

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт новых материалов и технологий

Кафедра электронного машиностроения

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Зав. кафедрой _____

И.Н. Тихонов

«_____» _____ 2020 г.

**Разработка конструкции головной части и программного
обеспечения зрения робота для спасательных работ**

Выпускная квалификационная работа

Пояснительная записка

М5520 11 460717 000 000 ПЗ

Руководитель
доцент, к.ф.-м.н.

В.А. Пухов

Нормоконтролер
доцент, к. т. н.

В.В. Алыбин

Студент
гр. НМТ-460717

Д.Н. Просеков

Екатеринбург 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт Новых материалов и технологий
Кафедра/Департамент электронного машиностроения
Направление (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Образовательная программа Мехатроника и робототехника

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ И.Н. Тихонов
(подпись) (Ф.И.О.)

«_____» _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студента Просекова Данилы Николаевича группы НМТ-460717
(фамилия, имя, отчество)

1 Тема ВКР «Разработка конструкции головной части и программного обеспечения зрения робота для спасательных работ»

Утверждена распоряжением по институту от «___» _____ 201__ г. № _____

2 Руководитель Пухов Владимир Александрович, доцент, кандидат технических наук
(Ф.И.О., должность, ученое звание, ученая степень)

3 Исходные данные к работе: наработки в сфере исследования машинного зрения, нейросетей.

4 Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

1 конструкция головной части робота для спасательных работ и кинематика ее движения;

2 программа, выполненная с использованием методов машинного обучения, позволяющая определять наличие людей на изображении в реальном времени.

5 Перечень демонстрационных материалов: пояснительная записка, презентация, программа, распечатанная 3D-модель головной части.

6 Календарный план

Наименование этапов выполнения работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Патентно-технологический (или литературный) поиск	01.02.2020- -14.02.2020	
Анализ аналогов и прототипов	14.02.2020- -29.02.2020	
Разработка конструктивной части ВКР	01.03.2020- -30.03.2020	
Разработка кинематической части ВКР	01.04.2020- -14.04.2020	
Разработка программной части ВКР	15.04.2020- -10.05.2020	
Оформление ВКР и презентации	11.05.2020- -20.05.2020	

Руководитель _____
(подпись)

Пухов Владимир Александрович
Ф.И.О.

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

8 Выпускная квалификационная работа закончена « ____ » _____ 20 ____ г.

Пояснительная записка и все материалы просмотрены

Считаю возможным допустить _____

к защите его выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии.

Руководитель _____

9 Допустить _____ к защите выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры № _____ от « ____ » _____ 201 ____ г.)

Зав. кафедрой/

Директор департамента (института) _____
(подпись)

_____ Ф.И.О.

Отчет о проверке на наличие заимствований от 27.06.2020

Имя файла: ПЗ-НМТ-460717-ПросековД.Н..docx

Автор: Просеков Данила Николаевич

Заглавие: Просеков_ПЗ

Год публикации: 2020

Комментарий: *Не указан*

Проверяющий: Просеков Данила Николаевич

Коллекции: -

Результат проверки

Оценка оригинальности документа: **81%**

Оригинальные фрагменты: 80,61%

Обнаруженные заимствования: 6,52%

Цитирование: 12,87%

81%

7%

13%

Источники заимствований

№	Совпадение, %	Название	Ссылка	Авторы	Год публикации	Коллекция источника
1	10,6 %	№3	https://lib.rucont.ru/efd/557825/info	-	2017	Интернет 2.0
2	9,6 %	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПЯТИЗВЕННОГО ПОЛЗАЮЩЕГО РОБОТА С УПРАВЛЯЕМЫМ ТРЕНИЕМ ПО ПОВЕРХНОСТИ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ	https://elibrary.ru/item.asp?id=29369832	Ворочаева Л.Ю., Яцун А.С., Яцун С.Ф.	2017	Интернет 2.0
3	1,8 %		https://patents.google.com/patent/RU67541U1/ru	-	-	Интернет 2.0
4	1,5 %		https://www.irk.ru/news/20121229/robot-bot/	-	2012	Интернет 2.0
5	1,3 %		https://docplayer.ru/28335796-Principy-postroeniya-i-klassifikaciya-shassi-mobilnyh-robotov-nazemnogo-primeneniya-i-planetohodov-mobile-robot-s-and-planet-rover-s-chassis.html	-	-	Интернет 2.0

6	1,3 %	Принципы построения и классификация шасси мобильных роботов наземного применения и планетоходов	https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-postroeniya-i-klassifikatsiya-shassi-mobilnyh-robotov-nazemnogo-primeneniya-i-planetohodov	Васильев Андрей Викторович	-	+
7	1,3 %		https://www.eco-r.eu/2012/12/blog-post_29.html	-	-	Интернет 2.0
8	1,3 %	РЕАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ АВТОНОМНОГО МОБИЛЬНОГО ЗМЕЕПОДОБНОГО РОБОТА?	https://elibrary.ru/item.asp?id=26606267	Алейников А.Ю., Афонин А.Н., Гладышев А.Р., Новосельцев А.Д.	2015	Интернет 2.0
9	1,3 %	Динамика управляемого движения мобильного ползающего робота с изменяемой формой корпуса	https://dlib.rsl.ru/01005481409	Яцун, Андрей Сергеевич	2012	Интернет 2.0
10	1,1 %	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗМЕЕПОДОБНОГО РОБОТА ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ	https://elibrary.ru/item.asp?id=26223320	Алейников А.Ю., Афонин А.Н., Гладышев А.Р.	2016	Интернет 2.0
11	0,7 %	Исследование поведения змееподобного робота для инспекции трубопроводов в условиях отказа звеньев	https://elibrary.ru/item.asp?id=35511645	Алейников А.Ю., Афонин А.Н.	2018	Интернет 2.0
12	0,7 %	№1	https://lib.rucont.ru/efd/665443/info	-	2018	Интернет 2.0
13	0,7 %	Динамика мобильного вибрационного робота с поступательным движением внутренней массы	https://dlib.rsl.ru/01003482971	Безмен, Петр Анатольевич	2009	Интернет 2.0
14	0,7 %	Динамика мобильного вибрационного робота с поступательным движением внутренней массы	https://dlib.rsl.ru/01004641509	Безмен, Петр Анатольевич	2009	Интернет 2.0
15	0,5 %		https://github.com/stankin/inet-2019/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D1%82-27	-	2020	Интернет 2.0
16	0,5 %		https://www.linux.org.ru/news/development/15654691/page2	-	2020	Интернет 2.0

АННОТАЦИЯ

Просеков Д.Н. Разработка конструкции головной части и программного обеспечения зрения робота для спасательных работ. Выпускная квалификационная работа. Бакалавриат по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника». УрФУ, кафедра электронного машиностроения, 2020.

Ключевые слова: спасательный робот, поисково-спасательные работы, автоматизация, машинное зрение, программирование.

Актуальность выполненной работы обусловлена необходимостью автоматизации поисково-спасательных работ в условиях плохой видимости, а также отсутствием на отечественном рынке предложений устройств по выполнению автономных поисково-спасательных операций в помещениях.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка программного обеспечения робота для поиска людей в условиях плохой видимости и конструкции головной части.

Основные результаты проекта обладают новизной и заключаются в следующем:

1. Разработана программа обнаружения человека в условиях плохой видимости;
2. Разработана конструкция головной части спасательного робота;
3. Выбрано шасси для спасательного робота.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ СПАСАТЕЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	6
2. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ВАРИАНТОВ И ВЫБОР ШАССИ	13
2.1 Классификация шасси	15
2.2 Обзор сочлененных (змееподобных) шасси	17
2.3 Обзор колесных и гусеничных шасси	28
2.4 Выбор шасси	30
3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	33
3.1 Выбор аппаратного обеспечения	33
3.2 Выбор программного обеспечения.....	35
3.3 Разработка и тестирование программы определения лиц в анфас .	35
3.4 Движения робота	41
3.5 Конструкция головной части	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	47
ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТА ЗА ВРЕМЯ УЧЕБЫ	50
Перечень графический материалов.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Робототехника, как явление, с начала своего появления вошла в жизнь людей в первую очередь как средство автоматизации процессов. Наибольшим изменениям подверглась сфера производства, где монотонную и однообразную, а зачастую и опасную или вредную работу вместо человека начали выполнять роботы.

Разработка же роботов для спасательных работ связана с рядом не только этических, но и технологических сложностей. В первую очередь это вопросы автономности и самостоятельности роботов, т.к. искусственный интеллект хоть и развивается быстрыми темпами во многом благодаря нейросетям и машинному обучению, но не способен подстроиться под каждую конкретную ситуацию. Помимо этого, возникает вопрос перемещения робота в условиях ЧС, где необходима не только высокая проходимость, но и зачастую небольшая масса, способность видеть большое пространство вокруг себя, возможность преодолевать различные естественные и искусственные препятствия, что требует высокого уровня конструктивной составляющей.

Но, несмотря на все сложности, возложения части спасательных и поисковых работ на роботов не только убережет жизнь и здоровье спасателям, но поможет быстрее и эффективнее выполнять поставленные перед ними задачи, что позволит спасти жизнь и здоровье большему числу людей, пострадавших в той или иной степени в результате чрезвычайных происшествий.

Приведенные выше факторы в совокупности определяют актуальность выбранной темы представленной работы. Цель выпускной квалификационной работы: спроектировать головную часть спасательного робота, предназначенное для поиска и обнаружения людей, и программное обеспечение его зрения.

Задачи работы:

1. Проанализировать существующие и разрабатываемые спасательные робототехнические системы.
2. Рассмотреть существующие и разрабатываемые шасси для спасательного робота.
3. Выбрать среди существующих вариантов шасси подходящий нашему проекту вариант.
4. Выбрать аппаратное обеспечение поиска и определения людей.
5. Выбрать программное обеспечение поиска и определения людей.
6. Разработать и протестировать программу определения лица людей в анфас.
7. По результатам тестов разработанной программы разработать алгоритм движения робота, определив способы локализации робота на местности.
8. Разработать конструкцию головной части спасательного робота.

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ И РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ СПАСАТЕЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Научные изыскания в данной сфере ведутся не первое десятилетие и имеют примеры удачных проектных решений, отсюда следует необходимость обзора разработанных и разрабатываемых спасательных робототехнических систем.

Наиболее ярким представителем является Atlas, разрабатываемый компанией Boston Dynamics при финансировании агентства DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Робот имеет высоту 1,8 м, вес робота 150 кг, движения робота обеспечивают 28 приводов, создан на подобии человеческого тела, имеет руки, ноги и голову, оснащенную вращающимся лидарным сканером и стереокамерой, проводами для подключения к внешнему источнику питания и шлангами для подачи жидкости (Рисунок 1.1). Общественности был представлен в 2013 году.

