

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

---

Институт социально-гуманитарных технологий  
Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах  
Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Программное обеспечение управлением движения БПЛА на базе микроконтроллера Arduino</b>

УДК 629.73.05-519:004.31:004.415

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Чжао Юньсян		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Е.А.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. каф. МЕН	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.ЭБЖ	Штейнле А.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И.О. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре

### Универсальные компетенции

P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт социально-гуманитарных технологий  
Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах  
Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Суходоев М.С.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

## ЗАДАНИЕ

### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
158А30	Чжао Юньсян

Тема работы:

Программное обеспечение управлением движения БПЛА на базе микроконтроллера Arduino

Утверждена приказом директора (дата, номер)

09.03.2017, № 786/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2017

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

1. Контроллер Arduino UNO;
2. Гексакоптер 700AL-X6;
3. Контроллер Naza;
4. Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучить состав и принципы работы комплекта БПЛА 700AL-X6;</li> <li>2. Собрать физическую установку БПЛА 700AL-X6;</li> <li>3. Изучить органы управления БПЛА 700AL-X6;</li> <li>4. Исследовать функции движения БПЛА 700AL-X6;</li> <li>5. Разработать алгоритмическое и программное обеспечение для управления тангажом с использованием контроллера Arduino.</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pptx на 15 слайдах</p>
--	---

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, рурсурсоэффективность и рурсурсосбережение	Кузьмина Н.Г.
Социальная ответственность	Штейнле А.В.

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>06.02.2017</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Елена Алексеевна	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158A30	Чжао Юньсян		

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

---

Институт социально-гуманитарных технологий  
Направление 27.03.04 Управление в технических системах  
Кафедра автоматизации и компьютерных систем  
Уровень образования – бакалавр  
Период выполнения – весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения  
выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2017 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2017	Основная часть	75
15.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
22.05.2017	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Кочегурова Е.А.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158A30	Чжао Юньсян

<b>Институт</b>	<b>ИСТГ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АиКС</b>
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 Управление в технических системах

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Должностной оклад научного руководителя – 26300 руб. Должностной оклад инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизации – 20%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Социальные отчисления – 30% от ФЗП

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Планирование работ и их временная оценка
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Смета затрат на проект
	Смета затрат на оборудование
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Анализ полученных результатов

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

График Ганта

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преп. каф. МЕН	Кузьмина Н.Г.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
158A30	Чжао Юньсян		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
158A30	Чжао Юньсян

<b>Институт</b>	<b>ИСТГ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>АиКС</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	27.03.04 Управление в технических системах

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>1. Вредные факторы: микроклимат; шум; электромагнитные поля; освещение</p> <p>2. Опасные факторы: опасность возникновения пожара; опасность поражения электрическим током</p> <p>3. Негативное воздействие на окружающую среду: утилизация списанной техники и комплектующих; утилизация люминесцентных ламп</p> <p>4. Чрезвычайные ситуации: пожар вследствие неполадок в электропроводке;</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Данный раздел основан на следующих документах: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СНиП 21-01-97, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, ГОСТ 17.2.1. 03-84, ГОСТ 17.4.3.04-85, СНиП 23-05-95, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 30775-2001, ГОСТ 17677-82.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Разработка программного приложения ведётся в помещении с уровнем освещённости в пределах нормы, согласно СНиП 23-05-95. Уровень шума в помещении в пределах нормы, согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Микроклимат в помещении удовлетворяет нормам (СанПиН 2.2.4.548-96)</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины,</li> </ul>	<p>Основными источниками опасности являются электроприборы, которые могут вызвать как поражение электрическим током, так и пожары. Для обеспечения безопасности необходимо проводить организационные и технические мероприятия, для предотвращения таких ситуаций. Необходимо следовать технике безопасности, обращаясь с электрическими приборами (согласно ГОСТ 12.1.019-79).</p>

<i>профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>	
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Вышедшие из строя комплектующие компьютеров и электроприборов, а также люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с ГОСТ 12.2.007.13-88.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Разработан план эвакуации при ЧС, в помещении имеется план эвакуации, а так же имеются 2 огнетушителя ОУ-2.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Штейнле А.В.	к.м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158А30	Чжао Юньсян		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 74 страницы, 22 рисунков, 19 таблиц, 26 источников.

Ключевые слова: БПЛА , микроконтроллер Arduino, NAZA, тангаж, дальнемер, ШИМ, фильтрация.

Объектом исследования является система управления тангажом беспилотного летательного аппарата 700AL-X6.

Цель работы – разработать программное обеспечение управления тангажом БПЛА на базе микроконтроллера Arduino UNO.

В ходе исследования был изучен состав, принципы и органы управления БПЛА 700AL-X6. При исследовании компонентов движения было принято решение отработать методику управления на основе компонента тангаж с использованием микроконтроллера Arduino UNO и показаний дальномера.

В результате исследования написана программа управления тангажом, обеспечивающая обмен данными между микроконтроллером и датчиком расстояния, формирование сигналов ШИМ. Также проведены натурные эксперименты по управлению полетом БПЛА.

Областью применения является лаборатория кафедры АиКС.

Экономическая эффективность и значимость работы, себестоимость исследуемой системы представлена в главе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Выявлены основные опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть в процессе работы разработаны меры по снижению воздействий системы на экологию, что представлено в главе социальная ответственность.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013, формулы – в пакете MathType 6.9.

### **ABSTRACT**

The final qualifying work contains: 72 pages, 22 drawings, 19 tables, 26 sources.

Key words: UAV, microcontroller Arduino, NAZA, pitch, distance meter, PWM, filtering.

The object of the study is a control system for the unmanned aircraft 700AL-X6.

The goal of the work is to develop a pitch management software for UAVs based on the Arduino UNO microcontroller.

In the course of the study, the composition, principles and controls of the UAV 700AL-X6 were studied. In the study of the components of motion, it was decided to develop a control method based on the pitch component using the Arduino UNO microcontroller and the range finder readings.

As a result of the study, a pitch control program was written that provides data exchange between the microcontroller and the distance sensor, the formation of PWM signals. Also conducted in-depth experiments on flight control UAV.

The field of application is the laboratory of the Department of AICS.

The economic efficiency and significance of the work, the cost of the system under study is presented in the chapter on financial management, resource efficiency and resource saving. The main dangerous and harmful factors that may arise in the course of work are developed measures to reduce the environmental impact of the system, which is presented in the chapter on social responsibility.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ**

БПЛА (БЛА) – беспилотный летательный аппарат, пилотируемый дистанционно, или выполняющий полёт автономно.

Микроконтроллер – микросхема, выполняющая различные функции и выполненная в виде мини-компьютера.

ШИМ – широтно-импульсная модуляция.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ .....	9
ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	10
Оглавление .....	12
Введение.....	14
1 СОСТАВ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА .....	16
1.1 Состав БПЛА.....	17
1.2 Характеристики основных устройств.....	17
1.2.1 Бесколлекторный двигатель постоянного тока.....	17
1.2.2 Электронный микроконтроллер скорости (ESC) .....	18
1.2.3 Полётный контроллер .....	20
1.2.4 Пульт дистанционного управления.....	22
1.2.5 Приёмник WFRO7S .....	24
1.2.6 Ходовая часть .....	25
1.2.7 Крыло ATG 1147.....	25
2 Описание используемых технологий .....	27
2.1. Описание контроллера Arduino.....	28
2.1.1 Среда разработки Arduino .....	28
2.1.2 Аппаратная часть платформы Arduino .....	29
2.1.3 Входы и Выходы контроллера Arduino Uno .....	31
2.2 Описание органов управления.....	32
2.2.1 Функции джойстика ПУ .....	33
2.2.2 Обеспечение движения ПУ .....	33
2.3 Описание ультразвукового датчика .....	36
3 Разработка программного обеспечения .....	38
3.1 Компоненты движения БПЛА .....	38
3.2 Тангаж и работа двигателей.....	42
3.3 Описание задачи ухода от препятствия.....	43
3.4 Алгоритм и программа управления тангажом .....	44
3.5 Описание результатов .....	48

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	51
4.1 Календарный план работ и оценка времени их выполнения.....	51
4.2 Смета затрат на проект .....	55
4.2.1 Материальные затраты.....	55
4.2.2 Амортизация компьютерной техники.....	55
4.2.3 Затраты на заработную плату .....	56
4.2.4 Затраты на социальные нужды .....	57
4.2.5 Прочие затраты .....	57
4.2.6 Накладные расходы .....	58
4.3 Смета затрат на материалы для реализации проекта .....	59
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	60
5.1 Техногенная безопасность .....	61
5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	61
5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	63
5.2 Региональная безопасность.....	65
5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	66
5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	68
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	68
Заключение.....	71
Список используемых источников .....	73

## ВВЕДЕНИЕ

В конце XIX века Никола Тесла продемонстрировал первый в мире радиоуправляемый летательный аппарат. Большой вклад в развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) внесла военная индустрия в годы Второй Мировой войны. И по значимости развития технологий в военной сфере БПЛА необходимо отметить США, Россию, Израиль и Великобританию. Гражданские БПЛА появились лишь в 2000 году, однако темпы развития весьма впечатляют. И во многих странах мира появилась необходимость законодательного регулирования производителей и потребителей.

