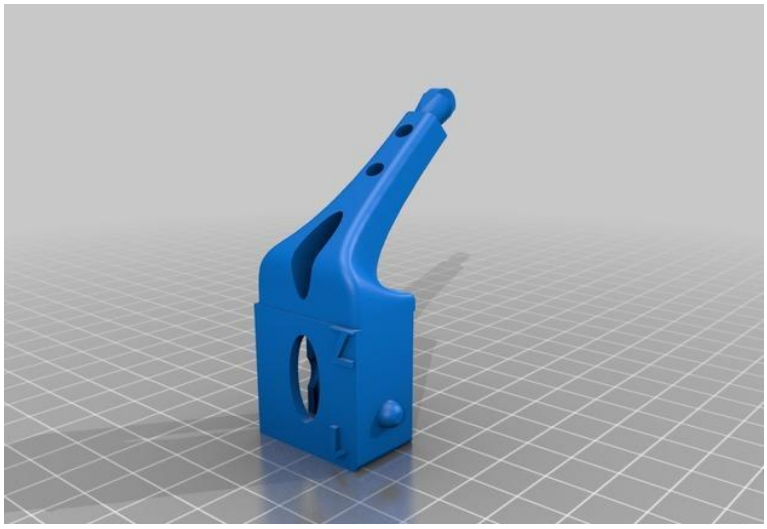

Рисунок 3.4 - Вид 3D-модели ножек робота из поливинилхлорида

Таким образом, ниже на рисунке 3.5, представлена трехмерная модель второй части ноги которая крепится непосредственно к корпусу.

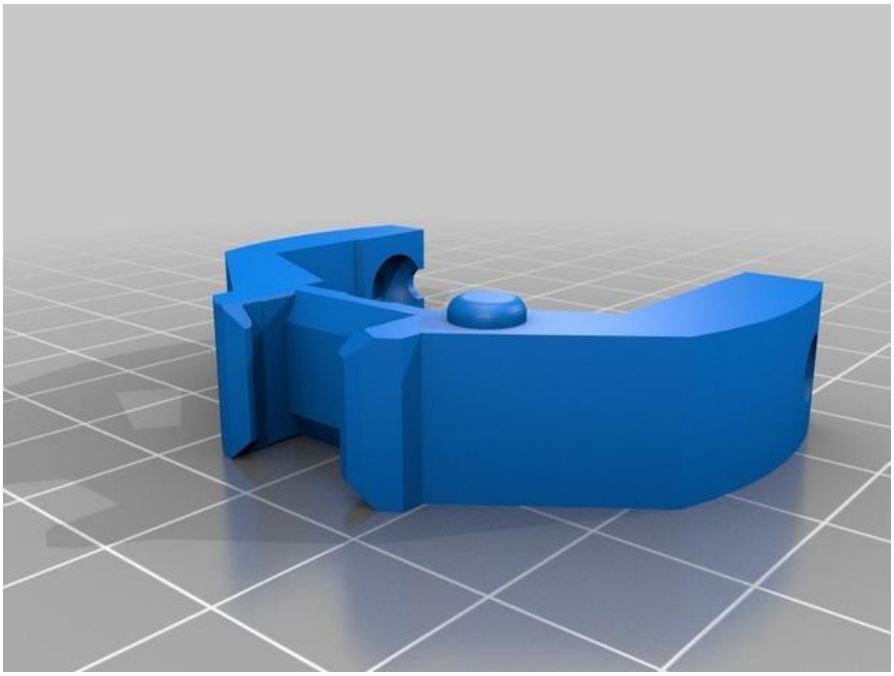

Рисунок 3.5 - Вид 3D-модели ножек робота из поливинилхлорида

На рисунке 3.6 показана трехмерная модель тела робота, изготовленного из поливинилхлорида, то есть его нижней части того же тела - шестиногого гексапода.

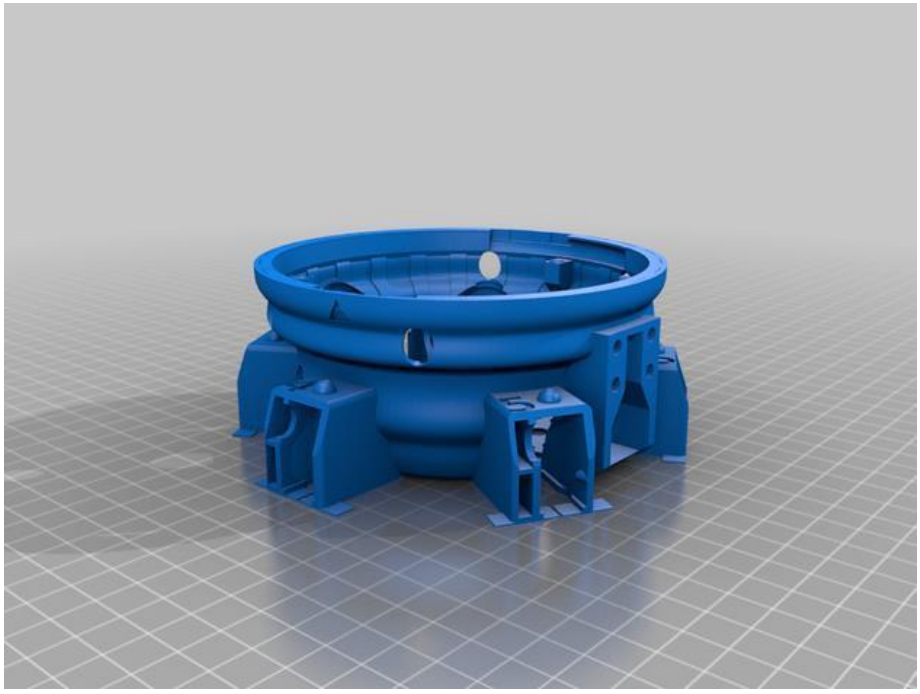

Рисунок 3.6 - 3D модель нижней части корпуса гексапода из поливинилхлоридного материала.

На рисунке 3.7 показана трехмерная модель тела робота, изготовленного из поливинилхлорида, то есть его верхней части того же тела - шестиногого гексапода.

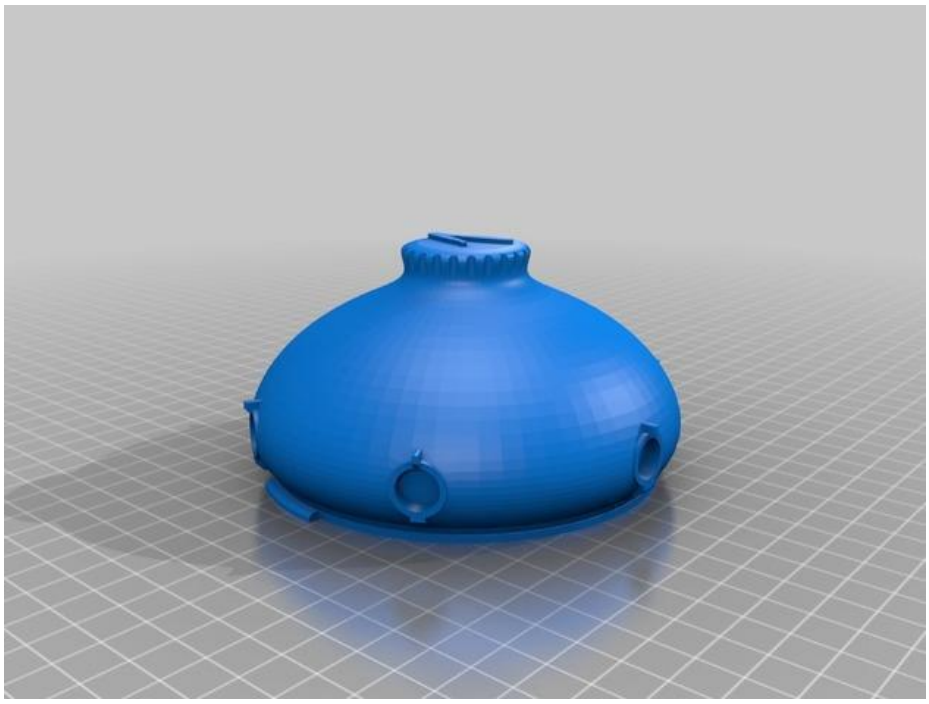

Рисунок 3.7 - 3D модель верхней части корпуса гексапода из поливинилхлоридного материала

Соединяя все эти устройства друг с другом, мы устанавливаем их внутри корпуса шестиногого шагающего - робота из поливинилхлорида. Мобильный шестиногий шагающий робот представляет собой модель общего трехмерного вида гексапода, который можно увидеть на рисунке 3.8.

Рисунок 3.8 - Мобильный шестиногий шагающий робот - модель общего трехмерного вида гексапода

4 Структура и тестирование

4.1 Структура системы и ее схемы

Raspberry Pi 3 Model B+ (рисунок 4.1), который мы используем для программирования - это модернизированная версия Model B с 64-битным четырёхядерным процессором ARM Cortex-A53, разогнанным с 1,2 ГГц до 1,4 ГГц. На борту обновлённые беспроводные интерфейсы Wi-Fi 802.11n и Bluetooth 4.2/LE.

Кроме того, процессор имеет архитектуру ARMv53, а значит, вы сможете использовать любимую операционную систему: Debian Wheezy, Ubuntu Mate, Fedora Remix и даже MS Windows 10 IoT.