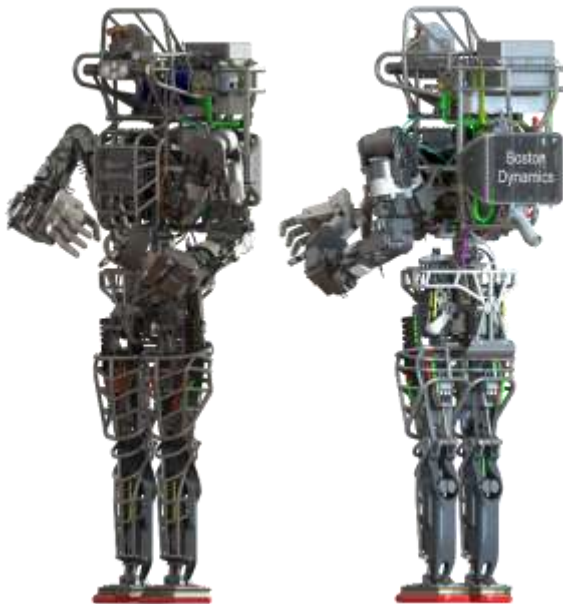


Рисунок 1.1 – Робот Atlas

Предназначен Atlas для обеспечения помощи аварийно-спасательным службам в поисково-спасательных операциях. Помимо этого, робот создается в целях выполнения следующих задач: открытие дверей, эксплуатация

оборудования, отключение систем блокирования клапанов безопасности, перемещение грузов в условиях опасных или вредных для людей.

Atlas имеет возможность передвигаться по неоднородной поверхности и самостоятельно преодолевать препятствия, используя конечности. В 2015 году была представлена обновленная версия робота, она имела рост 188 см и вес 156,5 кг, измененный на 75% дизайн (Рисунок 1.2), в котором использовались более легкие материалы, что позволило встроить тяжелую аккумуляторную батарею и новую насосную систему. Теперь робот, имея литий-ионным аккумулятором 3,7 кВт, способен передвигаться, не полагаясь на трос с проводами, в течении одного часа выполняя задачи смешанного типа, такие как ходьба, использование инструмента и т.д. Управление насосом переменного давления позволяет увеличить КПД гидравлических приводов.

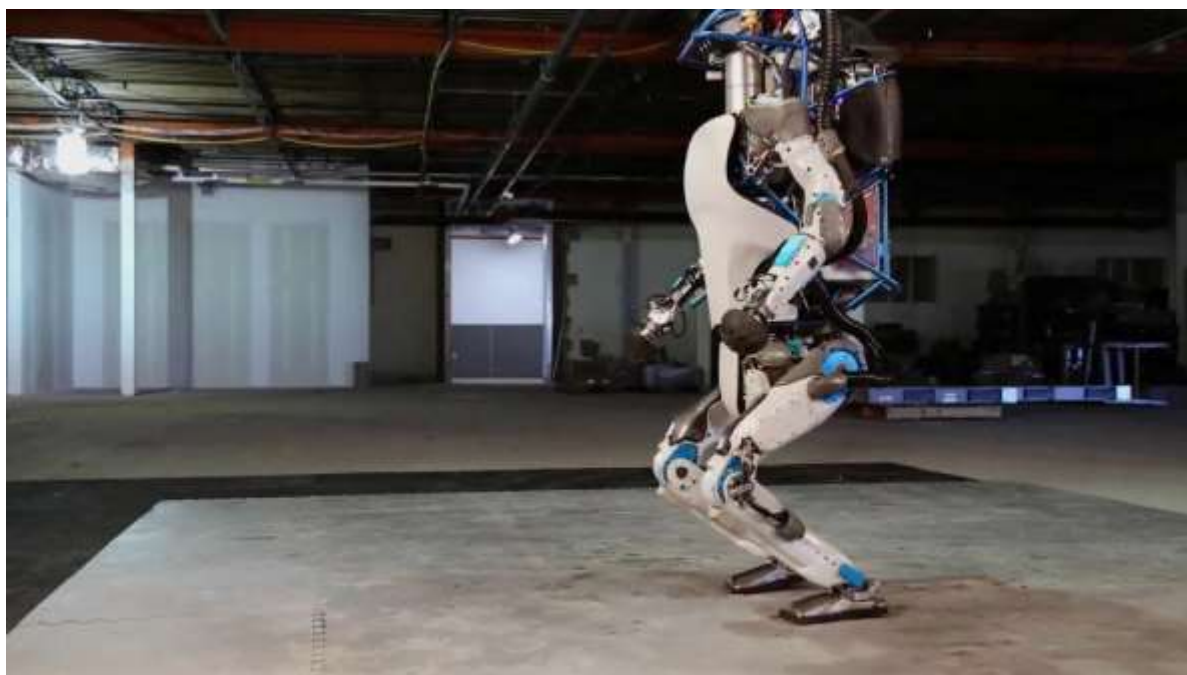


Рисунок 1.2 – Испытания робота Atlas, 2015 год

Помимо этого изменения коснулись положения рук, увеличив пространство для работы и возможность видеть руки при движении, предплечий, который были оснащены электрическими приводами, что увеличило ловкость и силу, новый насос уменьшил уровень шума при

движении, добавлена дополнительная степень свободы запястий, из-за чего робот обрел возможность открывания вращающихся дверных ручек. [15]

Интерес представляет для нас также робот-санитар BEAR (Battlefield Extraction-Assist Robot), разработанный компанией Vecna Technologies Cambridge Research Laboratory и предназначенный для выполнения спасательных работ во время боевых действий и чрезвычайных ситуаций.

Рост робота BEAR 1,8 м, за счет гидравлического привода максимальная грузоподъемность равна 270 кг. Система двигателей и гироскопов под управлением компьютера позволяет держать равновесие и удерживать груз. Гусеничные движители оснащены электрическим приводом, аккумуляторная батарея обеспечивает работу в течение одного часа. Первая модель представлена в 2004 году (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Робот-санитар BEAR

Управление реализовано дистанционно, посредством команд оператора. Робот способен выполнять многомодальные команды, если он по какой-то причине не может выполнить команду, то оператор получает запрос о помощи. Доступно также управление при помощи перчатки iGlove, разработанной компанией AnthroTronix и позволяющей управлять роботом с помощью

простых жестов. Аппарат имеет возможность быть прикрепленным к автоматическому карабину М4, стоящем на вооружении армии США.

Робот оснащен приборами ночного видения, оптическими камерами, микрофоном. Руки способны ломать деревянные препятствия (Рисунок 1.4), и нести объекты массой до 270кг, но достаточно точные и способны держать куриное яйцо, не разбивая скорлупы. Робот способен сохранять равновесие даже неся тяжелые предметы за счет технологии динамического балансирования.



Рисунок 1.4 – Робот-санитар BEAR разрушает тестовое препятствие

Основной задачей BEAR является поиск, обнаружение и эвакуация раненого человека из опасной зоны в место, где человек-медик уже может оценить степень ранения и принять необходимые меры, не подвергая свою жизнь и здоровье риску (Рисунок 1.5). Кроме того, робот способен выполнять логистические функции, проводить разведывательные операции, расчищать места завалов. Данные задачи робот может выполнять в мирное и военное время, применение робота возможно и в коммерческих целях.



Рисунок 1.5 – Робот-санитар BEAR демонстрирует эвакуацию манекена морского пехотинца США

Габариты и оборудование робота позволяют перемещаться внутри помещений, проходить через двери и подниматься по лестницам, а также быть транспортирован на оборудованном для этих целей гражданском и военном транспорте (Рисунок 1.6) [16].



Рисунок 1.6 – Робот-санитар BEAR транспортируется на гражданском джипе

Нельзя обойти вниманием разработанный студентами НИ ИрГТУ на базе конструкторского бюро «Импульс» в рамках Второго международного молодежного промышленного форума «Инженеры будущего-2012» модель робота «Перевертыш» (Рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Модель робота «Перевертыш»

В задачи робота входит поиск и транспортировка людей, получивших увечья в результате природных или техногенных катастроф, тушение пожаров, дистанционная диагностика параметров места ЧС. Его главная особенность в том, что для него нет строгого положения «верх» и «низ», в условиях завалов при ЧС он может перевернуться, но и в этом положении готов выполнять свои функции. Как сообщил руководитель проекта, доцент кафедры строительных, дорожных и гидравлических систем Александр Беляев, робот способен перемещаться со скоростью 12 километров в час в любом положении и выполнять разведку местности. Его грузоподъемность составит 100 килограммов.

Команда СКБ «Импульс» НИ ИрГТУ с роботом «Перевертыш» заняла 2 место в показательных выступлениях на чемпионате «Роботех-38».

По расчетам создателей, стоимость разработки должна была быть на 40% ниже аналоговых устройств. Это должно было стать возможным благодаря использованию в качестве основного материала оргстекла.

На развитие проекта разработчики получили 40 тысяч рублей по программе развития деятельности студенческих объединений в вузе. После завершения Игорем Рекуновым учебного процесса, проект не получил развития, последние упоминания о нем датируются 2014 годом. По словам создателя, в наибольшую роль сыграло отсутствие финансирования. [3]

Стоит учесть и менее известные проекты, такие как ICARUS, предлагающий несколько новых решений в сфере робототехнических наземных транспортных средств для поисково-спасательных операций, и SHIMP (CMU Highly Intelligent Mobile Platform), выполненный в гуманоидном форм-факторе, и робот HUBO, человекоподобный робот с открытой платформой. [2]

2 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ВАРИАНТОВ И ВЫБОР ШАССИ

2.1 Классификация шасси

Способ перемещения робота имеет немаловажное значение, именно от него зависит то, в каких сферах сможет применяться робототехническое средство, какие функции выполнять, каким оборудованием оснащено.

Способы передвижения роботов характеризуются большим разнообразием. Основой всегда является шасси, т.е. совокупность частей, обеспечивающих передачу механической энергии от двигателей к активным элементам движителя – колесам, шкивам, звездочкам, механизмам шагания и т. д., – объединенных вместе с приводами в функциональную конструктивную подсистему.

На рисунке 2.1 в схематичной форме приведены результаты анализа принципов построения шасси с точки зрения повышения их адаптационных способностей. [4]

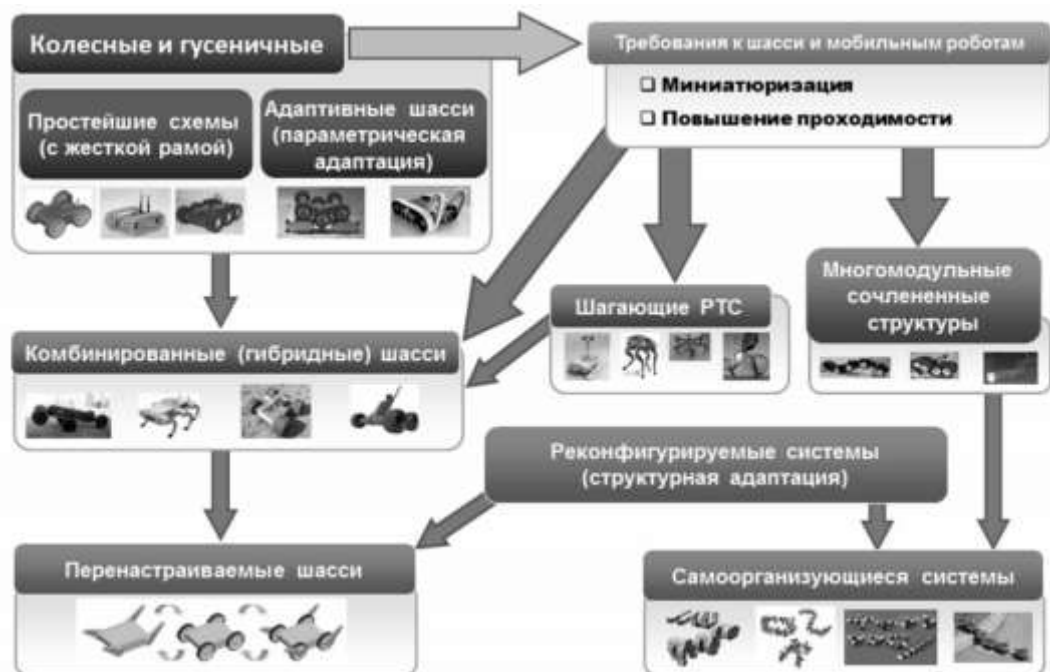


Рисунок 2.1 – Принцип построения шасси

Таким образом, как и для транспортных машин, шасси роботов первоначально делятся на классы, характеризуемые выбранным принципом

передвижения. В рамках данной классификации предлагаются следующие классы шасси:

1. Колесные;
2. Гусеничные;
3. Шагающие;
4. Гибридные (комбинированные);
5. Сочлененные.