Актуальность применения мультикоптеров вытекает из их преимуществ: малые потери, высокая мобильность, минимизация жертв. Основные области применения военные, гражданские и научные. В военных и гражданских областях самая популярная сфера применения - мониторинг и фото/видео съемка. Большое количество применений - для экологического мониторинга и получения образцов различных объектов, в том числе из малодоступных районов и мест чрезвычайных событий. Изображения могут быть получены с высокой детализацией и широко применяются в строительстве, контроля объектов недвижимости, земельных участков и инженерно-геодезических изысканиях.

Среди мультикоптеров наиболее популярен мультикоптер. Для мультикоптеров создано прикладное программное обеспечение, существуют целые сообщества пользователей. Нарботки в сфере применения гексакоптеров менее значимы. Однако, гексакоптер по сравнению с мультикоптером, имеет ряд существенных преимуществ: позволяет повысить несущую способность, лучше работает при наличии ветра, имеет большую грузоподъемность. Кроме того, гексакоптер имеет большую живучесть и стабильность. Для мультикоптера при повреждении во время полета одного из двигателей возникает проблема не только со стабильностью полета, но и с его

живучестью. Гексакоптер при повреждении даже двух двигателей сохраняет живучесть и имеет условия для поддержания его стабильного положения. В настоящее время все мультикоптеры используются преимущественно в режимах дистанционного управления от пульта оператора. Однако задачи обеспечения автономных полетов наиболее актуальны. Одной из таких задач является разработка системы управления, позволяющая осуществлять автономный полёт мультикоптера по заданному или произвольному маршруту при наличии препятствий. Одна из подзадач в этой большой и комплексной задаче - обнаружение препятствия на произвольной траектории полета и предотвращение столкновения.

Целью данной выпускной квалификационной работы является сборка и настройка действующего образца гексакоптера, а также разработка программного обеспечения для управления компонентами движения при наличии препятствия с использованием контроллера Arduino.

## 1 СОСТАВ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Гексакоптер представляет собой беспилотный летательный аппарат (БПЛА), имеющий шесть двигателей с воздушными винтами (пропеллерами), создающими тягу. В настоящее время все мультикоптеры используются достаточно широко и разнообразно, но это использование ограничено, в основном, режимами «ручного» дистанционного управления с пульта оператора.

Гексакоптер 700AL-X6 представляет собой одну из разновидностей мультикоптеров. Внешний вид гексакоптера имеет X-схему и представлен на рисунке 1.1. Бесколлекторный двигатель KV характеризуется количеством оборотов двигателя на один вольт без нагрузки на валу. Умножив этот показатель на максимальное напряжение, можно получить максимальное число оборотов двигателя без нагрузки на валу.



Рисунок 1.1 – Внешний вид 700AL-X6

Конфигурация базовой части гексакоптера может быть изменена и устанавливается под конкретные задачи. Параметры в базовой конфигурации гексакоптера приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Параметры 700AL-X6

Параметр	Значение
Масса, кг	2.2
Диаметр гексакоптера, м	0.7
Максимальная скорость полета, м/с	3



## 1.1 Состав БПЛА

В состав комплекта БПЛА входят устройства, перечисленные в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Состав БПЛА

Устройства	Марка	Количество
Двигатель	SUNNYSKY	6
Электронный микроконтроллер скорости (ESC)	HOBBYWING SkyWalker	6
Полётный контроллер	DJI Naza Lite	1
Приёмник	WFR07S 2.4GHz	1
Аккумулятор	ACE	1
Ходовая часть	ATG-700AL-X6	1
Крыло	ATG	6
Пульт управления	WFLY	1
Arduino UNO	-	1
Ультразвуковой датчик расстояния	HC-SR04	1

## 1.2 Характеристики основных устройств

### 1.2.1 Бесколлекторный двигатель постоянного тока

Бесколлекторный двигатель постоянного тока KV (БДПТ) характеризуется количеством оборотов двигателя на один вольт без нагрузки на валу. Умножив этот показатель на максимальное напряжение, можно получить максимальное число оборотов двигателя без нагрузки на валу. Основные характеристики бесколлекторного двигателя постоянного тока сведены в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики БДПТ

Вид	Бесколлекторный
Характеристики	X2216 KV880
Внешний диаметр статора	22 мм

Внутренний диаметр статора	16 мм
Количество обмоток	12
Количество полюсов ротора	14
Величина kv	880
Ток холостого хода	0.5А
Сопротивление мотора	0.117 ом
Максимальный непрерывный ток	20А/30S
Максимальная непрерывная мощность	320 ват
Вес	72 г
Диаметр якоря	27.7мм
Диаметр вала	3.175мм
Длина вала	34мм
Общая длина вала	36.5мм

Внешний вид БДПТ представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2. – Внешний вид двигателя

### 1.2.2 Электронный микроконтроллер скорости (ESC)

Характеристики электронного контроллера скорости приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Характеристики электронного контроллера скорости

Тип	SkyWalker – 40A
Выходной ток	40А (в пиках до 55А в течение 10 сек)
Входное напряжение	2-4S Lipo или 5 - 12 ячеек NiMH
Вид ВЕС (Battery eliminator circuit)	Линейный регулятор
Выход ВСЕ (импульсный)	5В/3А

Частота обновления	50 - 432 Гц
Максимальная скорость	70000 об/мин для 6 полюсных бесщёточных двигателей,
Вес	39 г
Размер	68*25*8 мм

Функция электронного контроллера скорости

- функция безопасного старта: в зависимости от положения ручки газа мотор не будет вращаться после подключения питания
- функция калибровки газа: минимальные и максимальные положения
- функция пользовательского программирования - с помощью пульта или карты программирования
- совместим с Lipo и NiMH батареями
- тайминг может быть изменен для работы с разными бесколлекторными моторами
- защита от короткого замыкания, перегрева, потери сигнала газа.

Battery Creation Battery Eliminator Circuits - это небольшие устройства, которые устраняют необходимость в приемнике и серво-аккумуляторной батарее. Они потребляют более высокое напряжение от аккумуляторных батарей и понижают его до уровня напряжения, который подходит для вашего приемника и сервоприводов. Это требуется в приложениях, которые потребляют большую мощность для нескольких сервоприводов или используют более 3S моторные пакеты, так как большинство ESC с линейными ВЕС не предназначены для этих применений.

Внешний вид электронного микроконтроллера скорости представлен на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3. - Внешний вид микроконтроллера ESC

### 1.2.3 Полётный контроллер

Полётный контроллер состоит из 3 частей:

- Главный контроллер
- Универсальный блок
- GPS и компас

Основные характеристики полётного контроллера сведены в таблицу 1.5.

Таблица 1.5- Характеристики полётного контроллера

Марка	DJI Naza-M Lite
Вес	Главный контроллер: 25г Универсальный блок: 20г GPS и компас: 21.3г
Размер	Главный контроллер: 45.5мм*31.5мм*18.5мм Универсальный блок: 32.2мм*21.1мм*7.7мм GPS и компас: 46мм (диаметр)*9мм
рабочее напряжение	Главный контроллер: 4.8В – 5.5В Универсальный блок: 7.2В – 26В
Рабочая температура окружающей среды	-10 °С - 50 °С
Потеря мощности	МАХ: 1.5Вт Нормальный: 0.6Вт

## Главный контроллер

Главный контроллер (Main Controller - MC) является мозгом системы, он связывается со всеми ESC и приёмником для выполнения функций авторулевого. Он имеет встроенный инерциальный измерительный блок (Inertial Measurement Unit - IMU), состоящий из одного 3-осевого акселерометра, одного 3-осевого гироскопа и барометра для определения положения и высоты.

## Универсальный блок

Предназначен для решения проблемы энергопотребления многороторной системы, питания и контроля для NAZA-M-LITE и других электронных устройств. Он также имеет светодиод для индикации различных состояний работы NAZA-M LITE и интерфейс USB для настройки устройства NAZA-M LITE и обновления прошивки.

Внешний вид главного контроллера и универсального блока представлен на рисунке 1.4.