Raspberry Pi 3 Model B+ наделили 1 ГБ оперативной памяти, но эта память делится с графической подсистемой. Графический двухъядерный процессор VideoCore IV® поддерживает стандарты OpenGL ES 2.0, OpenVG, MPEG-2, VC-1 и способен кодировать, декодировать и выводить Full HD-видео (1080p, 30 FPS, H.264 High-Profile).

Главное преимущество Raspberry Pi — 40 контактов ввода/вывода общего назначения (GPIO). К ним вы сможете подключать периферию для взаимодействия с внешним миром: исполнительные устройства, любые сенсоры и всё, что работает от электричества.

Штатной операционной системой для Raspberry Pi является Linux. Она устанавливается на microSD карту, а та — в специальный слот на плате. Также возможна установка Windows 10 IOT

Для подключения монитора или телевизора используйте композитный видеовыход или разъём HDMI. Разрешение варьируется от 640×350 (EGA) до 1920×1200 (WUXGA) для HDMI. Композитный выход работает в форматах PAL и NTSC.

Рисунок 4.1 – Одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi 3 Model B+

Колонки или наушники подключаются через стандартное гнездо 3,5 мм. Также звук может передаваться по HDMI.

Raspberry Pi 3 Model B+ предоставляет 4 USB-порта, объединённых внутренним хабом. К ним, помимо прочего, можно подключить клавиатуру и мышь.

Для коммуникации на Raspberry Pi 3 Model B доступны интерфейсы:
Ethernet на 10/100/1000 Мбит с выходом на стандартное гнездо 8P8C (RJ45);
Wi-Fi 802.11n и Bluetooth 4.2.

Питание Raspberry Pi 3 осуществляется от 5-вольтового адаптера через разъём micro-USB или пины питания. Рекомендуем использовать источник питания с силой тока не менее 2,4 А, чтобы иметь возможность подключать к USB-портам более энергоемкие устройства.

Аппаратный выключатель питания на плате отсутствует. Для включения компьютера достаточно подключить кабель питания. Для выключения используйте штатные функции операционной системы.

Размер платы: 85×54 мм. (рисунок 4.2) USB-порты, Ethernet-гнездо, HDMI, аудио-гнездо выступают за обозначенные рамки на несколько миллиметров.

Вместо традиционного для обычных компьютеров жёсткого диска, Raspberry Pi использует microSD флеш-карту. Она должна быть предварительно подготовлена — на неё следует установить операционную систему. Имея несколько флеш-карт, вы можете поочерёдно использовать их, получив несколько изолированных образов компьютеров.

Рисунок 4.2 – Внешний вид Raspberry Pi 3 Model B+

Сервопривод - это моторное устройство, управляемое отрицательной обратной связью, которое позволяет точно контролировать параметры движения. Сервопривод может быть любым механическим приводом, который содержит датчик. Узел привода также можно рассматривать как сервопривод, который автоматически поддерживает необходимые параметры

в датчике (режим, скорость, мощность и т. Д.) И в устройствах с заданным внешним значением. Структура сервопривода подробно показана на рисунке 4.3.

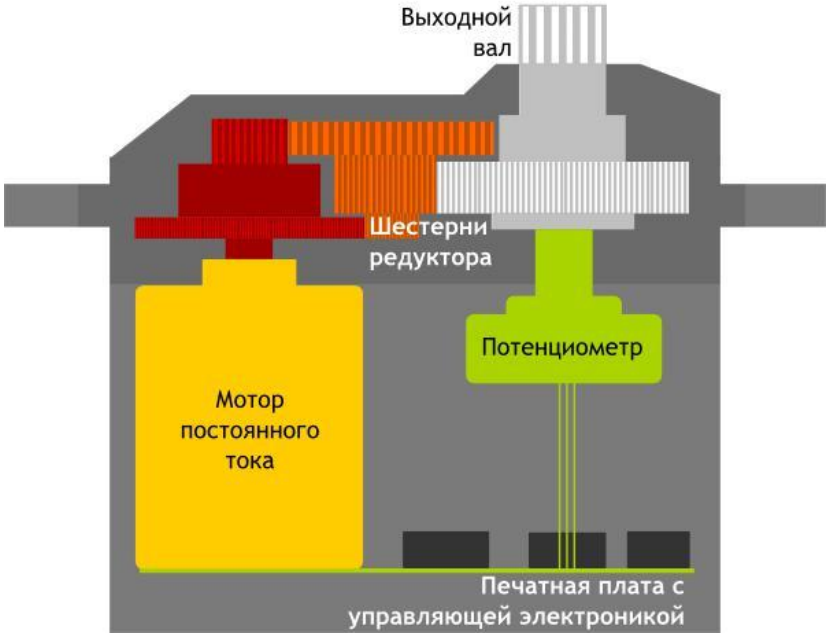

Рисунок 4.3 - Вид конструкции сервопривода

Включая и выключая электромотор, можно вращать выходной вал — конечную шестерню сервопривода, к которой можно прикрепить нечто, чем мы хотим управлять. Однако, для того чтобы положение контролировалось устройством, необходим датчик обратной связи — энкодер, который будет преобразовывать угол поворота обратно в электрический сигнал. Для этого часто используется потенциометр. При повороте бегунка потенциометра происходит изменение его сопротивления, пропорциональное углу поворота. Таким образом, с его помощью можно установить текущее положение механизма.

Кроме электромотора, редуктора и потенциометра в сервоприводе имеется электронная начинка, которая отвечает за приём внешнего параметра, считывание значений с потенциометра, их сравнение и включение/выключение мотора. Она-то и отвечает за поддержание отрицательной обратной связи.

К сервоприводу тянется три провода. Два из них отвечают за питание мотора, третий доставляет управляющий сигнал, который используется для выставления положения устройства.

Теперь давайте разберёмся, какие бывают сервоприводы и какими характеристиками они обладают.

Крутящий момент и скорость поворота

Сначала поговорим о двух очень важных характеристиках сервопривода: о крутящем моменте и о скорости поворота.

Момент силы, или крутящий момент — векторная физическая величина, равная произведению радиус-вектора, проведенного от оси

вращения к точке приложения силы, на вектор этой силы. Характеризует вращательное действие силы на твёрдое тело, схема которого указана на рисунке 4.4.

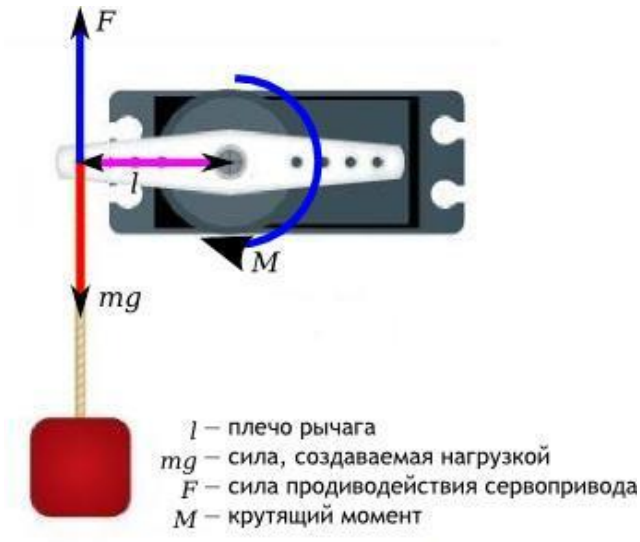

Рисунок 4.4 – Схема вращения сервопривода

Во время создания моего шестиногого робота, шестнадцатеричного робота, который является моим дипломным проектом, я использовал следующие типы сервоприводов, чтобы регулировать движение его ног и реализовывать их общее движение (рисунок 4.5).

Рисунок 4.5 – Сервопривод MG90S

Модель MG90S позволяет вращать вал редуктора в двух направлениях - по часовой или против часовой стрелке, в диапазоне от 0 до 170-180°.

Точность позиционирования имеет погрешности и зависит от конкретного изделия. Встроенный аналоговый контроллер на микросхеме AA51880 определяет угол поворота по показаниям потенциометра. В электрической цепи питания серво присутствуют сборки на полевых транзисторах MOSFET - TC4953 и 9926A.

Из корпуса MG90S выходят три цветных провода, два из которых (коричневый "-" и красный "+") соединяются с внешним источником питания. Третий, оранжевый, подключается к непосредственно к контроллеру, генерирующему высокоуровневые импульсы переменной ширины.

Поворот вала мотора на заданный угол достигается изменением длины импульса. Интервал приёма между импульсами управления у модели MG90S составляет 20 миллисекунд. Рабочий ток сервомотора без нагрузки достаточно мал, примерно 170-200 мА.