К гибриднему классу относятся механизмы, имеющие в своем составе признаки нескольких классов одновременно (гусенично-рычажные, колесногусеничные, и т. д.). В данных схемах основную роль играет не тип примененного основного движителя, а конструктивная составляющая адаптационных механизмов шасси. К примеру, в шасси радиоуправляемого робота SandFlea («Песчаная блоха») массой 5 кг (Рисунок 2.2).

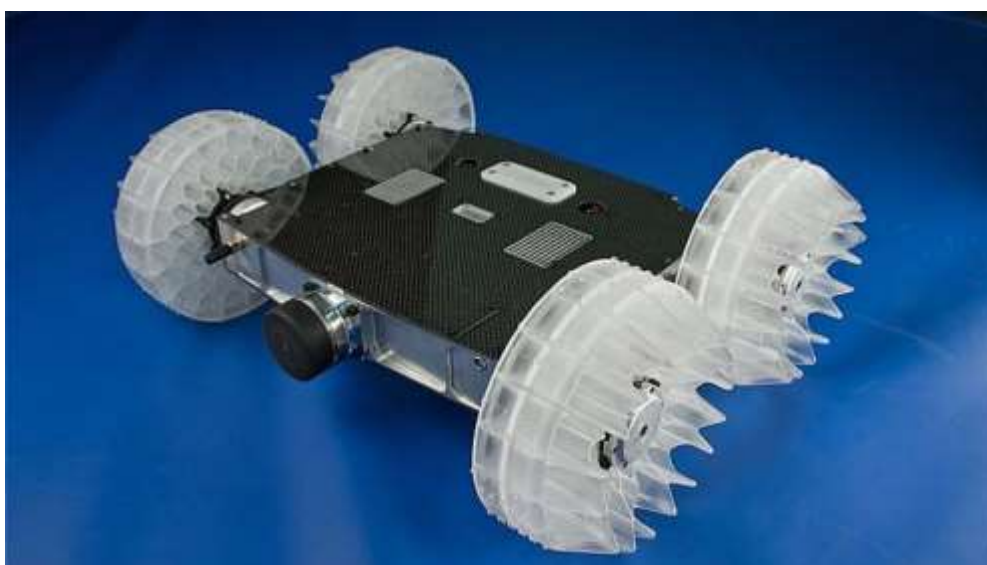


Рисунок 2.2 – Робот SandFlea

Для прохождения объемных препятствий предусмотрен адаптационный механизм, состоящий из рычагов для наклона корпуса и специального привода поршневого типа, способного мгновенно вытолкнуть робота в необходимом направлении, обеспечивая высоту прыжка до 9 метров (Рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 –SandFlea во время подготовки и совершения прыжка

В качестве базы в данной системе предусмотрено простое четырехколесное шасси. Преобладающую роль роботу занимает примененный адаптационный механизм, а не тип движителя. Следовательно, данную систему будет целесообразно отнести к классу гибридных шасси с колесным типом движителя. [17]

В нашем проекте наиболее применимыми по доступности и функционалу именно колесные, гусеничные и сочлененные (змееподобные) типы шасси.

2.2 Обзор сочлененных (змееподобных) шасси

Существует небольшое число исследований в сфере создания змееподобных роботов, которые используют для перемещения по поверхности и в водной среде волновые движения. «Востребованность таких устройств, в первую очередь, обусловлено их потенциальной адаптивностью к поверхностям и среде перемещения, а также сложной структуре окружения».

Афонин А.Н. проводит исследование кинематики змееподобного робота в имитационном программном комплексе. Основной задачей исследования является разработка рационального подхода к синтезу конструкции змееподобного робота, использующего искусственные локомоционные моды движения. В качестве действующего макета змееподобного робота,

рассмотрена механическая конструкция, состоящая из 5 бесколесных модулей, соединенных одно степенными шарнирами вращения с чередующимися ортогональными осями (для реализации пространственных локомоционных мод), для каждой из плоскостей изгиба (Рисунок 2.4. а). 3D модель змееподобного устройства, спроектированная в программе имитационного моделирования, изображена на рисунке 2.4. б.



Рисунок 2.4 – Объекты исследования. а – макет змееподобного устройства, б – 3D модель

В ходе исследования была синтезирована новая двухмерная искусственная локомоционная мода движения, а также найдены технические требования к конструкции узлов змееподобного робота [1].

В работе «Реализация конструкции автономного мобильного змееподобного робота» [7] рассматривается робот, созданный на основе механической конструкции, имеющей 11 одинаковых звеньев с двумя перпендикулярно закрепленными сервоприводами (серводвигателями с редуктором) в каждом, голову и хвост (Рисунок 2.5). Радиальное перемещение звеньев друг относительно друга осуществляется посредством пары сервоприводов, расположенных перпендикулярно относительно друг друга в каждом звене.

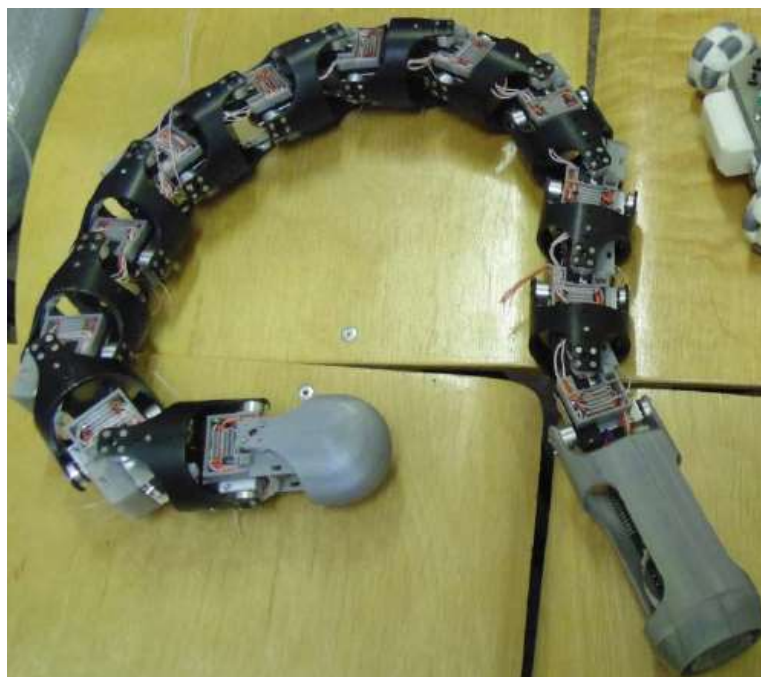


Рисунок 2.5 – Змееподобный робот

Для реализации змееподобного движения была реализована модель бегущей волны с настраиваемыми параметрами. Для обеспечения передвижения робота, с помощью компьютерного моделирования в ведущем звене была реализована зависимость, определяющая змеиный изгиб. С целью обеспечения устойчивости робота во время передвижения, по горизонтальной плоскости был реализован статический синус-подобный изгиб. Для управления движением робота разработано специальное программное обеспечение.

У представленных роботов есть необходимые свойства для работы в условиях трудной проходимости, таких как завалов, благодаря их возможности перемещаться во всех плоскостях и большому числу модулей, которые позволяют перемещаться по сложной траектории. Но их зависимость от постоянного подключения к источнику питания и системе управления накладывает ограничения к их использованию.

«Исследование движения двухсекционного ползающего робота с изменяемой формой корпуса» [12] представляет нашему вниманию робота с червеподобным принципом движения, основанным на периодическом

поступательном движении одного звена относительно другого. На рисунке показано такое движение: на первой фазе левое звено с помощью контактных площадок остается неподвижным (Рисунок 2.6), а правое перемещается благодаря движению механизма, во второй фазе правое звено прикрепляется к поверхности и левое звено подтягивается к нему. Таким образом, корпус робота периодически сокращается и осуществляется движение. Но есть важный недостаток червеподобного движения: оно может успешно применяться только для движения по ровной поверхности, и невозможно в случае наличия препятствий на пути движения, изгибов трубы или изменения ее диаметра.

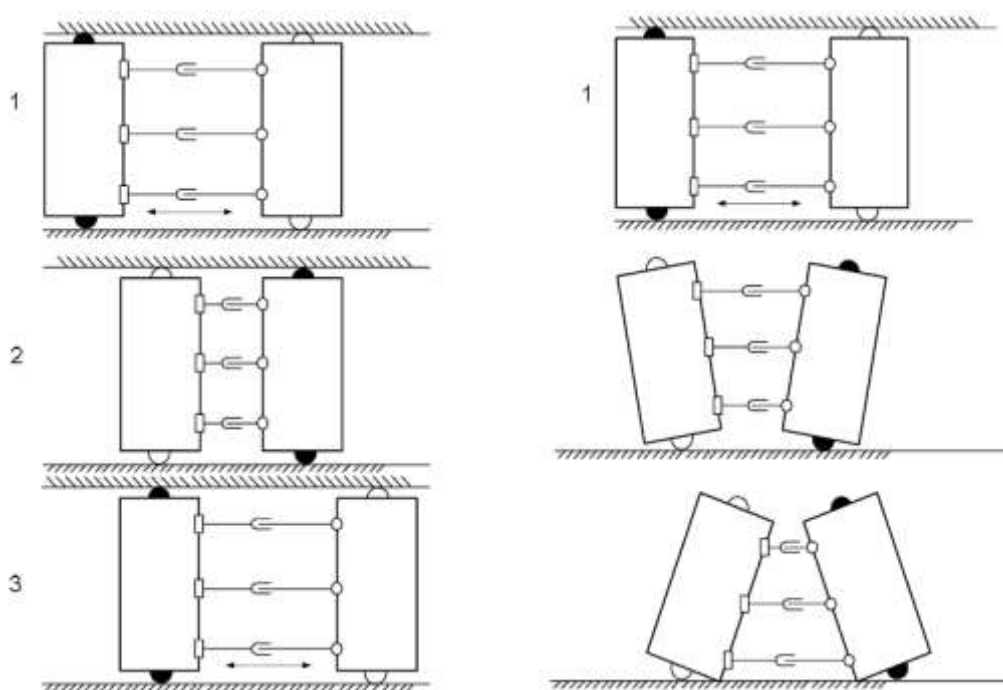


Рисунок 2.6 – Червеподобный принцип движения

Не меньший интерес представляет движение пятизвенного ползающего робота в среде с дискретно расположенными препятствиями, оснащённого специальными управляемыми фрикционными элементами для периодической фиксации звеньев на поверхности, а также обладает возможностью пространственного изменения конфигурации за счет отрыва крайних звеньев от поверхности [5]. Рассматриваемый робот представляет собой последовательную цепочку, состоящую из пяти звеньев 1–5 (Рисунок 2.7, а),

звенья 1 и 2, 4 и 5 симметрично закреплены относительно среднего (центрального) звена 3. Каждая соседняя пара звеньев соединена между собой шарнирами, оснащенными поворотными сервоприводами с встроенными редукторами для уменьшения скорости вращения и увеличения генерируемого момента и датчиками угла поворота, позволяющими измерять относительные углы между звеньями. Шарниры 6, установленные между звеньями 1 и 2 и между звеньями 5 и 4, создают моменты M_{21} и M_{45} и обеспечивают поворот крайних звеньев 1 и 5 относительно горизонтальных осей в вертикальных плоскостях. Шарниры 7, установленные на концах среднего звена 3, генерируют моменты M_{32} и M_{34} и позволяют осуществлять поворот соседних звеньев 2 и 4 относительно вертикальных осей в горизонтальной плоскости. Контакт робота с поверхностью обеспечивают четыре опоры: неуправляемые 8, установленные на звеньях 1 и 5, и управляемые 9 на звене 3. Для управления коэффициентом трения при взаимодействии робота с поверхностью опоры 9 имеют механизм изменения их фрикционных свойств (анизотропные опоры) путем замены в зоне контакта опорных элементов 10 и 11 с разными коэффициентами трения (Рисунок 2.7. б). Опора 9 оснащена приводом поступательного движения 12, включающим в себя электромагнит и возвратные пружины и позволяющим перемещать вдоль вертикальной оси элемент 10, поверхность которого имеет малый коэффициент трения, а поверхность элемента 11 имеет высокий коэффициент трения. На рисунке 14. в показан общий вид управляемых опор робота. Хорошо видно, что опора 9 имеет две контактные поверхности: круг и кольцо. Коэффициент трения поверхности кольца выше, чем поверхности круга. Размеры опор 8, 9 обеспечивают устойчивое положение робота при поворотах звеньев 1, 2, 4 и 5.