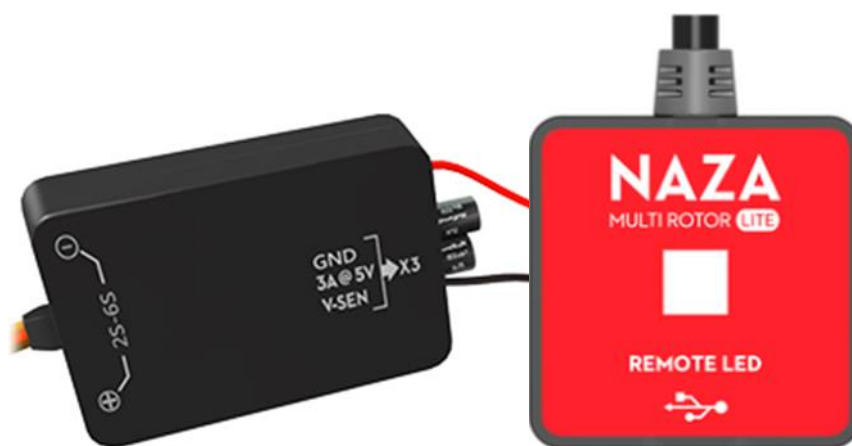


Рисунок 1.4 – Внешний вид главного контроллера и универсального блока

## GPS и компас

Модуль GPS и компас предназначен для определения положения и направления. Внешний вид GPS и компаса представлен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Внешний вид GPS и компаса

Сборка элементов полетного контроллера приведена на рисунке 1.6.

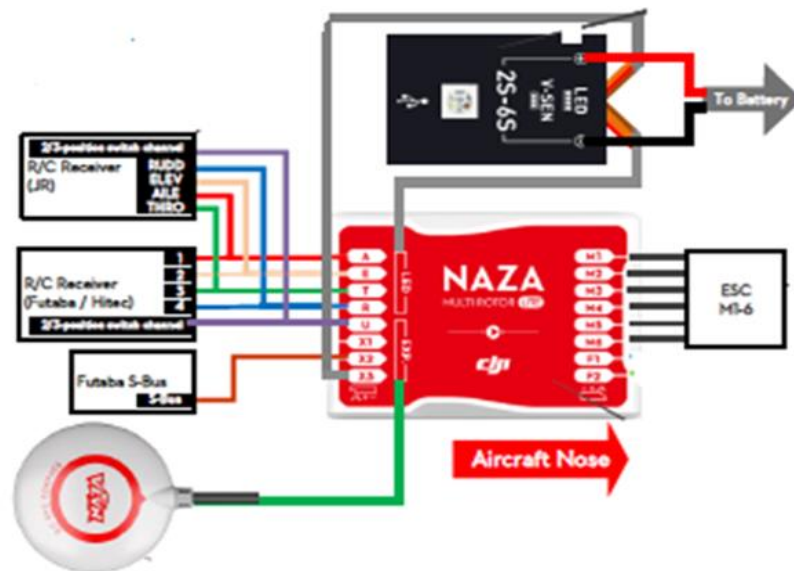


Рисунок 1.6 – Внешний вид и сборка полетного контроллера

### 1.2.4 Пульт дистанционного управления

Основным органом управления БЛА является пульт дистанционного управления (ПУ), внешний вид которого приведен на рисунке 1.7.

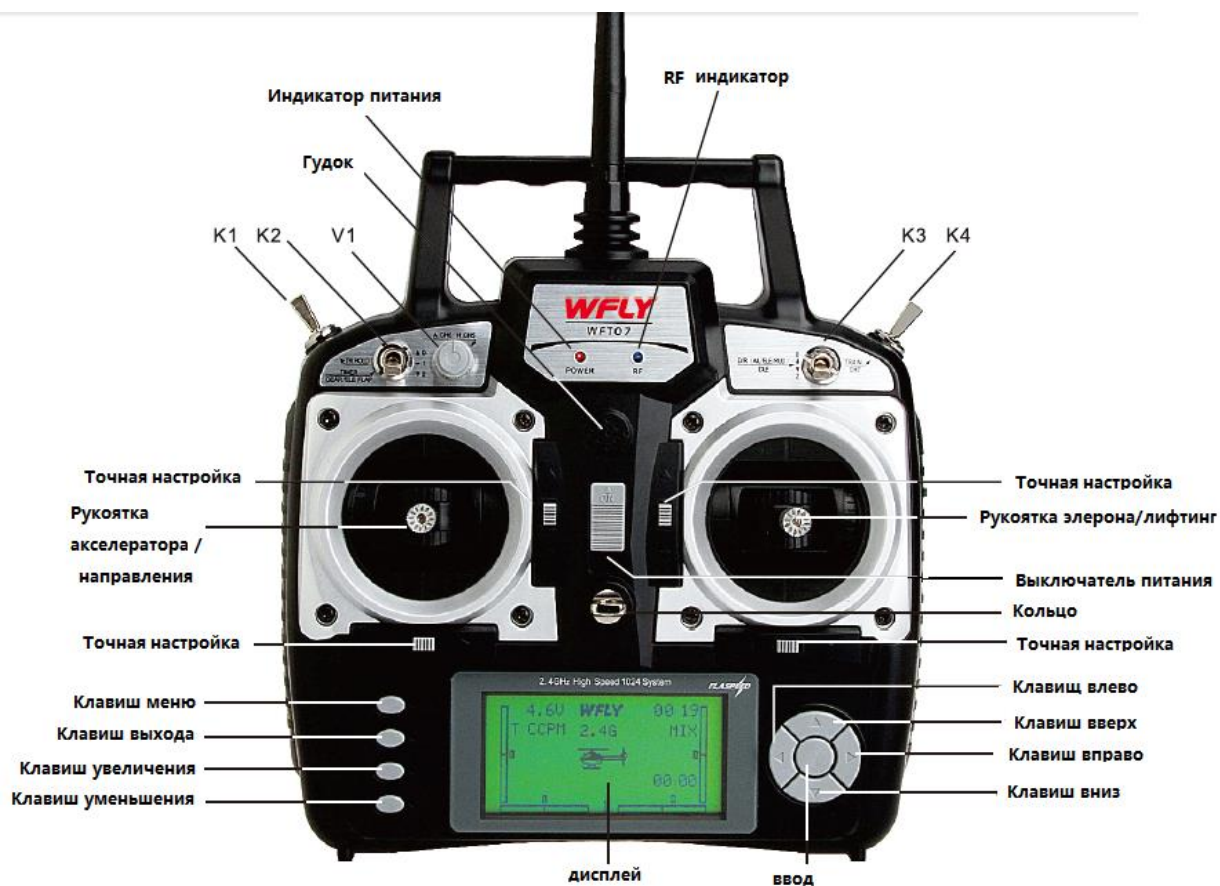


Рисунок 1.7 - Внешний вид пульта управления WFT07

Характеристики пульта управления WFT07:

- Рабочая частота 2.400 ГГц – 2.483 ГГц;
- Разрешение 4096 бит;
- Рабочее напряжение 4.8В-6В.

Назначение основных органов управления пульта следующее.

Индикатор питания: пульт работает;

RF индикатор: модуль передатчика работает;

Точная настройка: точная настройка для рукоятки;

Выключатель питания: вкл\откл;

MENU: позволяет войти в меню функций;

EXIT: для возврата в предыдущее меню;

+ / - : для корректировки значения;

Клавиши со стрелками: Разделенные клавиши со стрелками вверх, вниз, влево, вправо. Они могут быть использованы для переключения элементов;  
 Клавиша ввода: для подтверждения выбранного пункта.

### 1.2.5 Приёмник WFRO7S

Приемник предназначен для идентифицировать сигнал пульта  
 Основные характеристики приёмника приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 - Характеристики приемника

Тип	WFRO7S
Вид	7 каналы 4096 разрешение
Напряжение	4,8 - 6В
Ток	30mA
Вес	9.6g
Размер	40.42mm*27.27mm*11.88mm
Частота	2.400GHz-2.483GHz

Внешний вид приёмника представлен на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Внешний вид приёмника

Приёмник состоит из 7 каналов: 1. AIL, 2. ELE, 3. THR, 4. RUD, 5. GRY, 6. PIT, 7. вспомогательный канал.

Таблица 1.7 - Функции каналов

AIL	Для управления по крену (левый / правый)
ELE	Для контроля высоты тона (передний / задний)



THR	Для управления дроссельной заслонкой
RUD	Для управления рулем направления
GRY	шасси
PIT	питч
Канал 7	вспомогательный канал

### 1.2.6 Ходовая часть

Ходовая часть, включая шасси-подставку, приведена на рисунке 1.9. Основные характеристики ходовой части приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Характеристики полётного контроллера

<b>Марка</b>	<b>ATG-700AL-X6</b>
Размер диагональной колесной базы	700мм
Размер крыла	12мм*12мм*0.8мм
Материал	Крыло: алюминиевый сплав; остальные: стекловолоконные панели



Рисунок 1.9 – Ходовая часть

### 1.2.7 Крыло ATG 1147

Крыло (рисунок 1.10) комплектует ходовую часть.