Отличительной частью моего гексапода является наличие камеры видеонаблюдения, в своей работе я использовал модель raspberry pi Camera Module V2 (рисунок 4.6)

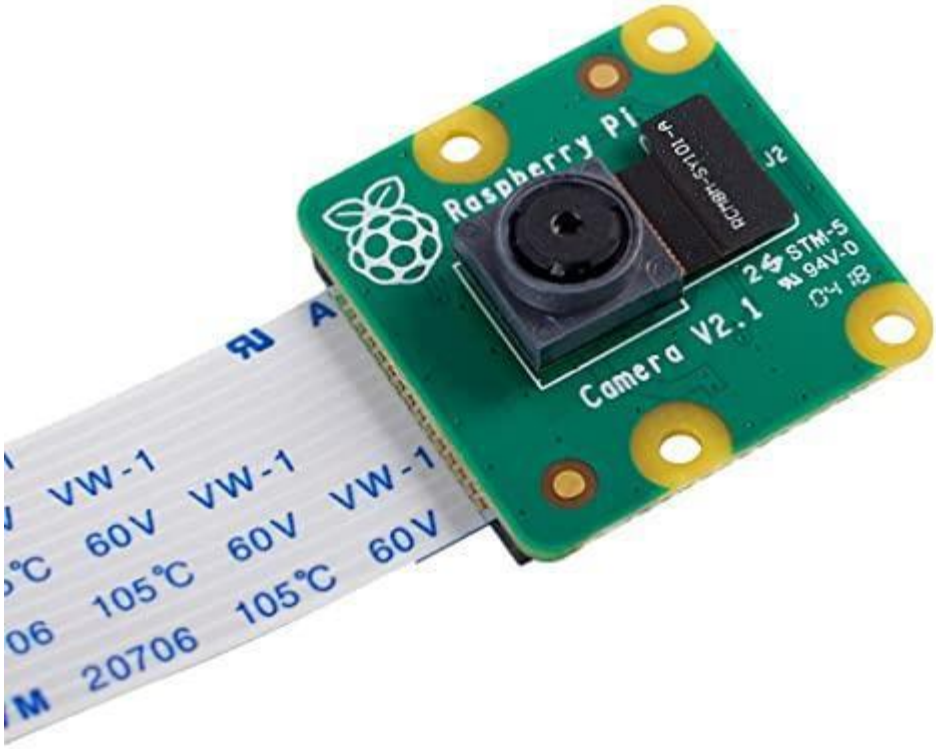

Рисунок 4.6 - Модель raspberry pi Camera Module V2

Raspberry camera V2 8mpx – это вторая версия модуля оснащена восьмимегапиксельным сенсором Sony IMX219 Exmor. Он позволяет захватывать, записывать и транслировать видео в форматах 1080p, 720p и VGA. Максимальное разрешение для фотографий достигает 3280×2464 пикселей.

Модуль подключается в CSI-порт на Raspberry Pi — он не нагружает процессор, как это делают внешние камеры и не занимает дефицитные USB-порты. Модуль камеры подключается к распберри ленточным 15ти жильным кабелем.

На аппаратном уровне модуль работает в одном из семи режимов. Разрешение Соотношение сторон Частота кадров Использование сенсора

1 1920×1080 16:9 0.1–30fps частичное

2 3280×2464 4:3 0.1–15fps полное

3 3280×2464 4:3 0.1–15fps полное

4 1640×1232 4:3 0.1–40fps полное

5 1640×922 16:9 0.1–40fps частичное

6 1280×720 16:9 40–60fps частичное

7 640×480 4:3 40–90fps частичное

Я сделал эту схему, как и все предыдущие схемы, через программу с открытым исходным кодом для упрощения прототипа проектов на основе «Fritzing» - Arduino, Raspberry Pi и многих других популярных платформ (рисунок 4.7). Эта программа может хранить множество виртуальных моделей различных платформ, компонентов и модулей, а затем мы можем разместить их в рабочей области и добавить их на плату, для дальнейшего использования.

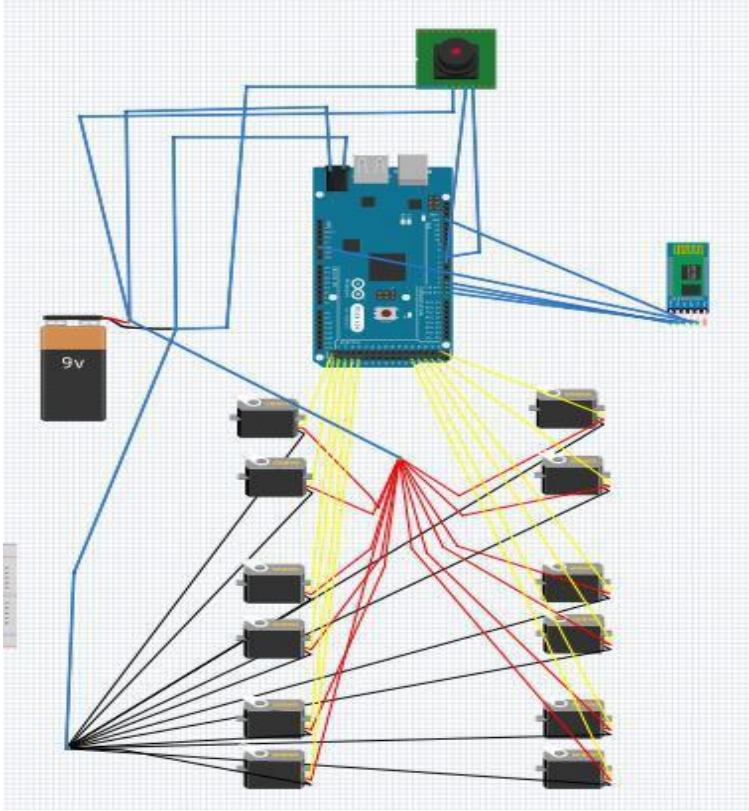

Рисунок 4.7 - Принципиальная схема гексапода, построенного с помощью программы «Fritzing»

4.2 Экспериментальная работа на шестиногом шагающем роботе - гексаподе

На рисунке 4.8 показано полностью структурированное изображение шестиногого мобильного шестиподого, созданного моим дипломным проектом.

Рисунок 4.8 - Гексапод с шестью ступенями

Также на рисунке 4.9 мы можем рассмотреть детально внутренний механизм нашего гексапода.

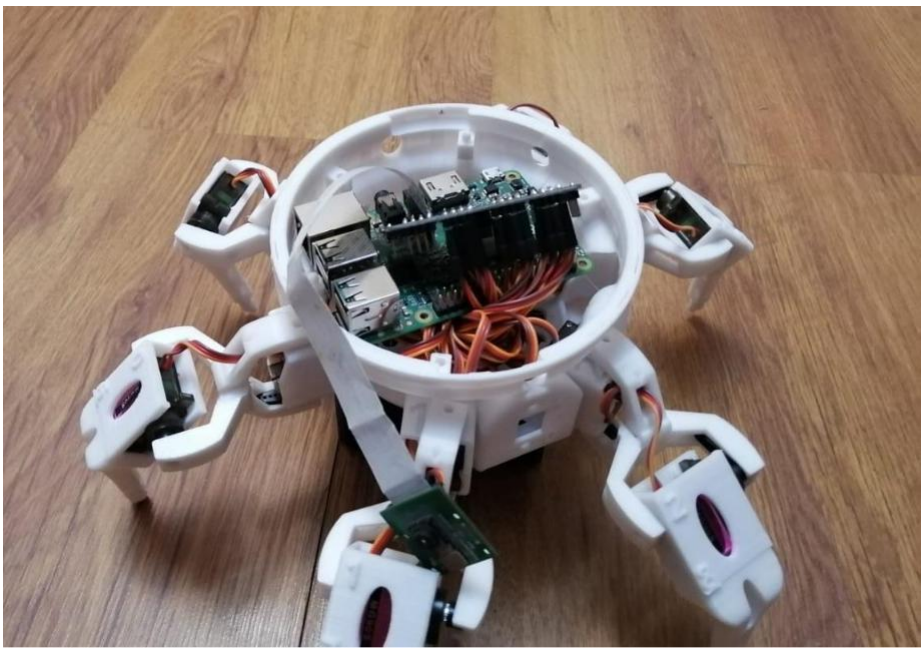

Рисунок 4.9 – Вид робота изнутри

Мобильному шестиногому гексаподу нужны специально спроектированные плотины для проведения экспериментов и различных испытаний. Такие места или комнаты часто встречаются в лабораторных помещениях. Тем не менее, ему не нужны лабораторные или другие специально оборудованные помещения для проверки общей пригодности мобильных способностей шестиногого шагающего-робота для передвижения. На рисунке 4.10 показано быстрое движение робота по плоской поверхности с помощью его ног.

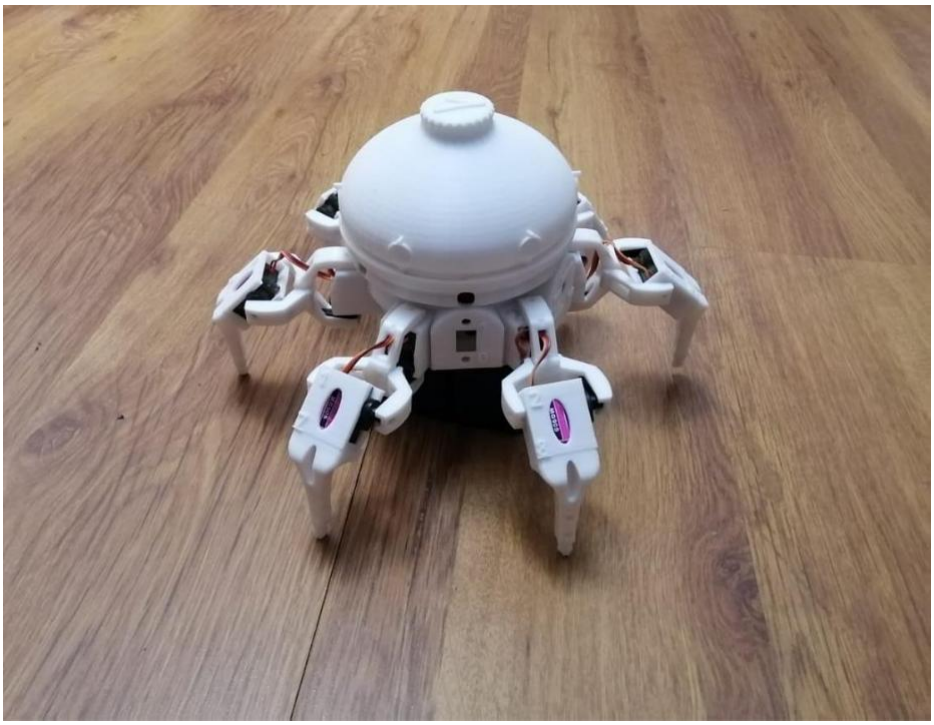

Рисунок 4.10 – Готовый робот в движении

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда

По общей классификации помещений по характеру окружающей среды, помещение офиса является «сухим», так как влажность воздуха в помещении не превышает 60 %. По электробезопасности помещение можно отнести к категории «Помещения без повышенной опасности», так как сетевое оборудование находится в подвальном помещении в гермозоне, отдельно от рабочих кабинетов, а офисное помещение соответствует требованиям:

- сухое;
- нормальная температура;
- полы изолированные;
- не пыльное;
- все источники питания имеют заземление.