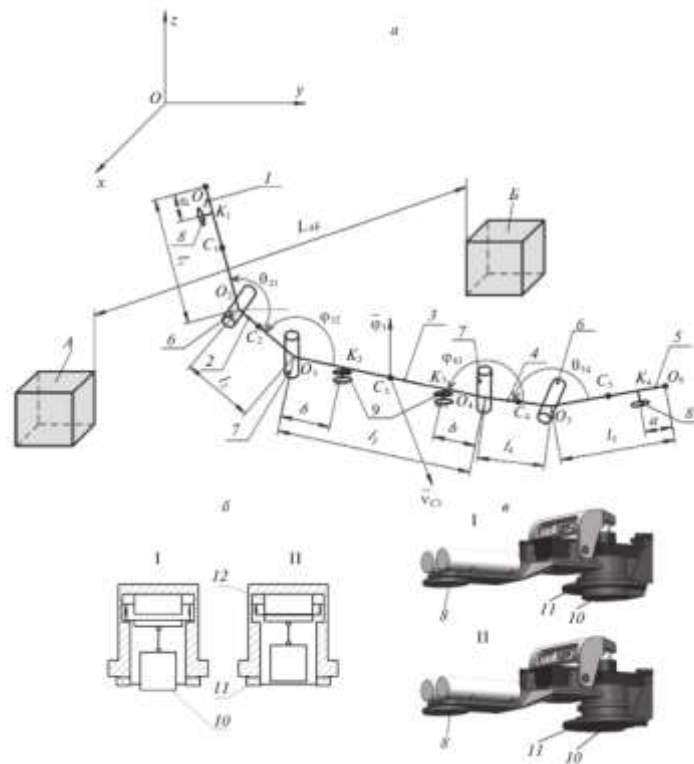


Рисунок 2.7. – Пятизвенный ползающий робот. а – схема ползающего пятизвенного робота, А, Б – препятствия, б – схема опор центрального звена, в – внешний вид опорных поверхностей, I – контакт с низким коэффициентом трения, II – контакт с высоким коэффициентом трения

Движение робота осуществляется из начального положения, при котором звенья 2 и 4 располагаются под равными углами ϕ_{01} относительно звена 3, звенья 1 и 5 взаимодействуют с поверхностью, а контакт звена 3 с поверхностью осуществляется опорными элементами 10. Движение состоит из четырех этапов, во время каждого из которых происходят определенные перемещения звеньев робота (Рисунок 2.8).

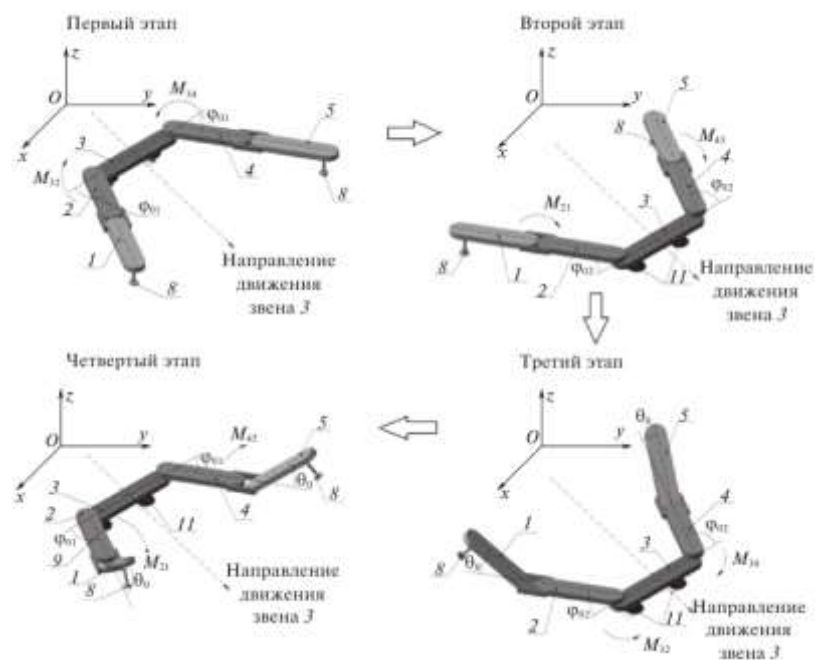


Рисунок 2.8 – Движение робота

На первом этапе звенья 1 и 2, а также 4 и 5 представляют собой единое целое и синхронно поворачиваются в противофазах относительно центрального под действием моментов M_{32} и M_{34} до тех пор, пока относительные углы не станут равными ϕ_{02} , центральное звено в свою очередь благодаря взаимодействию с поверхностью опорами 10 с малым коэффициентом трения проскальзывает вперед, вращение его вокруг вертикальной оси отсутствует. После завершения первого этапа опорная поверхность 10 поднимается приводом 12, контакт опор 9 осуществляется элементами 11 с большим коэффициентом трения, обеспечивающим фиксацию центрального звена на поверхности во время второго – четвертого этапов. На втором этапе звенья 1 и 5 отрываются от поверхности приводами 6 за счет поворотов с противоположно направленными угловыми скоростями при помощи моментов M_{21} и M_{45} на равные углы θ_0 . На третьем этапе происходит синхронизированный противофазный поворот звеньев 2 и 4 и жестко связанных с ними звеньев 1 и 5 относительно шарниров 7 соответствующими приводами (моменты M_{32} и M_{34}) до тех пор, пока углы их поворота относительно звена 3 не достигнут значений ϕ_{01} . На четвертом этапе звенья 1 и 5 опускаются до их расположения под одинаковыми углами,

равными 0° , к поверхности за счет приводов 6 (моменты M21 и M45). После завершения четвертого этапа опорные элементы 10 на центральном звене опускаются приводами 12 до контакта с поверхностью. После этого последовательность этапов может повторяться до тех пор, пока робот не достигнет требуемой конечной точки.

Робот отличается управляемым трением в опорах центрального звена и изменяемой в вертикальных плоскостях конфигурацией, а также способностью обходить дискретно расположенные препятствия.

Среди патентов можно выделить лишь несколько примеров. Например, «Ползающий робот-змея» [8]. Данный механизм (Рисунок 2.9) отличается тем, что три звена робота соединены при помощи двух сферических шарниров с закрепленными на сферических шарнирах двумя линейными электроприводами, которые представляют собой реверсивные двигатели постоянного тока с реечной передачей, причем звенья имеют вид плоских крестообразных пластин с установленными на их концах опорами из вязкоупругого материала.

Ползающий робот-змея работает следующим образом.

При подаче напряжения на линейный электропривод 2, его вал-шестерня начинает вращаться, перемещая вперед рейку реечной передачи, которая при помощи сферического шарнира 5 крепится на звене 1. Перемещаясь, рейка изменяет угол между соседними звеньями робота благодаря сферическим шарнирам 3 между звеньями ползающего робота-змеи. Для хода рейки реечной передачи линейного электродвигателя 2 в обратную сторону напряжение, поступающее на линейный электропривод 2, меняет полярность, и вал-шестерня электродвигателя вращается в противоположную сторону, перемещая рейку назад вместе с шарнирно закрепленным звеном 1. Использование ползающего робота-змеи в качестве транспортного средства позволит транспортировать полезный груз небольшой массы по различного

вида поверхностям.

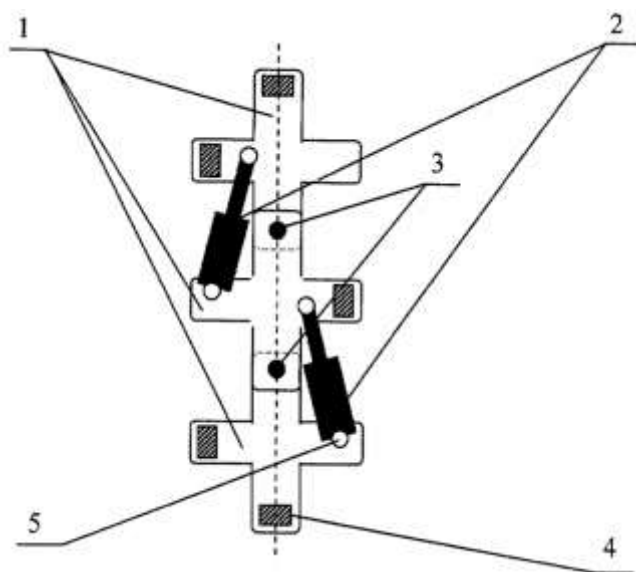
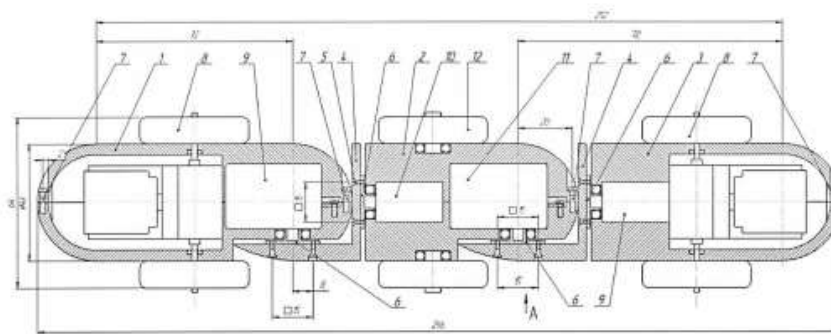


Рисунок 2.9 – Ползающий робот-змея.

Но у этого робота так же присутствует проблема с перемещением по оси Z, данный робот может перемещаться только в одной плоскости, что делает его малоэффективным при перемещении по неровным поверхностям и при прохождении препятствий.