Длина выбранного крыла ATG 1147 составляет 11 дюймов. Число 47 соответствует изгибу 4,7 дюйма .



Рисунок 1.10. – Крыло

## 2 ОПИСАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На основании описанных в разделе 1 аппаратных элементов БПЛА составлена структурная схема управления гексакоптером, рисунок 2.1



Рисунок 2.1 – Структурная схема управления гексакоптером

Сигнал на полетный контроллер NAZA может поступать от двух источников: с пульта дистанционного управления и контроллера Arduino. Полетный контроллер может работать с входными импульсными сигналами определенной длительности. С этой целью производится широтно-импульсная модуляция в Arduino, либо в приемнике сигналов от пульта управления.

От полетного контроллера сигнал управления поступает в электронный контроллер скорости, функции которого описаны в разделе 1.2.2. Основные из них – это формирование токового сигнала на двигатели БПЛА, обеспечивающие безопасный старт и калибровку газа.

Кроме того, на вход контроллера Arduino поступает сигнал от

ультразвукового дальномера и при обнаружении препятствия Arduino формирует сигнал изменения выходных сигналов пульта управления.

Описание принципов управления на основе приведенной технологии представлено ниже.

## **2.1. Описание контроллера Arduino**

Arduino - это инструмент проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это платформа, предназначенная для «physical computing» с открытым программным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения.

Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (напр.: Flash, Processing, MaxMSP). Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или куплены комплектно. Среда разработки программ с открытым исходным текстом доступна для свободного и использования.

### **2.1.1 Среда разработки Arduino**

Среда разработки Arduino состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста (консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino. Внешний вид среды разработки Arduino приведен на рисунке 2.2.

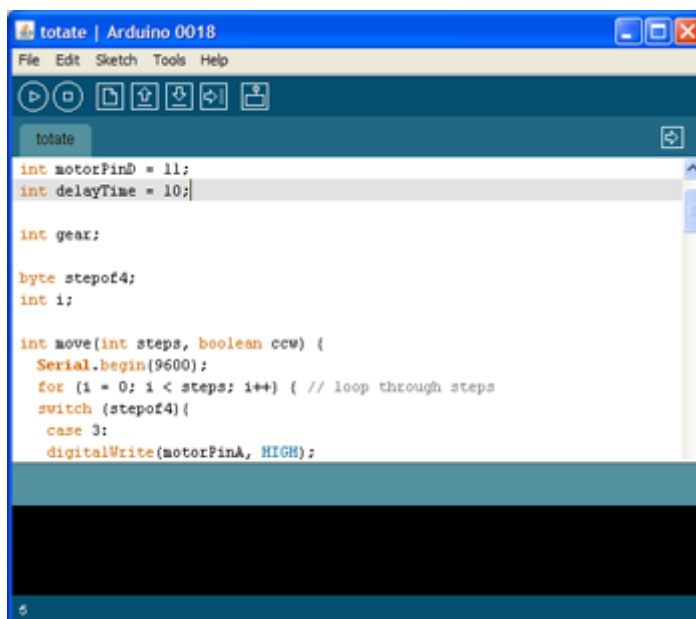


Рисунок 2.2 – Внешний вид среды разработки Arduino

## 2.1.2 Аппаратная часть платформы Arduino

Внешний вид платы Arduino UNO представлен на рисунке 2.3.

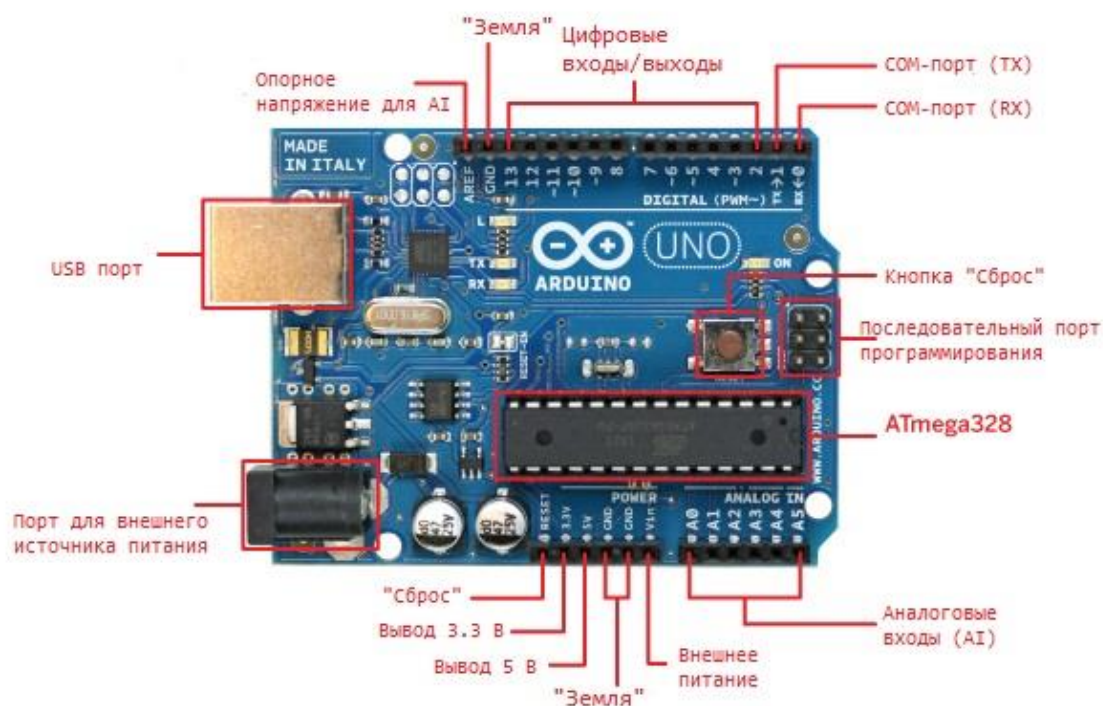


Рисунок 2.3 – Внешний вид платы Arduino UNO

На рисунке 2.3 использованы следующие обозначения:

Опорное напряжение для AI - аналоговых входов;

Земля - заземление;

Цифровые входы/выходы (2-13) - дискретные входы и выходы;

СОМ-порт (TX) - выводы используются для передачи данных TTL;

СОМ-порт (RX) - выводы используются для получения данных TTL;

Кнопка сброс - кнопка перезагрузки микроконтроллера;

Последовательный порт программирования - разъем для прямого программирования микропроцессорного контроллера;

ATmega328 Microcontroller - аппаратное средство;

Аналоговые входы AI (0-5);

Внешнее питание - вход для подачи питания от внешних источников;

Земля - выводы заземления;

Вывод 5В - источник напряжения для питания микроконтроллера и компонентов на плате - 5В;

Вывод 3,3 В - напряжение на выводе 3,3 В;

Сброс - при низком уровне сигнала вывода перезагрузка микроконтроллер;

Порт для внешнего источника питания - подключение внешнего источника питания;

USB порт - USB штекер.

Arduino Uno контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых входов/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

В отличие от всех предыдущих плат, использовавших FTDI USB микроконтроллер для связи по USB, новый Arduino Uno использует микроконтроллер ATmega8U2. Основные характеристики контроллера Arduino Uno приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики контроллера Arduino UNO

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода	3.3 В 50 мА
Флеш-память	32 Кб (ATmega328) из которых 0.5 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	2 Кб (ATmega328)
EEPROM	1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц
Язык программирования	C

### 2.1.3 Входы и Выходы контроллера Arduino Uno

Каждый из 14 цифровых выводов Uno может настроен как вход или выход, используя функции `pinMode()`, `digitalWrite()`, и `digitalRead()`. Выводы работают при напряжении 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор (по умолчанию отключен) 20-50 кОм и может пропускать до 40 мА. Некоторые выводы имеют особые функции:

Последовательная шина: 0 (RX) и 1 (TX). Выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных TTL. Данные выводы подключены к соответствующим выводам микросхемы последовательной шины ATmega8U2 USB-to-TTL.

Внешнее прерывание: 2 и 3. Данные выводы могут быть сконфигурированы на вызов прерывания либо на младшем значении, либо на переднем или заднем фронте, или при изменении значения. Подробная информация находится в описании функции `attachInterrupt()`.

ШИМ: 3, 5, 6, 9, 10, и 11. Любой из выводов обеспечивает ШИМ с разрешением 8 бит при помощи функции analogWrite().

SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Посредством данных выводов осуществляется связь SPI, для чего используется библиотека SPI.

LED: 13. Встроенный светодиод, подключенный к цифровому выводу 13. Если значение на выводе имеет высокий потенциал, то светодиод горит.

## 2.2 Описание органов управления

Основным органом управления БЛА является пульт дистанционного управления (ПУ), внешний вид которого приведен на рисунке 1.8. Его назначение - обеспечить основные функции движения БПЛА, которые структурно показаны на рисунке 2.4.