Оборудование, находящееся в гермозоне имеет такие требования условий, при котором оно работает оптимально:

- температура от 20 до 35 С;
- влажность от 5 до 75%;
- Напряжение 220 В, резервное питание.

На рабочем месте пользователей должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата. На работах, производимых сидя и не требующих физической нагрузки, температура воздуха должна быть в холодный период года от 22 до 24$_{o}$С, теплый период года — от 23 до 25$_{o}$С. Относительная влажность воздуха на постоянных рабочих местах должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха должна быть 0,1 м/с. Для повышения влажности воздуха в помещениях следует применять увлажнители воздуха.

Работа сотрудников относится к труду степени легкой тяжести, так как работа осуществляется в сидячем положении при помощи технических средств.

Офисное помещение состоит из 21 рабочих мест и имеет следующие размеры: длина А=20 м, ширина зала В=14 м, высота Н=3м. Высота рабочей поверхности над уровнем пола 0,8 м, окна начинаются с высоты 0,8 м, высота окон 1,5 м.

В помещении размещено следующее телекоммуникационное оборудование:

- персональные компьютеры;
- телефонные аппараты;
- оргтехника (принтер, копир).

Сетевое оборудование размещено в гермозоне в подвальном помещении.

План размещения рабочих мест показан на рисунке 4.1:

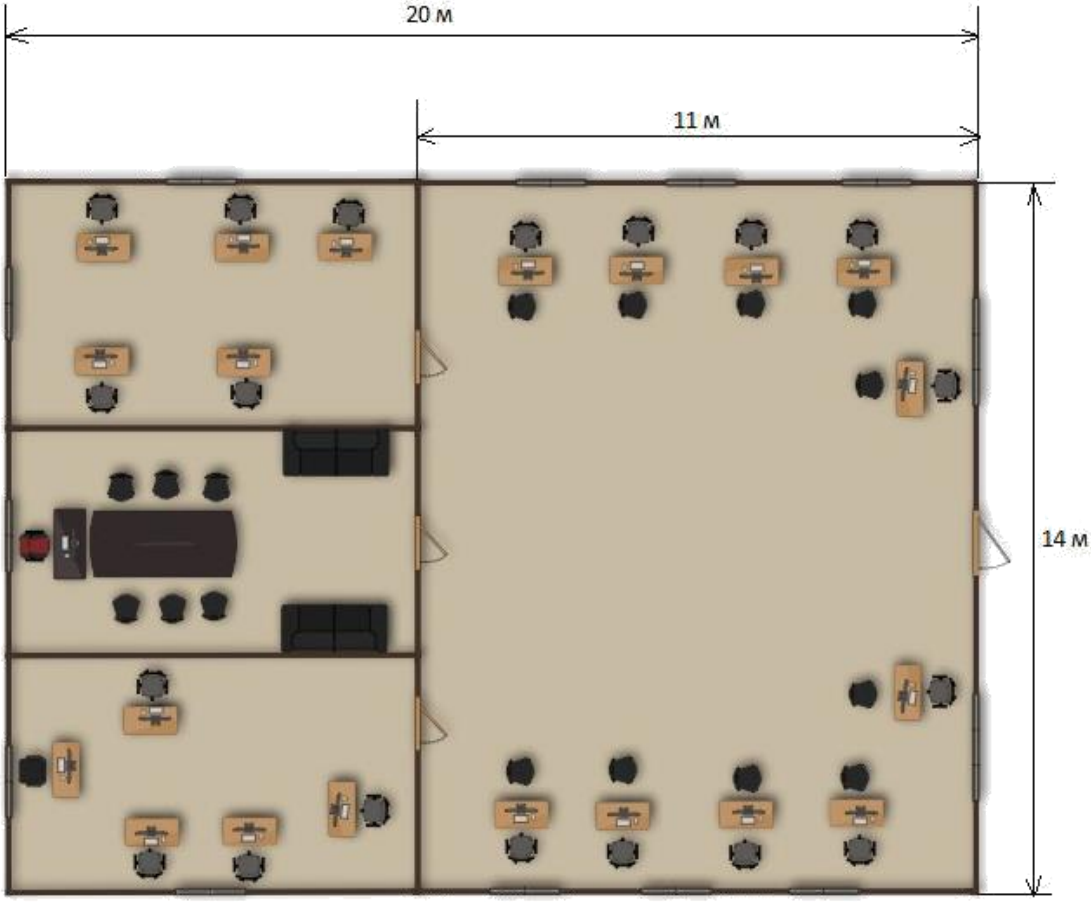

Рисунок 5.1 – план размещения рабочих мест

Рисунок 5.2 – 3Dмодель офиса

По требованиям ГОСТа на одного человека должно приходится не менее 6,2 м2 площади помещения. Помещение имеет площадь 280 м2, значит на одного работника приходится 13,3 м2 площади помещения, что удовлетворяет требованиям ГОСТа.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования — 10:1.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для исключения бликов отражений в экране светильников общего освещения рабочий стол с ПК следует размещать между рядами светильников. При этом светильники должны быть расположены параллельно горизонтальной линии взгляда работающего. Для уменьшения бликов рекомендуется использовать приэкранный защитный фильтр для видеомониторов.

При рядном размещении рабочих столов не допускается расположение экранов дисплеев навстречу друг другу из-за их взаимного отражения, в противном случае между столами следует устанавливать перегородки.

При организации любого офиса, для комфортной работы сотрудников компании, а так же для выполнения условий законодательств об охране труда, необходимо провести предварительный расчет по технике безопасности [15].

Так как организация офисов осуществляется с начального уровня, будет произведен расчет для правильной установки освещенности помещения, кондиционирования, поддержания определенной температуры.

Для обеспечения комфортности и безопасности конкретной деятельности должны быть решены следующие задачи:

1) идентификация (распознавание, количественная оценка, т.е. анализ) негативного воздействия среды обитания (т.е. источников и причин возникновения опасностей);

2) защита от опасностей или предупреждение воздействия на человека негативных факторов;

3) ликвидация отрицательных последствий воздействия опасных и вредных факторов и разработка защиты от остаточного риска;

4) создание комфортного состояния среды обитания.

5.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Для расчета освещенности помещения можно использовать методом коэффициента использования. Рассчитаем общее освещение для помещения отдела по работе с клиентами, как самого большого помещения офиса, в

остальных кабинетах установим по одному светильнику. Длина А = 14 м, ширина В = 11 м, высота Н = 3.2 м с белым подвесным потолком, побеленными стенами, окнами с открытыми жалюзями. Нормируемую освещённость выбираем для зрительной работы средней точности, она равна Е = 200 лк. Принимаем систему общего освещения люминесцентными лампами ЛД мощностью 36 Вт, со световым потоком $Ф_Л$ = 2350 лм, диаметром 16 мм, длинной 1149 мм. Светильники типа PRS/R-236 (по две лампы в светильнике), встраиваемые в подвесные потолки. Коэффициенты отражения потолка, стен, пола - $\rho_{пот}$ = 70%, $\rho_{ст}$ = 50%, $\rho_{пол}$ = 20%.

Расчётная высота подвеса - рабочая поверхность находится на высоте $h_{рт}$= 0,8 метра от пола, высота свеса ламп - $h_{сл}$ = 0 метров (встроенные в потолок), следовательно:

$$h = H-(h_{СВ}-h_{СВ}), \quad (5.1)$$

$$h = 3.2-(0.8-0) = 2.4 \text{ (м)}.$$

Наивыгоднейшее расстояние между светильниками определяется как (λ=1,2 ÷ 1,4):

$$L_a = \lambda * h, \quad (5.2)$$

$$L_a = 1/3 * 2.2 = 2.86 \text{ (м)}$$

При ширине зала В= 11 м имеем число рядов светильников:

$$n = B/L, \quad (5.3)$$

$$n = 11/2.86 = 4.$$

Определим индекс помещения:

$$i = (A * B)/ h * (A+B), \quad (5.4)$$

$$i = (14 * 11)/2.4*(14+11) = 2.5.$$

Исходя из таблицы коэффициентов использования,коэффициент использованияη_1=49% .