Не следует обходить вниманием и «Самоходный аппарат дефектоскоп-кроулер» [9], схожий по строению (Рисунок 2.10) со змееподобными роботами. Дефектоскоп-кроулер состоит минимум из 3-х модулей, каждый из которых кинематически связан друг с другом через связывающее звено 4, которое в свою очередь с двух сторон соединяется с валами соответствующих двигателей, расположенных в предыдущем и последующем модулях через муфту 6, например, звено 4, соединяя между собой модули 1 и 2, соединяется с двух сторон с двигателями 9 и 10 соответственно. Корпус связывающего звена 4 выполнен цельным, а корпус модулей выполнен из двух частей, связанных между собой винтовым соединением 7. Первый 1 и последний 3 модули содержат опорно-приводную колесную пару 8 и поворотный двигатель 9, включающий в себя датчик угла поворота. Модуль 2 содержит

два поворотных двигателя 10, 11 с датчиками угла поворота и опорно-пассивную колесную пару 12, является промежуточным и его количество варьируется в зависимости от диаметра исследуемого трубопровода. Самоходный аппарат дефектоскоп-кроулер с помощью поворотных двигателей, осуществляет взаимный поворот модулей, причем такой, что результирующая позиция устройства описывает спиралевидную траекторию, прижимаясь опорными и приводными колесными парами к поверхности объекта контроля, что позволяет удерживать корпус модулей, а, следовательно, и датчик контроля, закрепленный в корпусе одного из модулей на одном уровне от поверхности объекта контроля, при этом с помощью поворотных двигателей, создавая прижимное усилие на трубопровод, осуществлять движение с помощью приводных двигателей, описывая спираль вдоль поверхности объекта контроля (трубы).



Фиг. 1

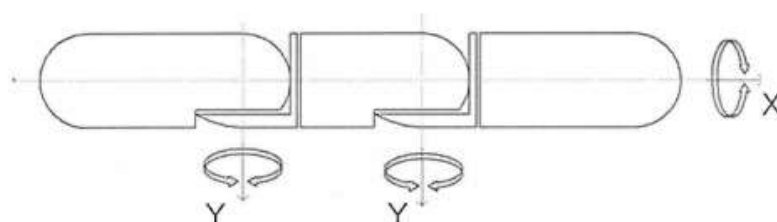


Рисунок 2.10 – Строение дефектоскопа-кроулера. 1- головной модуль, 2- срединный модуль, 3- хвостовой модуль, 4- связывающее звено, 5- предохранитель, 6- муфта, 7- винтовой соединитель, 8- колесная пара, 9,10,11- поворотные двигатели, 12- колесо

А также «Бионический гусеницеподобный ползающий робот» [10], способный преодолевать препятствия (Рисунок 2.11).

Робот состоит из четырех звеньев, соединенных между собой приводами вращательного движения, причем на крайних звеньях размещены пары управляемых опорных элементов, оснащенных приводами вращательного движения, установленными в корпусах опорных элементов и жестко соединенными с иглами, причем фиксация крайнего звена на поверхности контакта осуществляется иглой, а его скольжение - корпусом опорного элемента

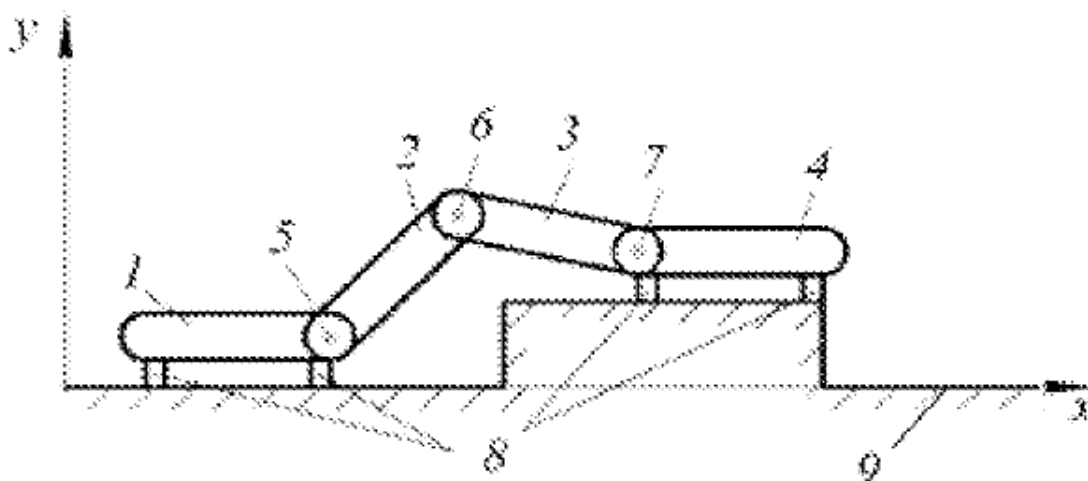


Рисунок 2.11 – Бионический гусеницеподобный ползающий робот. 1,2,3,4- звенья, 5,6,7- приводы вращательного движения, 8- управляемые опорные элементы, 9- шероховатая поверхность

Устройство движется следующим образом.

Первая походка (Рисунок 2.12)- движение по горизонтальной или наклонной шероховатой поверхности. Движение происходит из начального положения, в котором звенья 1 и 4 взаимодействуют с поверхностью 9 корпусами 10 опорных элементов 8, звенья 2 и 3 располагаются под некоторыми равными углами к поверхности 9, в частном случае могут быть параллельными поверхности 9. При движении вперед на первом этапе происходит фиксация опорных элементов 8, установленных на звене 4, на поверхности 9 за счет "внедрения" в нее иглы. Звено 1 контактирует с поверхностью 9 корпусами опорных элементов 8. Приводом 7 создается момент, посредством которого звено 3 поворачивается относительно неподвижного звена 4, звено 1 подтягивается к звену 4, скользя по

поверхности 9, а звенья 2 и 3 "складываются", к моменту завершения этапа углы их наклона к поверхности 9 становятся наибольшими. На втором этапе происходит смена зафиксированных и расфиксированных на поверхности 9 опор 8: опорные элементы 8, расположенные на звене 1, взаимодействуют с поверхностью иглами и неподжны, а опоры 8, установленные на звене 4, контактируют корпусами и могут скользить по поверхности 9. Приводом 5 генерируется момент, за счет которого звенья 2 и 3 "раскладываются" до положения, в котором находились в момент начала первого этапа, звено 4 при этом скользит по поверхности 9. После этого цикл гусеницеподобного движения повторяется. При движении назад на первом этапе на поверхности 9 фиксируется звено 1, а на втором - звено 4.

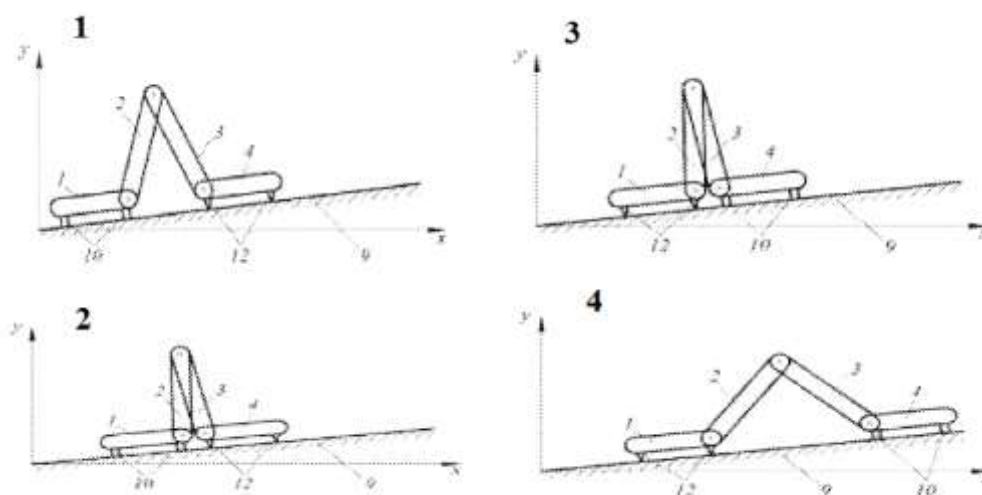


Рисунок 2.12 – Первая походка. 1- начальное положение, 2- второй этап, 3- третий этап, 4- заключительный этап

Вторая походка (Рисунок 2.13) - преодоление препятствий типа "ступень". Движение начинается из начального положения, в котором звенья 1 и 4 взаимодействуют с поверхностью 9 корпусами 10 опорных элементов 8, а звенья 2 и 3 "сложены" друг относительно друга. На первом этапе происходит фиксация на поверхности опор 8, расположенных на крайнем звене, наиболее удаленном от препятствия, в показанном на фиг. 7 случае - на звене 1. Звенья 2, 3 и 4 становятся манипулятором, а звено 1 его стойкой. Приводами 5, 6 и 7 создаются моменты, за счет которых звенья 2, 3 и 4

перемещаются таким образом, чтобы опоры 8 звена 4 начали взаимодействовать с поверхностью 9 препятствия и были смещены вправо относительно его края. На втором этапе звено 4 фиксируется на поверхности 9 при помощи игл 12 опорных элементов 8, а звено 1 расфиксируется и взаимодействует с поверхностью 9 корпусами 10 опор 8. Звено 4 при этом выполняет функцию стойки, а звенья 1, 2 и 3 - манипулятора. Под действием моментов, создаваемых приводами 5, 6 и 7, звенья 1, 2 и 3 преодолевают препятствие. Этап завершается, когда опоры 8 звена 1 начинают контактировать с поверхностью 9 препятствия, звенья 2 и 3 "сложены" друг относительно друга. Использование предлагаемого устройства позволит обеспечить движение робота, имитирующее перемещение гусеницы, по горизонтальным и наклонным шероховатым поверхностям с изменяемым в широком диапазоне углом наклона к горизонтали, а также возможность преодолевать препятствия типа "ступень", причем движение может осуществляться как вперед, так и назад.

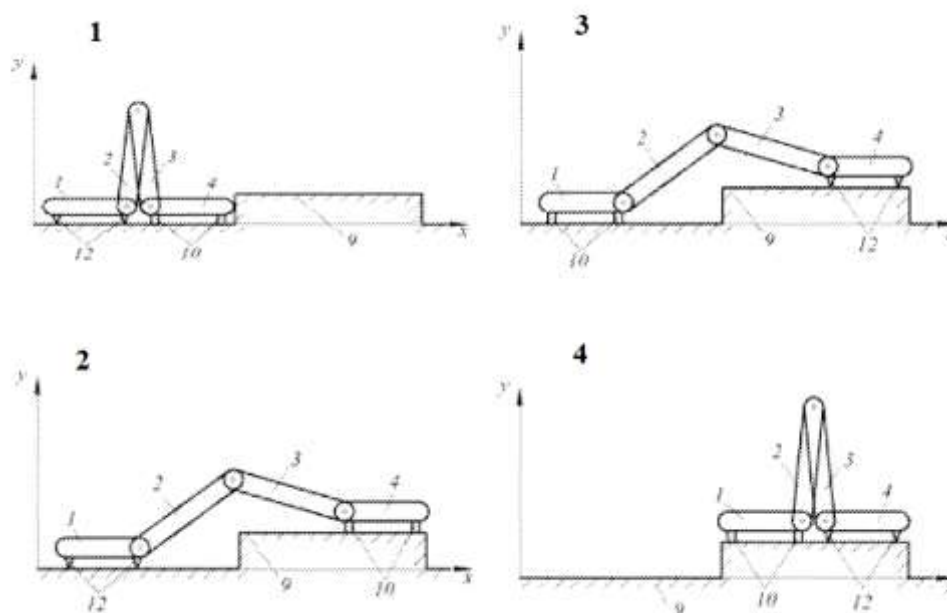


Рисунок 2.13 – Вторая походка. 1- начальное положение, 2- второй этап, 3- третий этап, 4- конечное положение

Робот отличается способностью к преодолению препятствий и возможности движения на поверхности, находящейся под углом к горизонту. Но без возможности обойти препятствие сбоку, так как отсутствуют шарниры, обеспечивающие поворот вокруг оси Y.