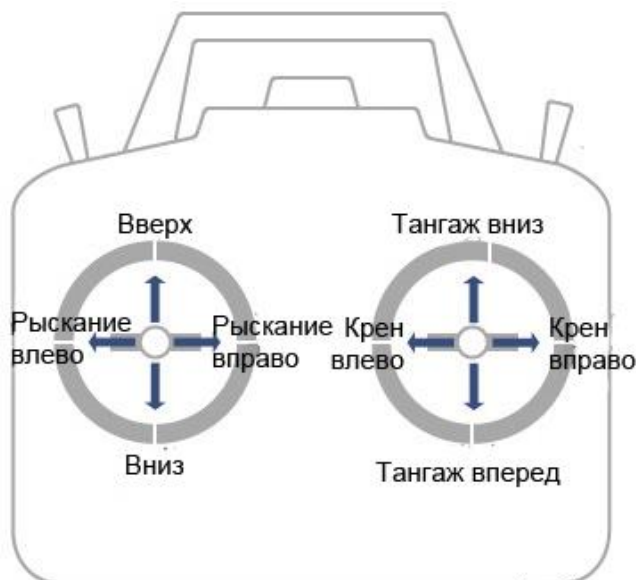
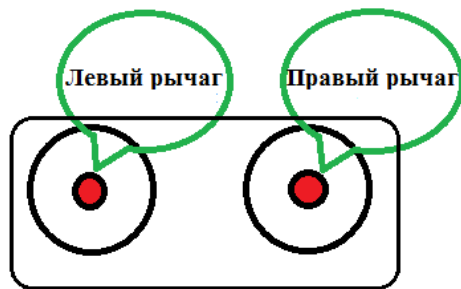


Рисунок 2.4 - Функции движения пульта управления

Рассмотрим более подробно органы воздействия пульта управления и обеспечиваемые функции движения.

ПУ имеет два рычага (джойстика) управления, организующих все двигательные функции коптера.





### 2.2.1 Функции джойстика ПУ

**Левый рычаг** отвечает за перемещение гексакоптера в вертикальной плоскости и его вращение вокруг этой плоскости:

Вверх/Газ (Throttle up) — при перемещении стика вверх гексакоптер (заменить все гексакоптеры на коптер) будет набирать высоту.

Вниз/Тормоз (Throttle down) — при перемещении его вниз, гексакоптер будет спускаться.

Рыскание влево (Yaw left) — при перемещении правого рычага влево, гексакоптер будет поворачиваться на месте влево.

Рыскание вправо (Yaw right) — при перемещении правого рычага вправо, гексакоптер будет поворачиваться на месте вправо.

**Правый рычаг** отвечает за тангаж и крен:

Тангаж вниз (Pitch down) — «нос» (передняя часть) гексакоптера будет наклонена вниз.

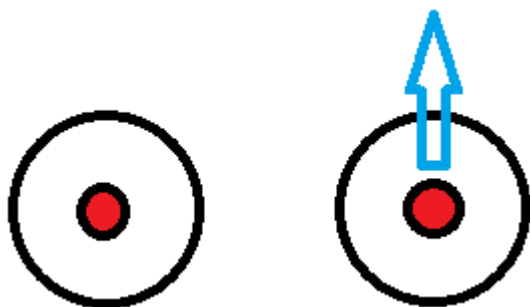
Тангаж вверх (Pitch up) — «нос» (передняя часть) гексакоптера будет наклонена вверх.

Крен влево (Roll left) — при перемещении джойстика вправо, коптер наклонится в левую сторону.

Крен вправо (Roll right) — при перемещении джойстика влево, коптер наклонится в правую сторону.

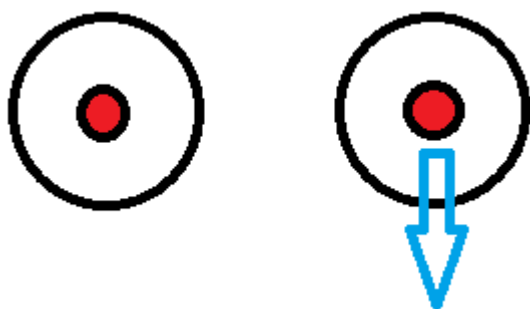
### 2.2.2 Обеспечение движения ПУ

**Движение гексакоптера вперед** обеспечивается следующим образом



Для этого необходимо увеличить скорости двигателей 4 и 5 , и уменьшить скорости двигателей 1 и 2 .

#### **Движение гексакоптера назад**



Для этого необходимо увеличить скорости двигателей 1 и 2 , уменьшить скорости двигателей 4 и 5 .

#### **Движение гексакоптера вверх**



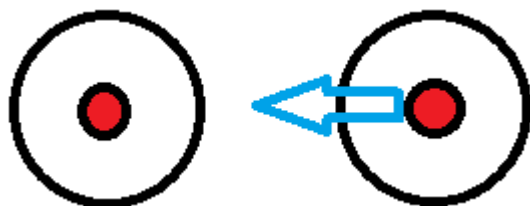
Для этого необходимо увеличить скорости всех двигателей.

#### **Движение гексакоптера вниз**



Для этого необходимо уменьшить скорости всех двигателей.

### **Движение гексакоптера налево**



Для этого необходимо увеличить скорости двигателей 1 и 5 , и уменьшить скорости двигателей 2 и 4.

### **Движение гексакоптера направо**



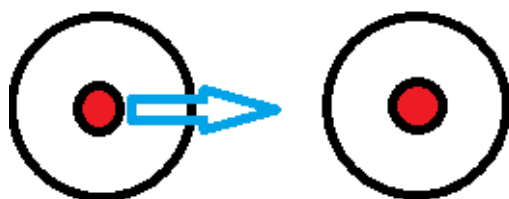
Для этого необходимо увеличить скорости двигателей 2 и 4 , и уменьшить скорости двигателей 1 и 5.

### **Поворот гексакоптера налево**



Для этого необходимо увеличить скорости двигателей 2 , 4 и 6 ; и уменьшить скорости двигателей 1 , 3 и 5.

### **Поворот гексакоптера направо**



Для этого необходимо увеличить скорости двигателей 1 , 3 и 5 ; и уменьшить скорости двигателей 2 , 4 и 6.

Основные двигательные функции коптера и соответствующие им действия двигателя приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Управление скоростями двигателя при движении гексакоптера

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Вперед	-	-		+	+	
Назад	+	+		-	-	
Вверх	+	+	+	+	+	+
Вниз	-	-	-	-	-	-
Налево	+	-		-	+	
направо	-	+		+	-	
поворот влево	-	+	-	+	-	+
поворот вправо	+	-	+	-	+	-

«+» увеличить скорость

«-» уменьшить скорость

### 2.3 Описание ультразвукового датчика

Для измерения расстояния до препятствия использовался ультразвуковой датчик расстояния (дальномер) HC-SR04, изображенный на рисунке 2.5.

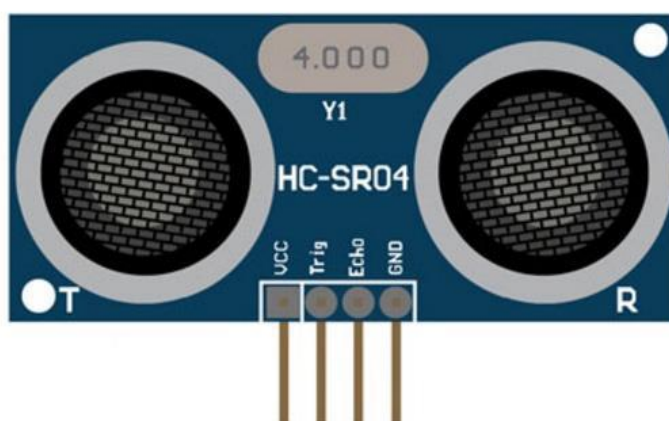


Рисунок 2.5 – Внешний вид ультразвукового датчика расстояния

Основные технические характеристики приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики датчика HC-SR04

Напряжение питания	5В
Эффективный угол	<15
Диапазон измерения расстояния	2-400см

Принцип работы датчика заключается в следующем. с В начальный момент времени сенсор посылает ультразвуковой импульс. Этот импульс отражается от препятствия и принимается сенсором. Расстояние пропорционально времени между излучением и получением эха, а также скорости звука в воздухе. Сенсор получает сигнал эха и выдает расстояние, которое кодируется длительностью электрического сигнала на выходе датчика (Echo), следующий импульс может быть излучен, только после исчезновения эха от предыдущего. Это время называется периодом цикла и должно быть не менее 50 мс. [11] Измеренное расстояние до объекта пропорционально ширине эха и вычисляется по формуле:

$$dist = \frac{PulseWidth}{58}, \quad (2.1)$$

где *PulseWidth* - ширина окна.