Коэффициент запаса для учебных помещений, лабораторий, конструкторских бюро:

$$К_З = 1.5$$

Необходимое количество светильников:

$$N = (E^* Кз^*S^*Z) / (n^* Ф_Л^* n1),$$

где E - заданная минимальная освещенность;

$К_З$ - коэффициент запаса;

S - освещаемая площадь;

Z - коэффициент неравномерности освещения (Z=1.1 ÷ 1.2);

N - количество ламп в светильнике;

$Ф_Л$ - световой поток лампы.

Подставим значения в формулу 5.5:

$$N = (200^* 1.5 ^*154^*1.2) / (2^*2350^*0.49) = 24 \text{ (шт)}.$$

Таким образом, из расчетов видно, что необходимо 24 светильников PRSR-236.

При длине одного светильника типа PRSR-236 с двумя лампами OSRAMLumiluxL 36WL=1.2 м, а ширине W=0.4 м, их общая длина в один ряд составит:

$$N^*W = 4^*0.4 = 1.6 \text{ (м)}, \quad (5.6)$$

$$N^*L = 6^*1.2 = 7.2 \text{ (м)}, \quad (5.7)$$

Таким образом, размещаем в один ряд по ширине четыре светильника с расстоянием между ними 2,86 метра и расстоянием от стены по 1,2 метра. И размещаем в один ряд по длине 6 светильников с расстоянием между ними 2,21 метра и расстоянием от стены по 1,65 метра. Всего для создания нормируемой освещённости 200 лк необходимо 24 светильников PRSR-236 с лампами мощностью 36 Вт. Схема размещения светильников изображена на рисунке 4.3.

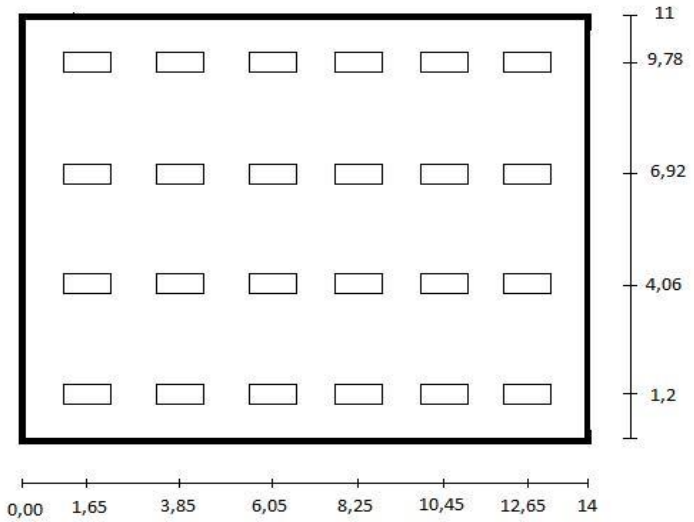

Рисунок 5.3 – Расположение светильников

Таблица 5.1 – Координаты установки светильников

№	X	Y	Z
1	1,65	1,2	3,0
2	3,85	1,2	3,0
3	6,05	1,2	3,0
4	8,25	1,2	3,0
5	10,45	1,2	3,0
6	12,65	1,2	3,0
7	1,65	4,06	3,0
8	3,85	4,06	3,0
9	6,05	4,06	3,0
10	8,25	4,06	3,0
11	10,45	4,06	3,0
12	12,65	4,06	3,0
13	1,65	6,92	3,0
14	3,85	6,92	3,0
15	6,05	6,92	3,0
16	8,25	6,92	3,0
17	10,45	6,92	3,0
18	12,65	6,92	3,0
19	1,65	9,78	3,0
20	3,85	9,78	3,0
21	6,05	9,78	3,0
22	8,25	9,78	3,0
23	10,45	9,78	3,0
24	12,65	9,78	3,0

При расчёте системы кондиционирования нужно исходить из необходимости удаления из производственного помещения всех вредных факторов, т. е. избытков тепла, влаги, паров, газов и пыли.

Теплопоступления и теплопотери в результате разности температур.

Количество тепла, поступающего в помещение, в результате разности температур определяется по формуле:

$$Q_{ОГР} = V_{пом} * X_0 *(t_{Нрасч} - t_{Врасч}), \quad (5.8)$$

, где $V_{пом}$ = 14x11x3 = 462м^3 – объём помещения;

X_0 = 0,42 Вт/(м^3 × °С) – удельная тепловая характеристика;

$t_{Нрасч}$ = 27° - расчётная наружная t для тёплого периода;

$t_{Нрасч}$ = минус 10° - наружная t для холодного периода;

$t_{Врасч}$ = 23° - внутренняя температура для тёплого периода;

$t_{Врасч}$ = 16° оптимально, 23° допустимо – внутренняя температура для холодного периода года.

Тогда теплопоступления для тёплого периода года составят:

$$Q_{ОГР}=462\times0.42\times(27-23)=776,16\ (Вт),$$

А теплопотери для холодного периода года составят:

$$Q_{ОГР}=432\times0.42\times(23-(-10))=6403,32\ (Вт).$$

Количество тепла от солнечного излучения.

Таблица 5.2 – Поступление тепла от прямой и рассеянной солнечной радиации через вертикальное остекление

Геогр. Широта	Солнечное время	Остекление С	
		Прям.	Рассеян
44	11-12 ч.	75	59

Таблица 5.3 – Коэффициент тепло пропускания

Солнцезащитное устройство	$\beta_{С.З.}$
Жалюзи, с деревянными пластинками	0.15

Таблица 5.4 – Коэффициент K_1, учитывающий затемнение световых проемов

Заполнение светового проема	Незагрязненная атмосфера
Остекление в металлических переплетах	1.15

Таблица 5.5 – Коэффициент K_2, учитывающий загрязнение остекления.

Степень загрязненности остекления	K_2
Незначительное (не более 5 мг/м)	0.95

Площадь ленточного остекления (8 окон – 2 х 1.5 метра, направление на север «С»):

$$F_0 = n*S_{ОКНА},$$ (5.9)

$$F_0 = 8*3=24\ (м^2).$$

$$Q_{РАД} = m * F_0 * (q^I + q^{II}) * \beta_{С.З} * k_1 * k_2,$$ (5.10)

,где $Q_{РАД}$ - количество тепла от солнечного излучения.

m – количество окон, F_0 – площадь окна,

q^{I}, q^{II}_{2} - тепловые потоки от прямой и рассеянной радиации (Вт/м^2),

$\beta_{С.З.}$ - коэффициент тепло пропускания (таблица 5.4),

k_1 - коэффициент затемнения остекления (таблица5.5),

k_2 - коэффициент загрязнения стекла (таблица 5.6).

$$Q_{РАД} = 8\times3\times59\times0.15\times0.95\times1.15 = 232{,}047 \text{ (Вт)}.$$

В кабинете летом при температуре 23° находится одновременно 10 человек. Один мужчина при температуре 23° в положении сидя выделяет явного тепла 79 Вт, для женщин этот показатель составляет 67 Вт [16]. В офисе находятся 3 мужчины и 7 женщин. Зимой же средняя температура в помещении равна 16°С, поэтому явное тепловыделение одного мужчины равно 109 ваттам, а у женщин 93 ваттам. Таким образом, приведем расчеты тепловыделения людей:

$$Q_Л = q_Я * n, \qquad (5.11)$$

,где $q_Я$ - тепловыделение явное (для 23◦С - 79 Вт, для 16◦С – 109 Вт)

Тепловыделения летом составляют:

$$Q_Л = q_Я \times n = 3 \times 79 + 7 * 67=706$$

(Вт), Тепловыделения зимой составляют:

$$Q_Л = q_Я \times n = 3 \times 109 + 7 * 93 = 978 \text{ (Вт)}.$$

Теплопоступление от ламп определяется по формуле:

$$Q_{оу} = \eta * N_{ОУ} * F, \qquad (5.12)$$

Коэффициент перехода электрической энергии в тепловую энергию для люминесцентных ламп:

$$\eta = 0.5\text{-}0.6.$$

Установленная мощность ламп:

$$N_{ОУ} = 9\ (Вт/м^2),$$

Площадь пола:

$$F_{ПОЛ} = 14 \times 11 = 154\ (м^2),$$

Тогда:

$$Q_{ОСВ} = 0.6 \times 9 \times 154 = 831{,}6\ (Вт).$$

Теплопритоки, возникающие за счёт находящейся в офисе техники, в среднем составляют 300 Вт на один компьютер, [17] а для оргтехники же в среднем составляет 50 Вт на один прибор:

$$Q_{ОБ} = 180 \times 10 + 1 \times 50 = 1850\ (Вт).$$

Тогда общий баланс теплопоступлений определяется формулой:

$$Q = Q_{ОГР} + Q_{РАД} + Q_{ЛЮД} + Q_{ОСВ} + Q_{ОБ}, \qquad (5.13)$$

И равен для тёплого периода года:

$$Q = 776{,}16 + 232{,}047 + 706 + 831{,}6 + 1850 = 4395{,}807\ (Вт).$$

Для холодного периода года:

$$Q = -6403 + 232{,}047 + 978 + 831{,}6 + 1850 = -2511{,}353\ (Вт).$$

Так как тепловой баланс для лета больше зимнего теплового баланса, то рассчитаем тепло напряженность воздуха по формуле:

$$Q_Н = (Q_{избл} * 860) / V_{пом} = (4{,}395 * 860) / 462 = 81{,}81\ (ккал/м^3), \qquad (5.14)$$

При $Q_Н$ >20ккал/м^3, $\Delta t_з$ =8 °С,

при $Q_Н$ <20ккал/м^3, Δt =6 °С.