Анализ змееподобных роботов показал, что данная сфера робототехники находится на зачаточном уровне развития. Как правило проектные экземпляры змееподобных роботов не способны перемещаться в трехмерном пространстве, огибать и преодолевать препятствия, обладают малой степенью подвижности. На рынке они не представлены, что не позволяет приобрести сочленённое шасси для использования в проекте.

2.3 Обзор колесных и гусеничных шасси

Гусеничные и колесные шасси представлены на рынке в огромном ассортименте, что позволяет приобрести их и использовать в проекте. Первоочередной задачей является выбор среди двух классов.

Колесное шасси является наиболее популярный способом обеспечения подвижности робота, использующийся при разных габаритах и характеристиках роботизированных платформ. Размер колес ограничен лишь техническими возможностями производства и возможностями двигателей. Количество колес также может быть любым, но обычно применяются 3-4 колеса. Как правило, трехколесные роботы используют два колеса и шаровую опору (рисунок 2.14). В более конструктивно сложных двухколесных платформах могут использоваться гироскопические стабилизаторы.



Рисунок 2.14 – Трехколесный робот Rovio

Рассмотрим достоинства колесного шасси по сравнению с другими классами:

1. Низкая стоимость;
2. Простой дизайн и конструирование;
3. Возможность выбора числа колес.

Среди недостатков отметим:

1. Возможность потери тяги из-за скольжения;
2. Малая площадь контакта, т.к. под каждым колесом находится лишь небольшая прямоугольная площадка или линия для контакта с землёй.

Гусеничное шасси представлено реже, но имеет свои неоспоримые преимущества. Гусеницы хоть и не обеспечивают дополнительный крутящий момент, но уменьшают скольжение и более равномерно распределяют вес робота. Следовательно это делает их более применимыми на рыхлых поверхностях, например, песок или гравий. Более того, трек-системы с определенной степенью гибкости могут лучше соответствовать неровной поверхности.

Постоянный контакт гусениц с землей, предотвращающий скольжение, которое может быть у колесных шасси, и равномерное распределение веса, позволяющее использовать робота на более широком диапазоне поверхностей, делают для нас этот класс шасси предпочтительным в условиях работы при ЧС и ее последствиях.

2.4 Выбор шасси

Класс гусеничных шасси со времен своего появления в XIX веке получил широкое распространения и на данный момент применяется во многих отраслях. Наша задача- выбор конкретного гусеничного модуля для спасательного робота.

От шасси требуются габариты, дающие возможность проходить через дверные проемы, ширина которых составляет от 0.6 до 0.8 м согласно ГОСТу 6629-88 «Двери деревянные внутренние для жилых и общественных зданий. Типы и конструкция», а также способность нести на себе головную часть массой 4.5 кг, длиной 340 мм, шириной 225 мм и высотой 235 мм.

Большая часть представленных на рынке моделей, как, например, T'Rex Tank Chassis (Рисунок 2.15), способны проходят в дверные проемы, но не подходят по габаритам и характеристикам грузоподъемности [14], т.к. неспособны выполнять основную функции- нести на себе головную часть робота.



Рисунок 2.15 – Робот T'Rex Tank Chassis

Существует ряд шасси, которые хоть и способны перемещать на себе необходимое оборудование, но не имеют возможности пройти в стандартный дверной проем, что сделает невозможным их использование в зданиях. К таким относится гусеничное шасси Корвет (Рисунок 2.16), ширина которого не позволит проходить в стандартные дверные проемы.



Рисунок 2.16 – Гусеничное шасси Корвет

Наиболее подходящим является гусеничный модуль «Параллелограмм 22» (Рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Гусеничный модуль «Параллелограм 22»

Характеристики модуля:

- Ширина гусеницы: 220 мм;
- Ширина модуля: 700 мм;
- Длина модуля: 104 см;
- Вал: 30 мм;
- Звезда на шлицах: 428, 13-18 зубов;
- Звезда на шпонке: 428, 30-36 зубов;
- Подшипники: промышленные;
- Материал: сталь/алюминий;
- Масса: 25/30 кг;
- Цена: 25 000 рублей.

Имеет подъем впереди. Благодаря внутренним выступам гусеницы исключен выход катков за пределы гусеницы. [6]

Благодаря своим габаритам и характеристикам гусеничное шасси на основе модуля «Параллелограм 22» является наиболее подходящим.

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор аппаратного обеспечения

Поиск людей является наиболее важной и ответственной частью проекта. Поиск должен быть способен осуществляться в условиях плохой видимости из-за недостаточного освещения, задымленности и т.д.

В первую очередь необходимо решить вопрос аппаратного обеспечения. Техника, с помощью которой должен осуществляться поиск обязана быть способна видеть не только при свете и хорошей видимости пространства, но и в условиях, когда дым, пар, пыль или недостаточная освещенность не дают возможность наблюдать окружающую обстановку. Т.е. среди аппаратуры должны присутствовать камера, тепловизор для работы при отсутствии освещения и задымленности (Рисунок 3.1), а также фонарь, который позволит камере работать в темноте, и дальномер.



Рисунок 3.1 – Сравнение работы простой камеры и камеры ночного видения при задымленности

Благодаря развитию технологий мы можем получить камеру и тепловизор в одном устройстве. Помимо этого, многие камеры обладают возможностью работать в инфракрасном диапазоне из-за чего отпадает необходимость в фонаре. Более того, на данном этапе развития мы уже можем определять расстояния до объектов не при помощи отдельных дальномеров, а используя программное обеспечение.

Среди существующих вариантов камеры с тепловизионным и инфракрасным зрением наиболее интересным для нас является Двухспектральная камера с алгоритмом Deep learning DS-2TD2617-3/V1 (Рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Камера DS-2TD2617-3/V1

Характеристики:

1. Тип конструкции камеры: цилиндрическая;
2. Максимальный объем карт памяти: 128 Гб;
3. Рабочая температура: от -40 до +65 °С;
4. Рабочая влажность: до 90 %;
5. Габариты: 352,4 x 113,5 x 114,7 мм;
6. Масса: 2 кг;
7. Угол обзора оптического модуля: 87°x67 °;
8. Угол обзора тепловизионного модуля: 50°x37°;
9. Цена: 75000 рублей.

Камера обладает возможностью совмещения оптического и тепловизионного изображений с наложением доп информации, отображения изображения двух спектров в формате «Картинка в картинке». [13]

3.2 Выбор программного обеспечения

Исходя из задач проекта для его полной реализации необходимо создать ряд программ по определению наличия человека на изображении:

- 1) Определение лица, как наиболее заметной и выделяющей человека части тела, в анфас
- 2) Определение лица в профиль
- 3) Определение контура лежащего человека в разных позах
- 4) Определение наличия человека через тепловизор

Наиболее подходящим для выполнения поставленных задач является язык программирования Python. Python — высокоуровневый язык программирования общего назначения, поддерживает структурное, обобщенное, функциональное, объектно-ориентированное и аспектно-ориентированное программирование. Основные архитектурные черты — динамическая типизация, автоматическое управление памятью, полная интроспекция, механизм обработки исключений, поддержка многопоточных вычислений, высокоуровневые структуры данных. Python активно развивается и на данный момент занимает третье место в рейтинге TIOBE, индексе, оценивающему популярность языков программирования, с показателем 10,2%.

3.3 Разработка и тестирование программы определения лиц в анфас

Разработанная программа является Python-скриптом, реализующим интерфейс для работы с модулем распознавания лиц "face_recognition". Код программы представлен на рисунке 3.3.

```

1  # импорт библиотек
2  import ...
7  ## СКРЫТЫЕ ЗАВИСИМОСТИ: cmake, dlib
8
9  # задание глобальных параметров
10  PATH_TO_FOLDER_WITH_PEOPLE = "images_for_face_recognition"
11  TIME_SLEEP = 1
12
13  def get_images_list(path):
14      """ Функция возвращает список изображений, которые находятся по пути @path """
15      dataset = []
16      os.chdir(path) # переход по пути (смена текущей директории)
17      img_list = os.listdir() # Получить список всех файлов в папке
18      for img in img_list:
19          image = cv2.imread(img) # Читаем изображение по названию файла
20          dataset.append(image) # добавляем в список
21      os.chdir(os.getcwd() + "../") # обратно меняем директорию
22      return dataset
23
24  def face_recognition_from_image(img, show_bit=1, seq_bit=0, video_bit=0):
25      """ Функция распознает лица на изображении """
26      face_locations = face_recognition.face_locations(img) # поиск лиц
27
28      # рисуем прямоугольники
29      for top, right, bottom, left in face_locations:
30          cv2.rectangle(img, (left, top), (right, bottom), (0, 0, 255), 2)
31
32      # отображаем на экране
33      if show_bit:
34          if seq_bit: # режим "все файлы в стандартной папке"
35              cv2.imshow('Image:', img)
36              cv2.waitKey(1)
37              time.sleep(TIME_SLEEP)
38          elif video_bit: # режим "веб-камера"
39              cv2.imshow('Video: click 'q' to quit', img)
40          else: # режим "по выбранному фото"
41              cv2.imshow('Image:', img)
42

```

Рисунок 3.3 – Код программы

Используемые библиотеки:

1. cv2 (или OpenCv) – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом;
2. Face recognition – библиотека по поиску и распознаванию лиц на изображении;
3. os – библиотека, ответственная за работу с операционной системой;
4. PySimpleGUI – это простая и легкая библиотека для построения GUI на python. GUI (graphical user interface) — система средств для взаимодействия пользователя с компьютером;

5. time – библиотека, необходимая для решения задач, связанных со временем.

Для определения рабочего расстояния, на котором программа может определять наличие человека на разных расстояниях и в разных условиях видимости, был проведен ряд тестов. Так, тест №1 проводился при условии разного расстояния от камеры и при смене типа освещения лица: обычного освещение (присутствовали естественные тени от посторонних объектов), отсутствие освещение с фонарем, обычное освещение с фонарем. Каждый тест проводится последовательно, расстояние от камеры увеличивалось с 1 метра до 8 метров с интервалом в метр.

Тест №1 показал, что расстояние и типа освещения не играют роли, если видно очертание лица (Рисунок 3.4).

Дальнейшее увеличение расстояния ведет к тому, что программа не может определить наличие человека на изображении.



Рисунок 3.5 – Тест №1 на расстоянии 5 метров от камеры

Тест №2 должен был дать понять, работает ли программа с инфракрасными камерами. Для этого были использованы камеры охраны магазина. На рисунке 3.6 мы видим, что программа полноценно работает с ИК камерами на расстоянии до 5 метров.



Рисунок 3.6 – Тест №2

Тест №3 был направлен на выявление того, определит ли программа лицо человека не в анфас. Для этого были использованы фотографии из открытых источников. Результаты теста (Рисунок 3.7) показывают, что с задачей определения человеческого лица в анфас программа справляется при разных углах поворота на расстоянии 1 и 2 м.