### 3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В таблице 2.2 приведены соответствия между управлением двигателями гексакоптера и направлением его движения. Однако, управление движением БПЛА при помощи пульта управления или контроллера чаще определено через составляющие движения летательных аппаратов: тангаж, крен, рыскание и газ.

#### 3.1 Компоненты движения БПЛА

Управление гексакоптером от пульта управления осуществляется через приемник в полетный контроллер, который передает совокупность импульсов на соответствующие двигатели летательного аппарата. На рисунке 3.1 приведена структурная схема приема-передачи сигналов полетным контроллером.

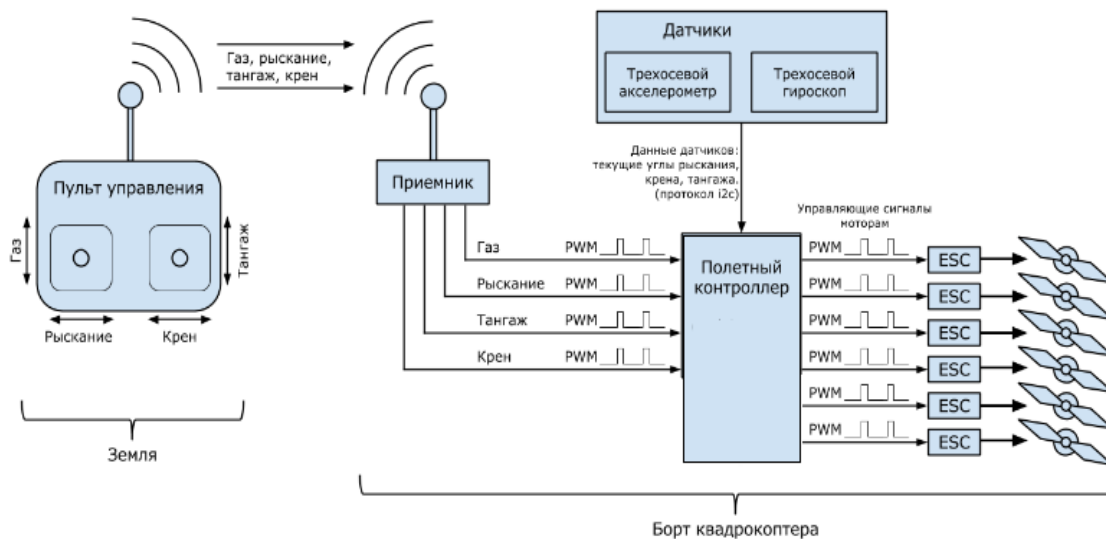


Рисунок 3.1

Мультикоптер способен летать в четырех режимах: крен, тангаж, рыскание и зависание на определенной высоте.

Левый джойстик пульта управления мультикоптера управляет перемещением (а также вращением) коптера в вертикальной плоскости (вдоль оси Z) и его вращение вокруг этой плоскости.

- Вверх/Газ (Throttle up) — при перемещении стика вверх коптер будет набирать высоту.
- Вниз/Тормоз (Throttle down) — при перемещении его вниз, коптер будет спускаться.
- Рыскание влево (Yaw left) — при перемещении правого рычага влево, коптер будет поворачиваться на месте влево, рисунок 3.2-а.
- Рыскание вправо (Yaw right) — при перемещении правого рычага вправо, коптер будет поворачиваться на месте вправо.

Правый джойстик мультикоптера управляет тангажом и креном, то есть вращением коптера вокруг осей X и Y.

Тангаж вниз (Pitch down) — «нос» (передняя часть) коптера будет наклонена вниз.

- Тангаж вверх (Pitch up) — «нос» (передняя часть) коптера будет наклонена вверх, рисунок 3.2-б.
- Крен вправо (Roll right) — при перемещении джойстика влево, коптер наклонится в левую сторону.
- Крен влево (Roll left) — при перемещении джойстика вправо, коптер наклонится в правую сторону, рисунок 3.2-в.

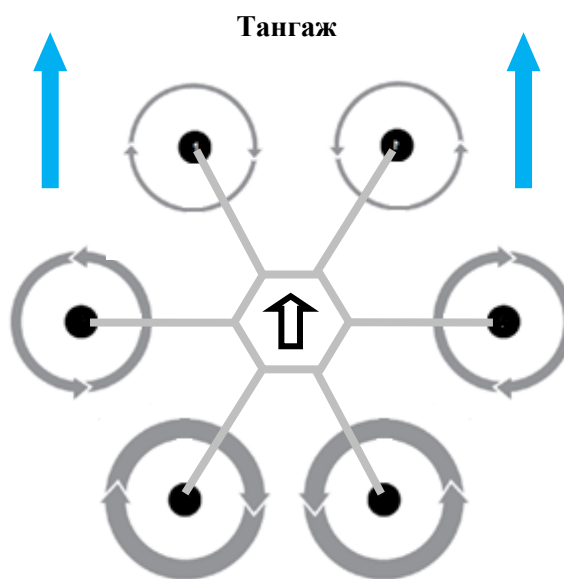
Таким образом, углы тангажа, крена и рыскания (pitch, roll, yaw) — углы, которыми принято определять и задавать ориентацию гексакоптера в пространстве .

Управление углом рыскания осуществляется добавлением мощности двигателям, вращающимся в противоположную сторону поворота с аналогичным уменьшением мощности у двух других двигателей. При этом не производится набор высоты, так как общая мощность двигателей не изменяется.

Режим зависания осуществляется в том случае, когда тяга двигателей уравнивает силу тяжести, действующую на коптер, причем углы крена и тангажа должны быть близки к нулю.

За определение углов наклона летательного аппарата отвечает бортовая система управления, оснащенная датчиками положения (гироскоп, компас, акселерометр, барометр, GPS и т.д.). Главная задача системы, отслеживание ориентации аппарата в пространстве и стабилизация его положения, путем изменения скоростей вращения соответствующих винтов.

Газ гексакоптера — среднее арифметическое между скоростями вращения всех моторов. Чем больше газ, тем больше суммарная тяга моторов, тем сильнее они перемещают гексакоптер вверх. Обычно газ измеряется в процентах: 0% — моторы остановлены, 100% — вращаются с максимальной скоростью. Газ зависания — минимальный уровень газа, который необходим, чтобы гексакоптер не терял высоту.





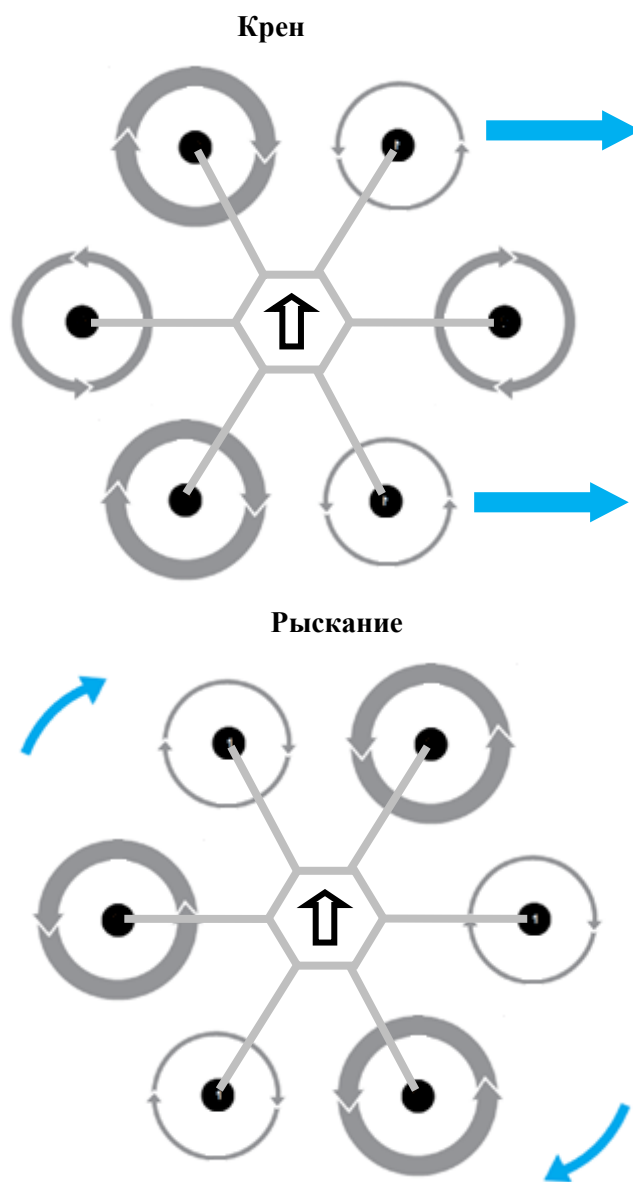


Рисунок 3.2 – Ориентация мультикоптера в пространстве

Существует несколько режимов полета. Для обеспечения разных режимов используется GPS, барометр и дальномер. Например, базовый режим (режим стабилизации), в котором гексакоптер держит те углы, которые ему задаются с пульта не зависимо от внешних факторов. В этом режиме при отсутствии ветра гексакоптер может висеть почти на месте. Направление и режим движения мультикоптера определяется направлением сил, приложенных к летательному аппарату, при работе двигателей. Ниже проведен анализ на примере управления тангажом.