Определение количества воздуха, необходимое для поступления в помещение:

$$L = (Q_{изб} * 860) / (c * {}_d t * y), \qquad (5.15)$$

$$L = (4{,}395*860) / (0.24*8*1.204) = 1635\ (м^3/ч).$$

Определение кратности воздухообмена:

$$n = L / V_{пом} = 1635/462 = 3.53 \text{ (час}^{-1}\text{)}. \quad (5.16)$$

Исходя из результатов расчетов максимальных теплопоступлений, которые бывают в теплое время года, был сделан выбор кондиционера. Так как максимальные теплопоступления составляют 4396 Вт, относительно цены-качества был выбран кондиционер Марки ALMACOM настенного типа ELITE - ACH-18-H4-I. Ниже на рисунке 5.4 изображен сам кондиционер, а в таблице 5.7 приведены его характеристики.

Рисунок 5.4 - кондиционер ALMACOM ELITE -ACH-18-H4-I настенного типа

Таблица 5.6 – Технические характеристики кондиционера ALMACOM ELITE-ACH-18-H4-I

Характеристика	Значение
Производитель	Almacom
Назначение кондиционера	Бытовой
Тип кондиционера	Сплит-система
Тип внутреннего блока	Настенный
Режим работы кондиционера	Охлаждение/обогрев
Количество внутренних блоков мультисплит-системы	1
Рекомендуемая площадь помещения	85 (кв.м)
Охлаждающая способность	5450 (BTU/ч)
Мощность обогрева	5800.0 (ватт)
Мощность охлаждения	5100.0 (ватт)
Страна производитель	Китай

В ходе выполнения расчета по технике безопасности, были выполнены основные задачи для обеспечения комфортабельной и безопасной рабочей деятельности сотрудников компании. Проведена идентификация, то есть анализ труда и вредных факторов, влияющих на здоровье пользователей. Выполнены основные требования техники безопасности. Спроектирована модель будущего офиса и проведен технический расчет грамотного освещения и кондиционирования.

Для оптимальной работы сотрудников были выставлены 24 светильника для равномерного освещения помещения.

Для контроля микроклимата в помещении будут функционировать кондиционеры от фирмы ALMACOMELITE в количестве 2 шт.

6 Экономический раздел

6.1 Бизнес-план

В этой части дипломного проекта я создам бизнес-план для устройства, которое я создаю и изучаю, то есть робота, экономически, и сделаю подробные расчеты. Для этого, прежде всего, позвольте мне дать вам краткий обзор общего бизнес-плана. Бизнес-план - это документ, в котором излагаются экономические цели предприятия или предпринимателя и способы их достижения, его цели и методы. Для ведения бизнеса рыночная среда детально изучена. Текущее состояние рыночной среды четко отражается в возможных изменениях и препятствиях, размере выручки от проекта и так далее. Бизнес-план часто создается для получения кредита в банке и обеспечения его погашения. При участии собственника определяется направление стратегического развития предприятия, что определяет эффективность и необходимость проекта. В своем бизнес-плане я планирую создать резюме, описание, маркетинг, финансовый план продукта, рассчитать инвестиционные затраты, затраты, экономическую эффективность, коэффициент экономической активности и срок окупаемости.

6.2 Резюме

В настоящее время существует значительное число областей науки, техники и медицины, где возможности традиционных роботизированных манипуляторов недостаточны. Например, перспективно использование нетрадиционных роботизированных манипуляторов для внутреннего контроля магистральных трубопроводов атомных электростанций. Другим примером является обработка изделий сложной формы (например, штампов, штампов, лопаток турбины и т. Д.), Когда инструмент необходимо перемещать в пяти или шести координатах.

Гексапод является объектом многих научных исследований. Сегодня есть примеры успешных проектов машин, стендов и другого оборудования различного назначения, основанных на механизмах параллельной конструкции.

По сути, в своей дипломной работе я дал краткое объяснение современных шагаюших и других мобильных роботов. Среди них, связанных с этим проектом, моим основным устройством, которое разрабатывается и изучается, является робот - шестиногий шагающий, мобильный гексапод.

На самом деле мы знаем, что в этой жизни нет ничего важнее человеческой жизни. Однако в некоторых случаях, в некоторых районах, мы видим, как люди гибнут в трагедиях. Известно, что подавляющее большинство случаев происходит в неблагоприятных для людей условиях работы и в местах, недоступных для людей, в других средах, которые затрудняют работу людей. Поэтому на этой стадии одним из типов мобильных роботов, предназначенных для спасения человеческой жизни,

заменив его является использование шестиногого шагающего робота - гексапода.

Функции шестиногого шестоногого заключаются в следующем:

- перевозка грузов;
- доступ в недоступные места;
- исследование;
- невидимая передача информации;
- военно-инженерные услуги и др.

6.3 Описание устройства

Мобильный hexapod построен с программным обеспечением, реализованным через одноплатный компьютер Raspberry Pi3 B+. Как следует из названия Hexapod, устройство состоит из шести ножек, предназначенных для воспроизведения движений насекомых. На каждом конце есть два типа сервоприводов MG90S, которые обеспечивают ldt степени свободы и универсальности. Один из них помогает двигать всю ногу вверх и вниз, другой вперед и назад. По сути, гексапод может ходить по этим ногам с помощью ритмичных движений, принимая оптимальные решения не по прямой, а в трудных местах.

Конечно, робот - это устройство, которое не движется само по себе. Для движения нужен источник энергии. То есть должен существовать постоянный ток, который помогает гексаподу двигаться. Мы можем получить его от литий-полимерных аккумуляторов (3,7 В, 2500 мАч). Учитывая количество сервоприводов , устройство оснащено четырьмя батареями, в зависимости от емкости.

Raspberry Pi 3 не очень требовательный к электроэнергии компьютер. Он работает всего от 5 Вольт и 2,5 Ампер. Но пользователю данного микрокомпьютера нужно обязательно следить за тем, чтобы устройство получало достаточно энергии. Иначе оно будет работать медленно или вовсе выйдет из строя.

Для удаленного управления роботом, то есть в моем случае для удаленного управления с помощью мобильного телефона с помощью приложения Android, само подключение к которому будет происходить по беспроводному каналу Wi-Fi, имееющийся на микрокомпьютере. После этого гексаподом будет возможно управлять дистанционно. Чтобы подключить все эти устройства через отдельный микрокомпьютер, нам понадобится комплект проводов.

Также в работе используется камера Raspberry Pi Camera Module V2, для передачи видео в реальном времени, с помощью которого мы будем получать изображение напрямую от нашего робота.

Кроме того, ведутся работы со специальным оборудованием в виде 3D принтера, это самое простое и распространенное устройство для персонального и профессионального использования, работающие по принципу экструзии - принцип послойного создания твёрдого объекта. В

общем, гексапод, который я строю, - это платформа, тело и ноги моего робота распечатаны на 3D принтере, расходным материалом для которого послужила пластиковая нить. Hexapod представляет собой модель робота, части которого соединенны между собой термоклеем и простым клеем.

Ноутбук lenovo E530 используется для реализации программного обеспечения hexapod робота на одноплатном компьютере Raspberry Pi3 B+ .

6.4 Маркетинговый план

Есть много роботов - гексаподов - построенных по всему миру. Они различаются по размеру, оборудованию и функциям. Мой шестиногий робот, гексапод, более эффективен, чем другие. Потому что у моего робота имеется камера для видеонаблюдения. Преимущество этого состоит в том, что это позволяют вам управлять роботом на большом расстоянии, не имея с ним зрительного контакта также возможно иисследовать местность и обстановку.

Такие мобильные шестоногие роботы - гексапода пользуются большим спросом в различных областях благодаря развитию технологий. Исходя из этого, робот-гексапод часто востребован в военных целях.

6.5 Финансовый план

Общая стоимость шестиногого робота, который является моим дипломным проектом, - это стоимость материалов, программного обеспечения, себестоимости, заработной платы, социальных налогов. Я рассчитываю стоимость расходов, стоимость накладных расходов и стоимость амортизации. Одним словом, я рассчитываю общую стоимость. Кроме того, я рассчитываю экономическую эффективность созданного шестиногого шагающего - гексапода. Все эти расчеты являются своего рода методом, который помогает мне определить, эффективен ли мой продукт в производстве или нет. Если он эффективен, необходимо определить, насколько он эффективен. Это означает, сколько времени потребуется продукту, чтобы окупить свои затраты.

6.6 Инвестиционные расходы

Таблица 6.1 - Стоимость необходимого оборудования [21].

Название	Количество, шт	Цена за единицу, тенге	Сумма, тенге
Raspberry Pi3 B+	1	20000	20000
Камера Raspberry Pi Camera Module V2	1	10000	10000
SG 90 сервопривод	12	1500	18000
Корпус на 3D принтере	1	25000	25000
Литий-ионный (Li-ion) аккумулятор аккуммулятор 3.7 В 3000 мАч	2	1800	3600

Продолжение Таблицы 6.1

Дополнительные расходы	5000
Итог	81600

Общие капитальные затраты на строительство мобильного гексапода включают капитальные затраты на оборудование, капитальные затраты на программное обеспечение, капитальные затраты на установку и транспортные расходы. Общие капитальные затраты рассчитываются по формуле (6.1) . [19]

$$\Sigma К = Ктм + Км + Кк, \quad (6.1)$$

где Σ К - общая сумма капитальных вложений;

Kj - капитальные вложения в оборудование;

Км - капитальные затраты на монтажные работы (20% от стоимости оборудования);

Кк - суммарные капитальные затраты на транспортные расходы (5% от стоимости оборудования).

$$Км = 81600 \times 0{,}2 = 16320 \text{ теңге},$$

$$Кк = 81600 \times 0{,}05 = 4080 \text{ теңге},$$

$$\Sigma К = 81600 + 16320 + 4080 = 102000 \text{ теңге}.$$

6.7 Расчет стоимости продукции

Покупная цена устройства - это стоимость устройства, налог на добавленную стоимость (НДС) и доход.