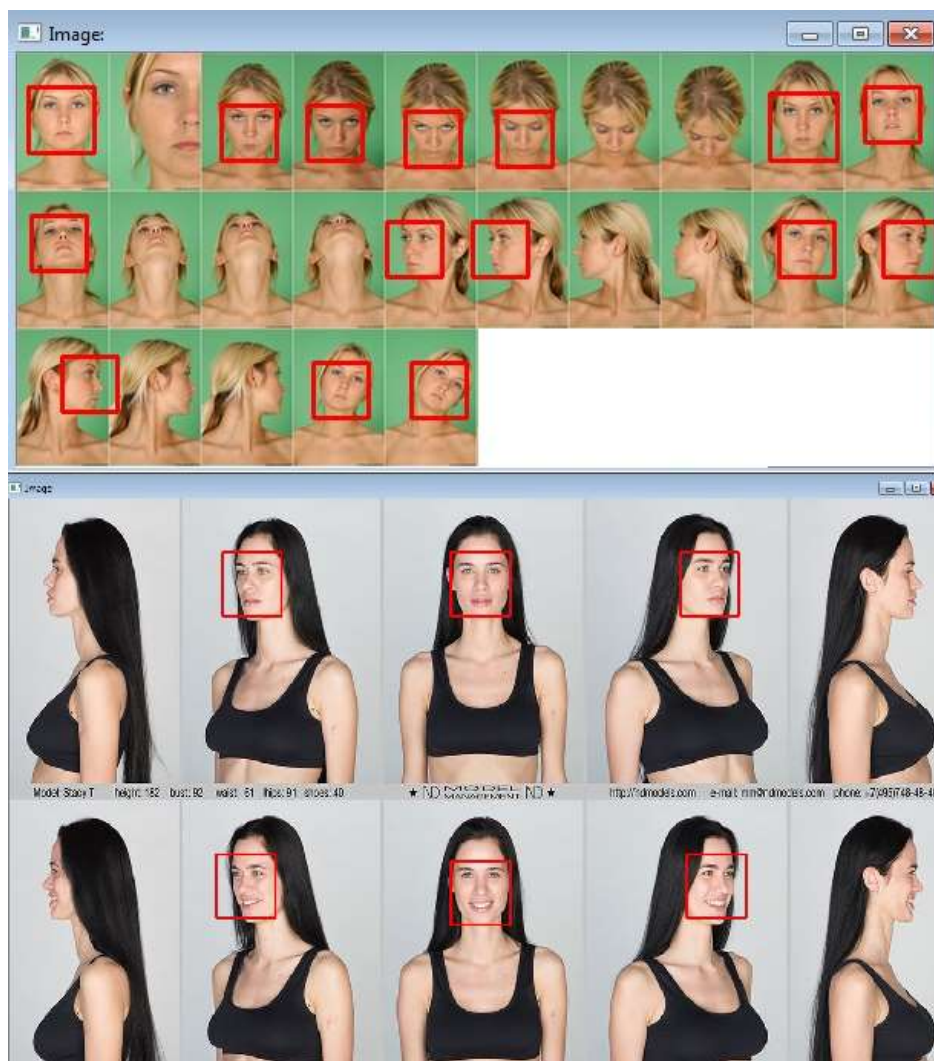


Рисунок 3.7 – Тест №3

В тесте №4 (Рисунок 3.8) на фотографию модели в течение 10 шагов наносились помехи с целью определения предела, до которого программа сможет определять наличия человека на изображении.



Рисунок 3.8 – Тест №4, шаги 6,9 и 10

3.4 Движение робота

Алгоритм работы робота при выполнении поисково-спасательных операций приведен рисунке 3.9.

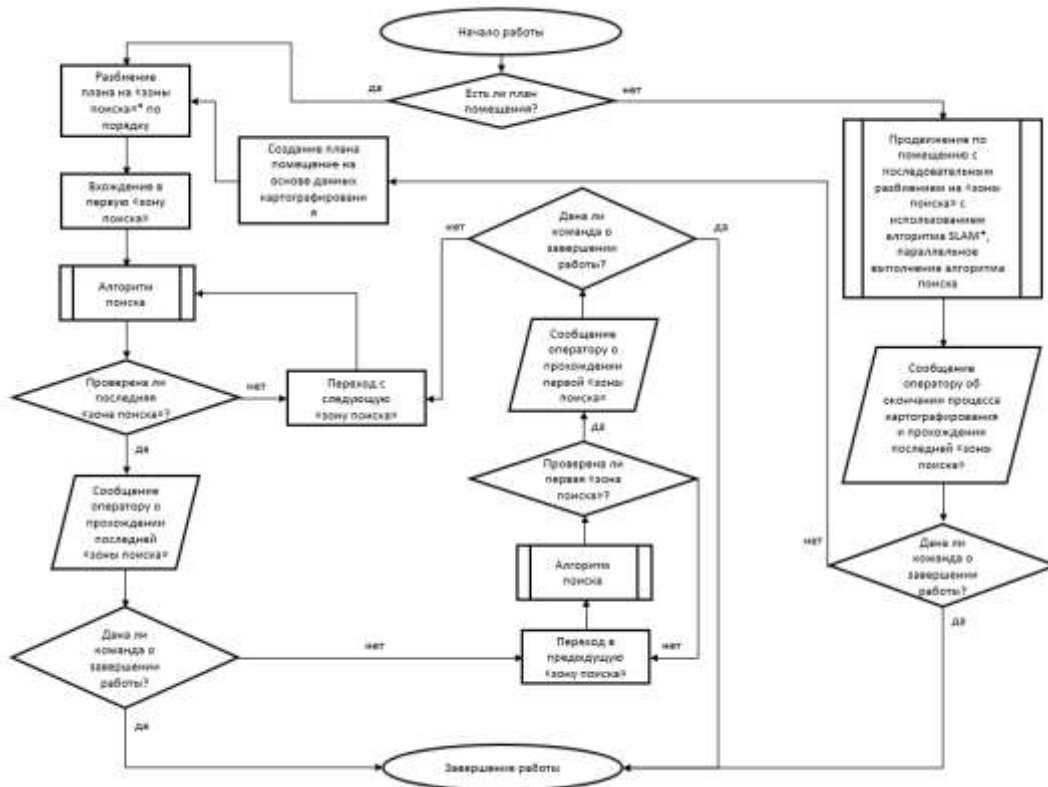


Рисунок 3.9 – Алгоритм работы

На основании проведенных исследований установлено, что радиус зоны обнаружения у робота можно принять расстояние в 5 метров. Тогда площадь окружности обнаружения составляет 78 метров квадратных. Т.к. план помещений практичнее разбивать на квадраты, то и «зона поиска» должна иметь форму квадрата со стороной 8.8 метров, что бы в «зоне поиска» не оставалось слепых для робота зон. Для более точной локализации робота в пространстве требуется использование фильтр Калмана.

Порядок расстановки зон поиска проходит в первую очередь через центр помещения для охвата наибольшей зоны в максимально короткое время. Передвижение по помещению, на которое у нас есть план, происходит из «зоны поиска (n)» в «зону поиска (n+1)», для ориентации на пространстве

используется фильтр частиц (реализация рекурсивного байесового фильтра). [11] Измерения, после которых наступит ресемплинг, происходят с помощью оценки расстояний до известных по плану помещения объектов.

Для перемещения по помещениям с неизвестным нам планом применяется метод FastSLAM (Fast Simultaneous localization and mapping) – одновременное картографирование и локализация. В отличие от SLAM, FastSLAM раскладывает задачу на простые с малым количеством измерений (до 1 миллиона ориентиров), устойчив к неоднозначностям в ассоциации данных и хорошо работает с нелинейными системами.

Порядок перемещения определяется по равной удаленности от стен для максимально быстрого достижения центра, что позволит в максимально короткое время осмотреть наибольшую площадь.

Пример практического применения FastSLAM приведен на рисунке 3.10 в Victoria Park. Желтым цветом выделен проход по GPS, синим- FastSLAM.



Рисунок 3.10 – FastSLAM в сравнении с GPS

3.5 Конструкция головной части робота

Конструкция головной части робота показана на рисунке 3.11.

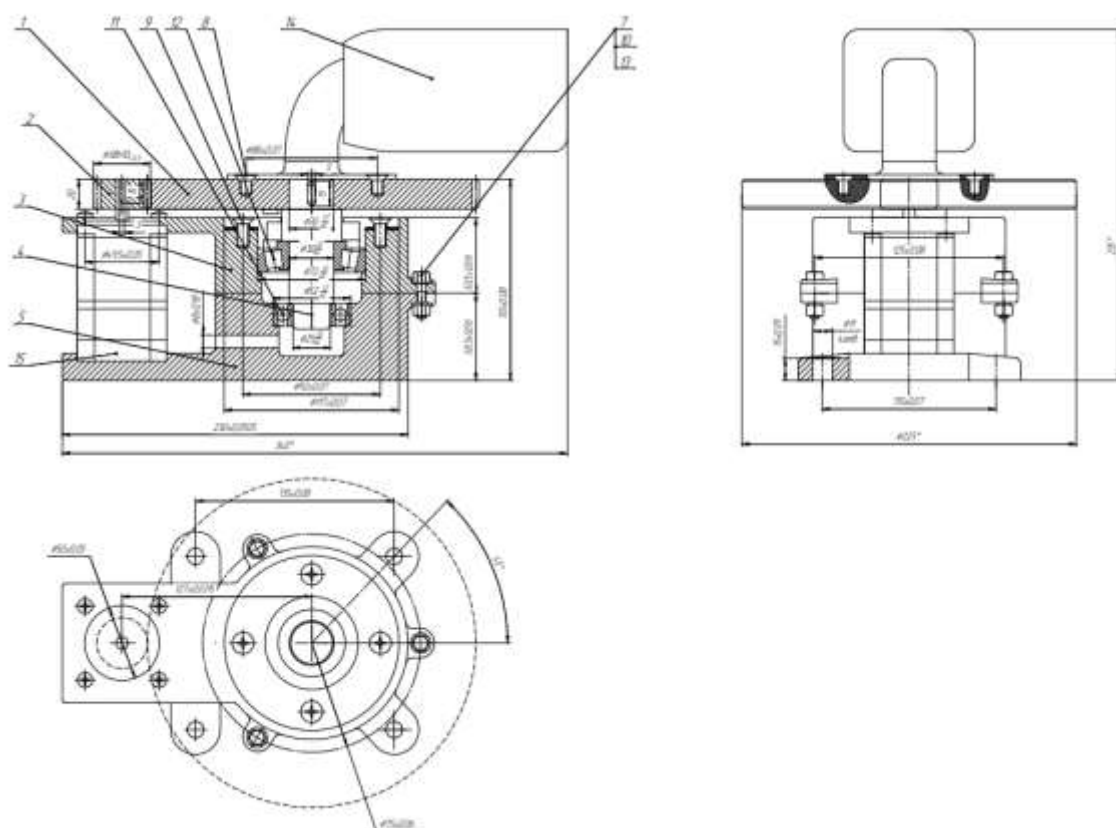


Рисунок 3.11 – Головная часть робота. 1- зубчатое колесо, 2- шестерня, 3- корпус верхний, 4- вал, 5- корпус нижний, 6- крышка, 7- болт М6х50, 8- винт В2.М8-6gx14, 9- винт В2.М8-6gx20, 10- гайка М6-6Н, 11- подшипник 6205, 12- подшипник 7207, 13- шайба 6Л, 14- двухспектральная камера, 15- шаговый двигатель

Процесс сборки головной части начинается с того, что в нижний корпус запрессовывается подшипник 6205, также в нижнем корпусе предусмотрены 4 крепежных отверстия под болт М10, для крепления к шасси.