### 3.2 Тангаж и работа двигателей

Тангаж позволяет обеспечить движение гексакоптера назад или вперёд, рисунок 3.3.

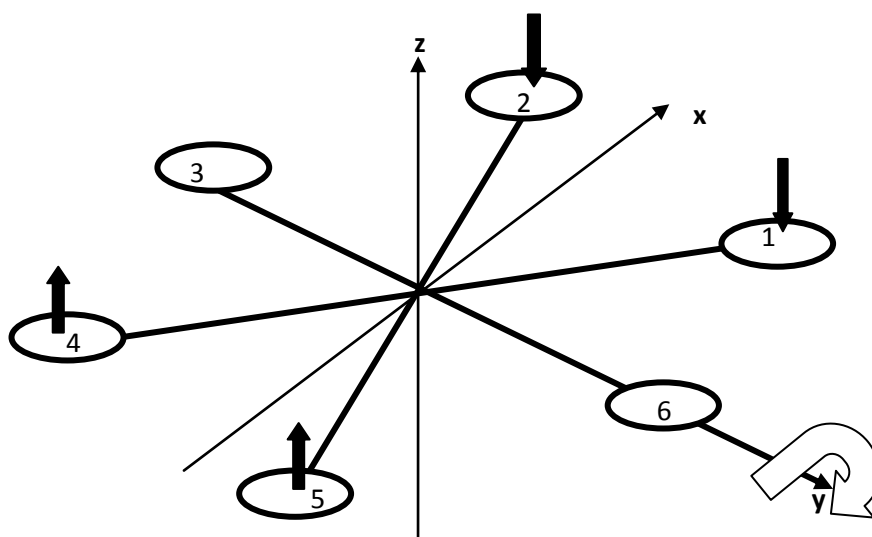


Рисунок 3.3 – Работа двигателей при управлении тангажом

Когда гексакоптер получил сигнал пульта «вперед», двигатель 1 и двигатель 2 уменьшают скорость, двигатель 4 и двигатель 5 увеличивают скорость. Восходящая сила двигателей 1 и 2 будет уменьшаться, а восходящая сила двигателей 4 и 5 будет увеличиваться.

Несбалансированный момент производит вращение коптера вокруг оси Y. Приложенные к гексакоптеру силы будут выглядеть следующим образом:

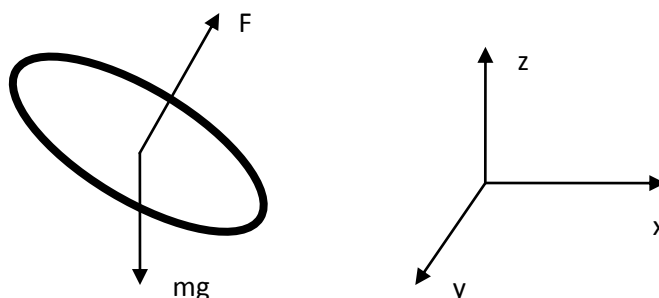


Рисунок 3.4 – Восходящая сила гексакоптера

На рисунке 3.4 F-восходящая сила;

Mg-сила тяжести гексакоптера.

Восходящая сила  $F$  может быть разделена на две части:  $F_1$  и  $F_2$

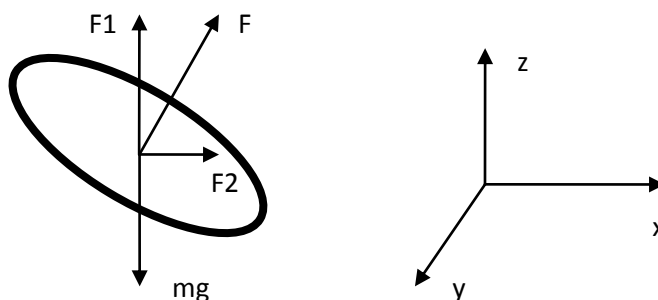


Рисунок 3.5 – Разделение восходящей силы гексакоптера

На рисунке 3.5  $F_1$ -вертикальная составляющая восходящей силы;  $F_2$ -горизонтальная составляющая восходящей силы.

Вертикальная составляющая  $F_1$  равна силе тяжести гексакоптера  $mg$ . Именно горизонтальная составляющая  $F_2$  позволяет гексакоптеру движение вперед.

### 3.3 Описание задачи ухода от препятствия

Большинство работ, посвященных решению задач мониторинга местности при помощи БПЛА, связано с движением летательного аппарата по известной траектории. В частности, в работе [5] авторами предлагается система управления, реализующая движение мультикоптера по прямой линии, соединяющей начальную и конечную точки траектории, с заданной скоростью на заданной высоте над поверхностью земли с учетом рельефа местности. В [6] рассмотрен алгоритм передвижения мультикоптера вдоль любой траектории в пространстве, при котором мультикоптер способен следовать за движущимся объектом с известными координатами и скоростью.

В настоящей работе предлагается рассмотреть полет гексакоптера по произвольной траектории [7] в автономном режиме. При этом, положение препятствия заранее неизвестно. При обнаружении препятствия мультикоптер

должен избежать столкновения, скорректировать сигналы от ПУ и остановиться в эту точку.

### 3.4 Алгоритм и программа управления тангажом

Алгоритм ухода гексакоптера от препятствия основан на управлении тангажом. При этом, в соответствии с рисунком 2.1, сигнал на двигатели поступает от полетного контроллера. Полетный контроллер NAZA принимает входные сигналы тангажа от пульта дистанционного управления и контроллера Arduino. Контроллер Arduino инициирует измерение расстояния до препятствия и корректировку тангажа в соответствии с показаниями дальномера.

В соответствии с техническими характеристиками дальномера HC-SR04 расстояние до препятствия ограничивается величиной 130 см. При большем расстоянии полетный контроллер использует только сигналы от ПУ, при меньшем расстоянии – сигнал от Arduino. Схема входных и выходных сигналов приведена на рисунке 3.6.

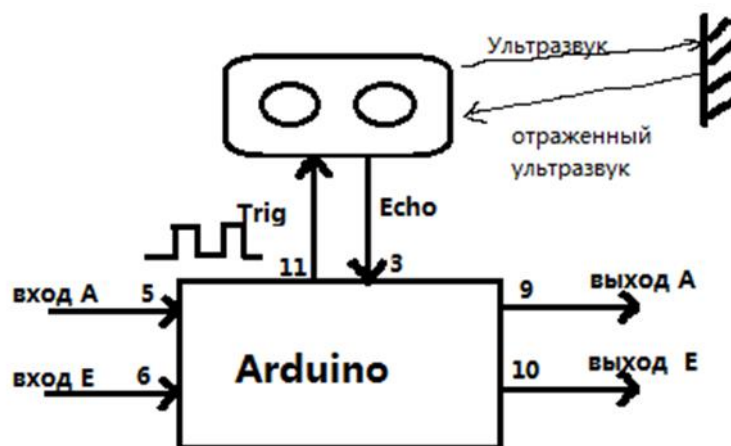


Рисунок 3.6 – Схема информационных потоков

Программа в контроллере Arduino включает пять основных блоков:

1. Описание переменных
2. Инициализация и опрос входов/выходов

3. Измерение расстояния до преграды.
4. Вычисление сигнала корректировки.
5. Формирование сигналов для отображения в окне Arduino .

1. Описание входных / выходных сигналов и переменных  
 ELE (тип long) дискретный вход - сигнал тангажа от ПУ  
 OUTELE (тип int) дискретный выход - сигнал от Arduino  
 TrigPin (тип int) дискретный выход - сигнал от Arduino в HC-SR04  
 EchoPin (тип int) дискретный вход - сигнал от HC-SR04 в Arduino  
 delta (тип float) переменная, определяющая расстояние корректировки  
 distance (тип float) переменная, определяющая расстояние до

препятствия

2. Инициализация входных и выходных сигналов

вход 6 = ELE

выход 11 = TrigPin

вход 12 = EchoPin

выход 10 = OUTELE

3. Измерение расстояния до преграды.

Для начала процесса измерения на вход TRIG датчика HC-SR304 необходимо подать сигнал высокого уровня длительностью 10 мкс. После приема отраженного сигнала, датчик формирует на выводе ECHO импульс высокого уровня, длительность которого пропорционально расстоянию до преграды (150мкс-25мс). Пересчет длительности отраженного импульса в расстояние производится в контроллере Arduino в соответствии с формулой (2.1).