Стоимость продукта определяется по формуле (6.2):

$$С = Фот + Сн + А + М + Э + Пспо + Н, \quad (6.2)$$

где Фот - фонд заработной платы труда (основная и дополнительная заработная плата), тенге;

Сн - социальный налог (9,5% от фонда оплаты труда), тенге;

А - амортизационные отчисления,

тенге; М - материальные затраты, тенге;

Э - затраты электроэнергии на производственные нужды,

тенге;; Н - накладные расходы, тенге;

Размер фонда заработной платы, выплачиваемый работникам, определяется по следующей формуле:

$$Фот = Зосн + Здоп, \quad (6.3)$$

, где Зосн – базовая заработная плата, тенге;

Здоп - дополнительная заработная плата, тенге.

Размер базовой заработной платы зависит от стоимости рабочей силы на человека в день и размера месячной заработной платы. Результаты расчета выполнены по рисунку, приведенному в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Фонд основной заработной платы руководящего работника, участвующего в сборке робота-гексапода

Исполнители (по степени)	Зарплата тенге / месяц	Зарплата Тенге / день	Трудоемкость	Зарплата (тенге)
Разработчик	91000	3500	30	105000

Расчет основного фонда заработной платы руководящего работника основан на дневной заработной плате одного человека, которая основана на методе деления месячной заработной платы на 30 рабочих дней.

Дополнительная заработная плата составляет 10% от базовой заработной платы и определяется по следующей формуле:

$$Здоп = Зосн \cdot Нд / 100 = 105000 \cdot 0,1 = 10500 \text{ (тг)}, \quad (6.4)$$

где Нд - коэффициент дополнительной заработной платы.

Фонд заработной платы, выплачиваемый работникам, равен сумме основной заработной платы Зосн и дополнительной заработной платы Здоп:

$$Фот = Зосн + Здоп = 105000 + 10500 = 115500 \text{ (тг)}.$$

Социальный налог составляет 9,5% от дохода работника и рассчитывается по следующей формуле:

$$Сн = (Фот - ПО) \cdot 9,5\%, \quad (6.5)$$

где ПО - пенсионные отчисления, которые составляют 10% фонда заработной платы и не облагаются социальным налогом:

$$ПО = Фот \cdot 10\%, \quad (6.6)$$

$$ПО = 115500 \cdot 10\% = 11550 \text{(тг)}.$$

Следовательно:

$$Сн = (115500 - 11550) \cdot 9,5\% = 9875,25 \text{ (тг)}.$$

Расходы на материалы и запасные части составляют 0,5% в год от суммы капитальных затрат:

$$М = 0.005 \cdot К, \quad (6.7)$$

$$М= 0.005 \cdot 102000= 510 \text{ (тг)},$$

где м - материалы и детали,

Амортизационные отчисления А определяются по следующей формуле:

$$А=К \cdot Н/100, \quad (6.8)$$

где Н - среднегодовая норма амортизации (20%);
К – сумма капитальных затрат, тенге.

Общая стоимость строительства мобильного гексапода составила 81 600 тенге. Из этой суммы 81600 тенге было потрачено на оборудование. В связи с этим следующим шагом является расчет амортизации:

$$А = (102000 \cdot 20) / 100 = 20400 \text{ (тг)}.$$

Затраты на электроэнергию определяются по следующей формуле:

$$Э = W \cdot Ц \cdot t, \quad (6.9)$$

,где W - мощность оборудования;
С - тариф за 1 кВт / ч электроэнергии, потребляемой в Алматы (17,81 тенге) [19];
t - время работы оборудования на 1 месяц (240 часов).
Мощность 3D принтера W1 - 95 (Вт / час),
Мощность персонального компьютера W2 составляет 630 (Вт / час).
Мощность всего рассчитанного оборудования:

$$W = W1 + W2 = 95 + 630 = 0,725 \text{ (кВт/ч)}. \quad (6.10)$$

Следовательно:

$$Э = 17,81 \cdot 0,725 \cdot 240 = 3099 \text{ (тг)}.$$

В разделе накладных расходов рассчитываются общие бытовые потребности (охрана, отопление, общее освещение). Он равен 40% от общего фонда заработной платы и определяется по следующей формуле:

$$Н = Жнег \cdot Нк, \quad (6.11)$$

где Нк - норматив накладных расходов в организациях,%.

$$Н = 105000 \cdot 0,4 = 42000 \text{ (тг)}.$$

Таким образом, мы рассчитаем стоимость создания мобильного шестиногого робота - гексапода:

$$С = 115500 + 9875,25 + 20400 + 510 + 3099 + 42000 = 261866,25 \text{ (тг)}.$$

Наряду с развитием технологии в таблице 6.3 приведены результаты стоимости создания шестиногого мобильного робота - гексапода, созданного с целью их замены в труднодоступных местах.

Таблица 6.3 - Результаты стоимости создания мобильного гексапода

Раздел затрат	Обозначение	Цена, тенге
Фонд заработной платы	Фот	115500
Социальный налог	Сн	9875,25
Материалы и детали	М	510
Расходы на электроэнергию	Э	3099
Накладные расходы	Н	42000
Амортизационные отчисления	А	20400
Итог	191384,25	

На рисунке 6.1 показана схема стоимости сборки мобильного гексапода. Из этой диаграммы видно, что большая часть расходов пошла на фонд оплаты труда.

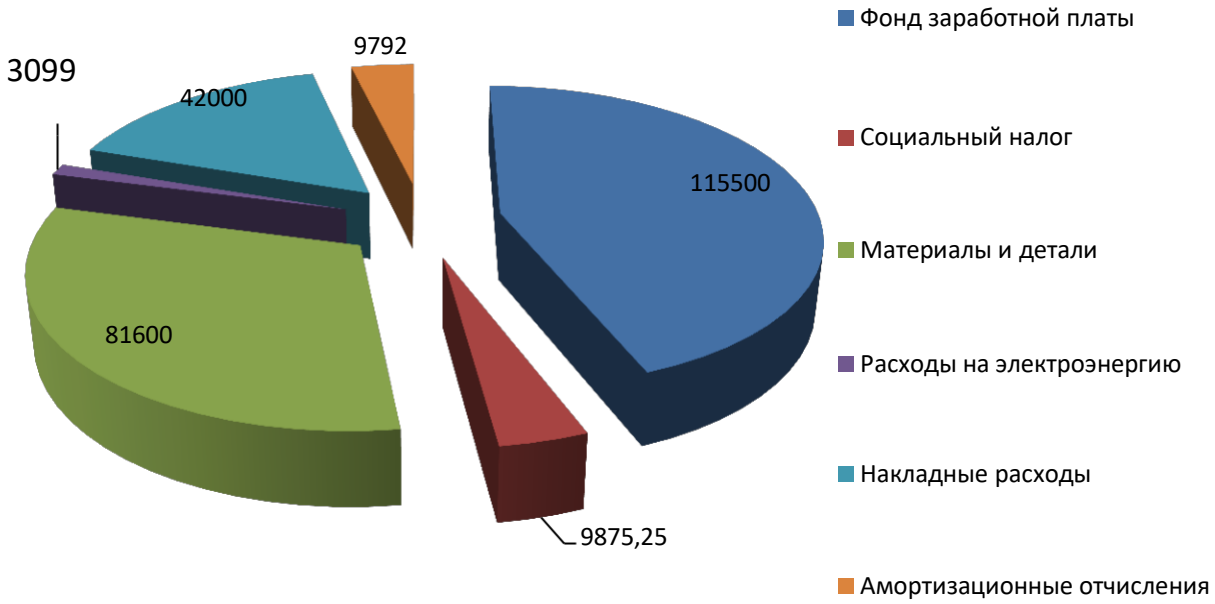

Рисунок 6.1 - Диаграмма затрат

Определим себестоимость продукта

$$Сп=С+К,$$

$$Сп= 293384,25 \text{ (тг)}.$$

Определим стоимость с наценкой (рентабельность). То есть уровень рентабельности (наценка) для телекоммуникационной отрасли колеблется от 20% до 40%.

$$Цн = (С+К(1+Р / 100), \quad (6.11)$$

где Р - выход (20% - 40%);
Цн – стоимость с наценкой.

Следовательно:

$$Цн = (191384,25+102000) \cdot (1 + 20 / 100) = 352061,1 \text{ (тг)}.$$

Далее стоимость продаж рассчитывается с учетом НДС.

$$Цп = Цн + НДС. \quad (6.12)$$

Поскольку налог на добавленную стоимость составляет 12% (2020) [20]:

$$Цп = 352061,1 \cdot 1,12 = 394308,43 \text{ (тг)}.$$

Рассчитаем доход от продажи товаров по формуле (6.13):

$$Кт=Nк \cdot Цт, \quad (6.13)$$

где Nк - количество проданных инструментов (1 единица);
Цт - цена товара.