К верхнему корпусу прикрепляется шаговый двигатель 57HSG112-4004A0 и закрепляется винтами М8. Затем нижний и верхний корпус соединяется болтами М6, вставляется вал с подшипником 7207. Сверху закрывается сверху крышкой. Далее насаживаются два зубчатых колеса. К большему зубчатому колесу крепится камера DS-2TD2617-3/V1 на 4 винта М8.

Помимо этого, была разработана кинематическая схема модуля поворота, изображённая на рисунке 3.12.

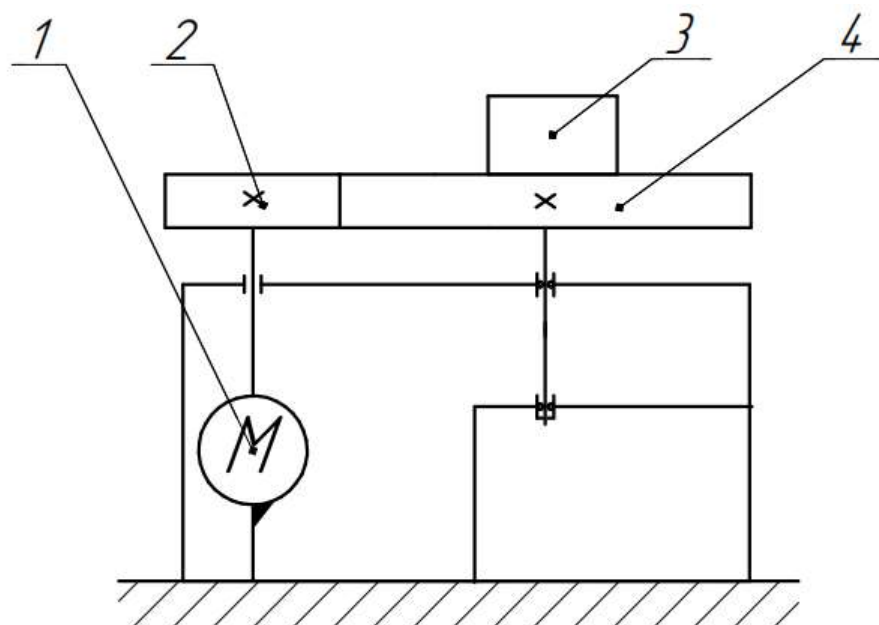


Рисунок 3.12 – Кинематическая схема. 1- двигатель, 2- шестерня, 3- камера, 4- зубчатое колесо

Поворот камеры осуществляется при помощи шагового двигателя. Двигатель передает крутящий момент через шестерню на зубчатое колесо, к которому прикреплена камера. Передаточное число 6,4.

Основным управляющим элементом является Arduino UNO. При помощи модуля беспроводной связи ESP8266 он передает данные по wi-fi на главный компьютер и получает данные назад. Драйвер двигателей L298n, позволяет управлять двигателем поворота камеры. для питания этих модулей используется стабилизатор напряжения LM7805. Подключение модулей отображено на электрической схеме (Рисунок 3.13).

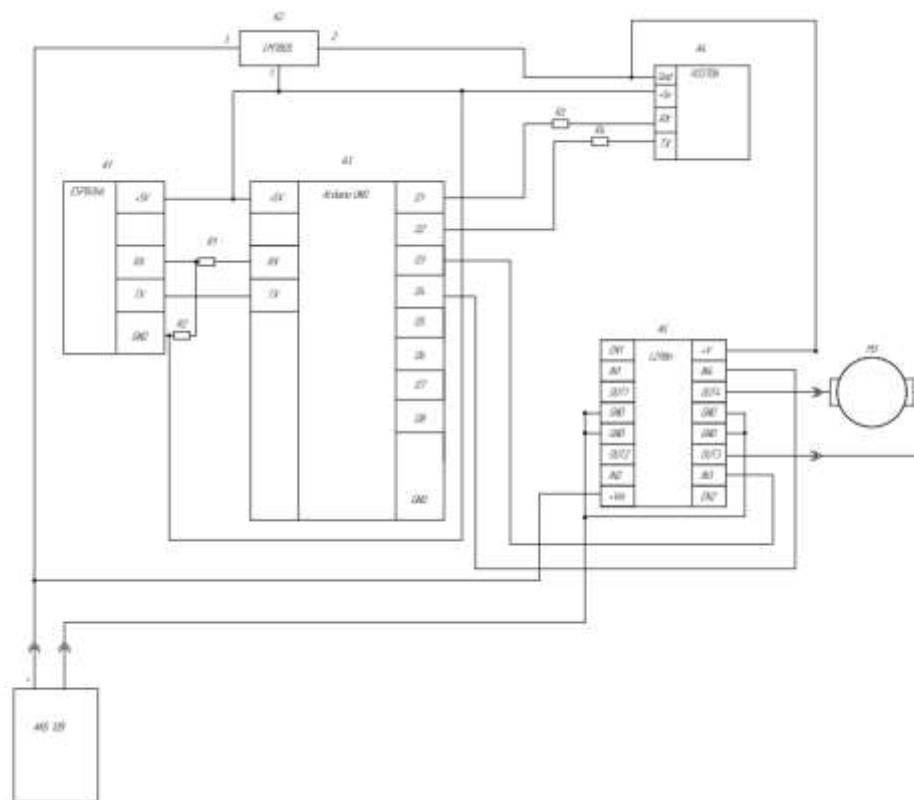


Рисунок 3.13 – Электрическая схема

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения ВКР были выполнены поставленные задачи.

Проведен анализ существующих и разрабатываемых спасательных робототехнических систем, который показал, что, несмотря на большое число разработок и отдельные успехи, использование роботов в спасательных операциях на данный момент не ведется и является лишь перспективным направлением развития робототехники в целом.

Рассмотрение существующих и разрабатываемых шасси для спасательного робота позволило определить низкий уровень развития змееподобного (сочлененного) класса шасси, но достаточно высокий уровень развития колесных и гусеничных шасси.

Среди возможных вариантов наиболее подходящим для нашего проекта определен гусеничный модуль «Параллелограмм 22»

Выбрано аппаратное обеспечение для нашего проекта, камера DS-2TD2617-3/V1, которая обладает всеми необходимыми функциями для поиска и определения людей в условиях плохой видимости. Выбрано программное обеспечение поиска и определения людей на изображении, т.е. ряд программ, которые позволят выполнять все поставленные перед поисково-спасательным задачи.

Проведена разработка программы поиска и обнаружения лица в анфас на языке программирования Python, способное выполнять поиск даже в условиях плохой видимости на расстоянии до 5 метров.

На основании информации тестов разработан алгоритм движения робота, определены методы движения робота в помещении с известным планом, а также в помещении с неизвестным планом.

Разработана конструкция головной части спасательного робота и представлена на чертеже.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афорин Андрей Николаевич, Усатый Иван Михайлович Исследование кинематики искусственных локомоционных мод змееподобного робота // World sciense: problems and innovations — 2017. — 164-167.
2. Алейников А.Ю., А.Н. Афонин, А.Р. Гладышев, А.Д. Новосельцев Реализация конструкции автономного мобильного змееподобного робота // Extreme robotics — 2015. — 250-253.
3. Афанасьева И.В. НИ ИрГТУ создали опытную модель робота «Перевертыш», способного искать людей в завалах при ЧС / Иркутский национальный исследовательский технический университет. — URL: <http://www.istu.edu/news/13598/> (дата обращения: 15.05.2020)
4. Васильев А.В.. Санкт-Петербург, Россия. Принципы построения и классификация мобильных роботов наземного применения и планетоходов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика, телекоммуникации и управление — 2013.
5. Ворочаева Л.Ю., А. С. Яцун, С. Ф. Яцун Моделирование движения пятзвенного ползающего робота с управляемым трением по поверхности с препятствием // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления — 2017. — № 3. — 191-216.
6. Гусеничный Модуль «Параллелограм 22» / SNOW-BIKE. — URL: <https://snow-bike.ru/shop/module-parallelogram-22/> (дата обращения: 15.06.2020)
7. Мотиенко Анна Игоревна, Ронжин Андрей Леонидович, Павлюк Никита Андреевич Современные разработки аварийно-спасательных роботов: возможности и принципы их применения // Научный вестник НГТУ — 2015. — № 3. — С. 147-165.

8. Пат. 58342 Российская Федерация, МПК В62D 57/000 (2006.01). Ползающий робот-змея. ; № 2015154884 : заявл. 2015.12.22: опубл. 2016.08.20; / Яцун Сергей Федорович ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ)

9. Пат. 179682 Российская Федерация, МПК F16L 55/26 (2006.01). Самоходный аппарат дефектоскоп-кроулер : № 2016118892 : заявл. 2016.05.16: опубл. 2018.05.22 ; / Михайлов Иван Викторович заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Астраханский государственный университет"

10. Пат. 164142 Российская Федерация, МПК В62D 57/024. Бионический гусеницеподобный ползающий робот; № 2015154884; заявл. 2015.12.22 ; опубл. 2016.08.20 / Яцун Сергей Федорович ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ)

11. Простыми словами о фильтре частиц / Хабр. — Москва. — URL: <https://habr.com/ru/post/276801/> (дата обращения: 17.06.2020)

12. Яцун А.С. Серебровский В.В. Исследование движения двухсекционного ползающего робота с изменяемой формой корпуса // Известия Юго-Западного государственного университета — 2012. — № 2-1. — 79-84.

13. DS-2TD2617-3/V1 / ООО «Хиквижн». — URL: https://hikvision.ru/product/ds_2td2617_3_v1 (дата обращения: 07.06.2020)

14. LEGACY ROBOTS / Boston Dynamics. — URL: <https://www.bostondynamics.com/legacy> (дата обращения: 25.05.2020)

15. Scott Kuindersma Optimization-based locomotion planning, estimation, and control design for the atlas humanoid robot / Springer Nature Switzerland. —

URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10514-015-9479-3> (дата обращения: 20.05.2020)

16. Theobald D., inventors. Mobile reconfigurable robot. / Patent US 8106616 B1. no. US 12/721,810, 2012. — URL: <http://www.google.com/patents/US8106616> (дата обращения: 20.05.2020)

17. TRex Tank Chassis / SparkFun Electronics. — URL: <https://www.sparkfun.com/products/12719> (дата обращения: 15.06.2020)

ДОСТИЖЕНИЯ СТУДЕНТА ЗА ВРЕМЯ УЧЕБЫ

- 1) Участие в Зимней школе МГТУ им. Баумана «Ключ на старт», 2020 год
- 2) Участие в Зимней школе УрФУ «Программная инженерия и Радиотехника», 2010 год
- 3) Участие в четвертой молодежной конференции в формате "Потсдамских встреч" по теме «Цифровизация городов: опыт Германии и России», 2019 год

Перечень графических материалов

Название элемента, чертежа	Наименования файла формата PDF
Сборочный чертеж	01_СБ_Просеков.pdf
Кинематическая схема	02_К3_Просеков.pdf
Комбинированная схема	03_С1_Просеков.pdf
Электрическая схема	04_Э3_Просеков.pdf
Алгоритм работы робота	05_Алгоритм_Просеков.pdf
Зубчатое колесо	06_Деталь_Колесо.pdf
Корпус верхний	07_Деталь_КорпусВерхний.pdf
Крышка	08_Деталь_Крышка.pdf
Корпус нижний	09_Деталь_КорпусНижний.pdf
Установочная платформа	10_Деталь_Платформа.pdf
Вал	11_Деталь_Вал.pdf
Спецификация сборочного чертежа	12_СП_Просеков.pdf