Следовательно, доход от продажи 1 единицы товара равен следующей стоимости:

$$Кт = 1 \cdot 394308,43 = 394308,43 \text{ (тг)}.$$

Согласно плану, количество проданных единиц составляет 1 единицу.

Чистая прибыль – это разность доходов и расходов:

$$Чп = Кт-(С+К),$$

$$Чп= 394308,43-293384,25=100924,18 \text{ (тг)}.$$

Коэффициент экономической эффективности рассчитывается по формуле:

$$E=ЧП/К,$$

$$E=100924,18/102000 = 0,99\%.$$

Срок окупаемости рассчитываем по формуле:

$$T=1/E,$$

$$T=1/0,99=1 \text{ (год)}.$$

6.8 Расчет социальной эффективности

Также я привел пример его социальной эффективности. Как упоминалось выше, в мире существует множество роботов - гексаподов. Они различаются по размеру, оборудованию и функциям. Мой шестиногий робот, гексапод, более эффективен, чем другие. Потому что у моего робота имеется камера видеонаблюдения, в дополнение к шести ходячим ногам. Преимущество наличия видеокамеры в том, что она позволяют вам получать изображение напрямую с места событий. Для сравнения рассмотрим американский робот Lynxmotion T-Hex 4DOF Hexapod Robot Kit. Хотя этот шестиногий шагающий робот стоит дороже, а его оборудование дороже, его функции и действия такие же, как у созданного мною робота. Кроме того, у созданного мною робота нет запасных колес, подобных гексаподу, за исключением шести ножек для ходьбы по гексаподу. Имея это в виду, я хотел бы сказать, что рыночная стоимость комплекта робота Lynxmotion T-Hex 4DOF Hexapod составляет $ 1410. [21] Это означает, что по текущему обменному курсу ($ 1 = 414,20 [23]) это составляет 583740 тенге. А для создания моего робота, для его полного легального производства, моя стоимость производства составляет около 394308,43 тенге. То есть стоимость изготовленного мною робота-гексапода на 150-200 тысяч дешевле, чем стоимость чужого робота-гексапода. Главное, что этот робот станет одним из первых гексапотов, сделанных в Казахстане. Поэтому еще одно доказательство того, что мой робот более эффективен, это то, что это отечественный продукт.

Кроме того, шестнадцатеричный робот используется для перемещения людей из зоны досягаемости, включая мины, внутри труб и для спасения жизни человека. Такой робот - гексапод - часто востребован в военных целях.

Вывод

В данной дипломной работе был изучен, спроектирован и разработан мобильный робот для видеосъемки местности. Поскольку основной темой этого дипломного проекта является создание и изучение мобильного робота гексапода, в первой части проекта были проведены исследования мобильных, пошаговых роботов и их типов, которые были разработаны до сих пор. Вторая часть проекта описывает структуру шестиногого шагающего гексапода и принцип движения его ног. В третьей части проекта в программе SolidWorks была создана трехмерная модель конструкций, оборудования и самого робота. В четвертой части дипломного проекта показаны методы соединения конструкций гексапода, оборудования с программным обеспечением, создания для них принципиальных схем. Программное обеспечение для шестиногого шагающего робота гексапода основано на микроконтроллере Raspberry Pi 3 Model B+.

В пятой части дипломного проекта, то есть в отделе безопасности жизнедеятельности, было освоено использование люминесцентных ламп серии PRSR-236 для искусственного освещения рабочего места. При естественном освещении рассчитаны площадь каждого окна, оказалось что 3 окон достаточно для естественного освещения назначенного рабочего места. И при расчете искусственного освещения я понял, что 24 светильника PRSR-236 достаточно для рабочего места.

В последней, шестой части проекта, то есть в экономической части, был создал экономический бизнес-план для этого устройства и проведены подробные расчеты. Также было создано резюме продукта, описание, маркетинговый план, финансовый план, рассчитаны инвестиционные затраты, стоимость и экономическая эффективность проекта.Исходя из данных, внедрение разработанной системы будет иметь значительный экономический эффект и принесет выгоду как производителю так и потребителю.

Список литературы

1 Спыну Г. А. Промышленные роботы: конструирование и применение. — Киев: Вища школа, 1985. — 176 с.

2 Шахинпур М. Курс робототехники / Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 527 с. — ISBN 5-03-001375-X.

3 Springer Handbook of Automation / Ed. by S. Y. Nof. — Berlin: Springer Verlag, 2009. — lxxv + 1812 p. — ISBN 978-3-540-78830-0. — P. 450.

4 Angelo J. A. Robotics: A Reference Guide to the New Technology. — Westport, Conn.: Greenwood Press, 2007. — xiv + 417 p. — ISBN 1-57356-337-4. — P. 40.

5 Handbook of Industrial Robotics. 2nd ed / Ed. by S. Y. Nof. — New York: John Wiley & Sons, 1999. — 1378 p. — ISBN 978-0-471-17783-8. — P. 3—5.

6 Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - СПб.: Профессия, 2003.

7 Яцун, С. Ф. Аналого - цифровые системы автоматического управления [Текст]: уч. пос. / С. Ф. Яцун, Т.В. Галицына. - Курск: ИПО КГТУ, 2006.

8 Олссон, Г. Цифровые системы автоматизации и управления [Текст] / Г. Олссон, Пиани Д. - СПб.: Невский Диалект, 2001.

9 Егоров, О. Д. Мехатронные модули. Расчет и конструирование [Текст]: уч.пос. / О. Д. Егоров, Ю. В. - М.: ИЦ МГТУ "СТАНКИН", 2004.

10 Красковский Е.Я., Дружинин Ю.А., Филатова Е.М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов / Под ред. Ю.А. Дружинина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1991.

11 Самсонов В.А., Жихарев Д.Н., Лавровский Э.К., Павловский В.Е. Экспериментальное иссле- дование перемещений насекомых по поверхности. // В сб. Бионика-1973, Тр. IV Всес. конф. по бионике, т. VI. М.: АН СССР, 1973, 35с.

12 Охоцимский Д.Е. Алгоритмы управления шагающим аппаратом, способным преодолевать препятствия //Известия АН СССР, Техническая кибернетика, 1973, №5, с.3-10.

13 Брискин, Е.С., Динамика шагающих машин с движителями на базе цикловых механизмов при ослабленной гравитации/ БрискинЕ.С., ЧернышевВ.В.// Проблемы машиностроения и надежности машин. РАН. 2006. №1. С.15-20.

14 Павловский В.Е., Панченко А.В. Модели и алгоритм управления движением малого шести- ногого робота. // Мехатроника. Автоматизация. Управление. №11, 2012 г. с.23-28.

15 Ж.С.Абдимуратов, С.Е.Мананбаева. Безопасность жизнедея- тельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат. – Алматы: АИЭС, 2009.

16 СНиП РК 2.04-05.2002 Естественное и искусственное освещение. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства.

17 Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учеб. пособие для вузов/ А.Г. Ветошкин.- М.: Высш. шк., 2008.- 639 с.

19. Г.Ш. Боканова. Методические указания к выполнению экономической части дипломных работ для студентов специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникаций. – Алматы: АУЭС, 2020 – 26 с. [дата обращения – 20.04.2020]

20. Robotshop //www.robotshop.com/en/lynxmotion-t-hex-4dof-hexapod-robot-kit-no-electronics.html [дата обращения – 20.04.2020]

21. AliExpress // [https://aliexpress.ru/] / «StutuShop» [дата обращения – 20.04.2020]

22. АлматыЭнергоСбыт // [https://esalmaty.kz/ru/?region=almaty] / «Тарифы для юридических лиц» [дата обращения – 20.04.2020]

23. https://kurs.kz/

24 Еркешева З.Д., Боканова Г.Ш.. Дипломнаяя работа бакалавров. Экономический раздел. – Алматы: АУЭС, 2014. - 40 с.

25 Чернышев, В.В.. Методы расчета и проектирования шагающих движителей циклового ти- па мобильных робототехнических систем: диссертация ... д.т.н: 05.02.05 / Чернышев Ва- дим Викторович; [Место защиты: С.-Петерб. политехн. ун-т].- Волгоград, 2008.- 357с.

26 Концепция проектирования, динамика и управление движением шагающих машин. Ч.2. Ди- намика движения шагающих машин серии «Восьминог» / Брискин Е.С., Чернышев В.В. и др. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №6. С.19-26.

27 Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Алексеева JI.A. Управление динамической моделью шагаю- щего аппарата. // Препринты ИПМ АН СССР, 1974, № 2. 56с.

28 Chàvez-Clemente, D. Gait Optimization for Multi-legged Walking Robots, with Application to a Lunar Hexapod. Ph.D. Thesis, Stanford University, California, CA, USA, 2011.

29 Carbone, G.; Ceccarelli, M. Legged robotic systems. In Cutting Edge Robotics; Kordic, V., Lazinica, A., Merdan, M., Eds.; InTech: Vienna, Austria, 2005; pp. 553–576.

30 Медведь В.В., Платонов А.К. Система для сравнения кинематических и динамических ха- рактеристик двух конструкций ноги шестиногого шагающего робота. // Препринты ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, 1995, № 12.

31 Курсовая устойчивость шагающей машины «Восьминог»/ Брис- кин Е.С., Шурыгин В.А., Жога В.В., Чернышев В.В. и др. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2006. №1–3, Т.4. С.56–58.