4. Вычисление сигнала корректировки.

Если расстояние  $distance < 130$  см, то  $delta = (130 - distance) / 2.68$ .

Выход (тангаж)  $OUTELE = OUTELE - delta$ .

При большем расстоянии полетный контроллер использует только сигналы от ПУ.

## 5. Формирование сигналов для отображения в окне Arduino .

```
#include<Servo.h>;

//Описание переменных: вход крен и тангаж
#define AIL1 5 //AIL крен -порт 5, переменная AIL1
#define ELE2 6 //ELE тангаж - порт 6, переменная ELE2

unsigned long INAIL;
unsigned long INELE;

//Описание переменных: выход крен и тангаж
int OUTAIL;
int OUTELE;
float delta = 0; // Переменная delta определяющая расстояние корректировки

Servo AIL;
Servo ELE;
//Определяется порт 11, переменная TrigPin
//Определяется порт 12, переменная EchoPin
const int TrigPin = 11;
const int EchoPin = 12;

//Описание переменной distance
float distance;

void setup()
{
  pinMode(AIL1,0);
  pinMode(ELE2,0);
  //AIL крен. соединенит с портом 9, входной сигнал для NAZA
  //ELE тангаж. соединенит с портом 10, входной сигнал для NAZA
  AIL.attach(9);
  ELE.attach(10);

  Serial.begin(9600);
  //Инициализируем входы и выходы
  pinMode(TrigPin, OUTPUT);
  pinMode(EchoPin, INPUT);
}

void loop()
{
  sr();
}
```

```

//сравнить distance с 130см, если длина меньше 130см, то вычислить delta.
if(distance<=130)
{
  delta = 130 - distance;
  delta = delta/2.68;
}
//читать сигнал
INAIL = pulseIn(AIL1, 1);
INELE = pulseIn(ELE2, 1);

//Сжатый сигнал
OUTAIL = map(INAIL,1000,2000,47,144);
OUTELE = map(INELE,1000,2000,47,144);
//1000 – минимальный входной сигнал из приёмника;
//2000 – максимальный входной сигнал из приёмника;
//47 – минимальный выходной сигнал из Arduino;
//144 - максимальный выходной сигнал из Arduino;
//выход E минус delta
OUTELE = OUTELE - delta;

AIL.write(OUTAIL);
ELE.write(OUTELE);

// Для отображения в окне Arduino
Serial.print("AIL=");
Serial.print(INAIL);
Serial.print(" ELE=");
Serial.print(INELE);
Serial.print(" ");

  Serial.print("outail= ");
  Serial.print(OUTAIL);
  Serial.print(" outele= ");
  Serial.print(OUTELE);
  Serial.print(" ");

  Serial.print("delta= ");
  Serial.print(delta);
  Serial.print(" ");
  delay(5);
}

void sr()
{
  // Датчик срабатывает и генерирует импульсы шириной 10 мкс
  // Генерируем короткий LOW импульс, чтобы обеспечить «чистый» импульс HIGH:
  digitalWrite(TrigPin, LOW);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(TrigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
}

```

```

digitalWrite(TrigPin, LOW);
// Считываем данные с ультразвукового датчика:
// значение HIGH, которое зависит от длительности
//(в микросекундах) между отправкой акустической
//волны и ее обратном приеме на эхолокаторе.
pinMode(EchoPin, INPUT);
// преобразование времени в расстояние
distance = pulseIn(EchoPin, HIGH) / 58.00;
//сравнить distance с 130см
if(distance>=130 || distance==0)
{
distance=130;
}
// Для отображения в окне Arduino
Serial.print(distance);
Serial.print("cm");
Serial.println();
delay(50);
}

```

### 3.5 Описание результатов

Для проверки работоспособности и логики работы программы был проведен эксперимент, суть которого состоит в следующем.

1) была собрана система управления гексакоптером в соответствии с рисунком 2.1;

2) была установлена измерительная линейка с возможностью прикрепления объекта (преграды) на требуемом расстоянии;

3) в контроллере Arduino фиксируется измеренное расстояние;

4) в соответствии с логикой корректировки тангажа контроллер Arduino формирует выходной сигнал на полетный контроллер NAZA.

5) значения выходного сигнала отображаются в окне контроллера Arduino.

Результаты эксперимента приведены в таблице 3.1. А на рисунке 3.7 приведена информация, отображаемая в окне контроллера Arduino.

Таблица 3.1 – Результаты эксперимента

0%	12,5 %	25%	50%	75%	100%
11	-1000	-750	-506	-277	11
0 см	6см	32.5см	65см	97.5см	130см



130cm	6,31cm	31,41	64,93cm	96cm	130cm
-------	--------	-------	---------	------	-------

```

AIL=1483 ELE=1498 outail= 93 outele= 95 delta= 0.00 121.45cm
AIL=1499 ELE=1501 outail= 95 outele= 91 delta= 3.19 130.00cm
AIL=1504 ELE=1505 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1504 ELE=1499 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1498 ELE=1476 outail= 95 outele= 93 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1483 ELE=1504 outail= 93 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1505 ELE=1499 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1498 ELE=1498 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1499 ELE=1505 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1490 ELE=1483 outail= 94 outele= 93 delta= 0.00 104.14cm
AIL=1498 ELE=1498 outail= 95 outele= 85 delta= 9.65 130.00cm
AIL=1498 ELE=1504 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 117.00cm
AIL=1504 ELE=1505 outail= 95 outele= 90 delta= 4.85 130.00cm
AIL=1498 ELE=1484 outail= 95 outele= 93 delta= 0.00 87.17cm
AIL=1477 ELE=1504 outail= 93 outele= 79 delta= 15.98 130.00cm
AIL=1504 ELE=1505 outail= 95 outele= 95 delta= 0.00 130.00cm
AIL=1504 ELE=1498 outail=
  
```

自动滚屏 没有结束符

```

AIL=1489 ELE=1489 outail= 94 outele= 47 delta= 46.15 6.31cm
AIL=1496 ELE=1499 outail= 95 outele= 48 delta= 46.15 6.31cm
AIL=1489 ELE=1497 outail= 94 outele= 48 delta= 46.15 6.31cm
AIL=1483 ELE=1489 outail= 93 outele= 47 delta= 46.15 6.31cm
AIL=1496 ELE=1483 outail= 95 outele= 46 delta= 46.15 6.31cm
AIL=1461 ELE=1497 outail= 91 outele= 48 delta= 46.15 6.41cm
AIL=1483 ELE=1483 outail= 93 outele= 46 delta= 46.11 6.41cm
AIL=1490 ELE=1505 outail= 94 outele= 48 delta= 46.11 6.41cm
AIL=1483 ELE=1490 outail= 93 outele= 47 delta= 46.11 6.16cm
AIL=1489 ELE=1483 outail= 94 outele= 46 delta= 46.21 6.41cm
AIL=1476 ELE=1474 outail= 93 outele= 45 delta= 46.11 6.41cm
AIL=1474 ELE=1491 outail= 92 outele= 47 delta= 46.11 6.41cm
AIL=1489 ELE=1483 outail= 94 outele= 46 delta= 46.11 6.41cm
AIL=1490 ELE=1498 outail= 94 outele= 48 delta= 46.11 6.41cm
AIL=1489 ELE=1490 outail= 94 outele= 47 delta= 46.11 6.31cm
AIL=1489 ELE=1475 outail= 94 outele= 46 delta= 46.15 6.31cm
AIL=1475 ELE=1498 outail= 93 outele=
  
```

自动滚屏 没有结束符

```

AIL=1490 ELE=1483 outail= 94 outele= 68 delta= 24.41 64.09cm
AIL=1498 ELE=1499 outail= 95 outele= 70 delta= 24.59 64.48cm
AIL=1498 ELE=1505 outail= 95 outele= 70 delta= 24.45 63.90cm
AIL=1504 ELE=1498 outail= 95 outele= 70 delta= 24.67 64.33cm
AIL=1498 ELE=1484 outail= 95 outele= 68 delta= 24.50 64.48cm
AIL=1477 ELE=1505 outail= 93 outele= 70 delta= 24.45 64.38cm
AIL=1504 ELE=1499 outail= 95 outele= 70 delta= 24.49 64.74cm
AIL=1499 ELE=1499 outail= 95 outele= 70 delta= 24.35 64.21cm
AIL=1498 ELE=1505 outail= 95 outele= 70 delta= 24.55 64.72cm
AIL=1505 ELE=1483 outail= 95 outele= 68 delta= 24.36 64.36cm
AIL=1484 ELE=1499 outail= 93 outele= 70 delta= 24.49 65.34cm
AIL=1498 ELE=1505 outail= 95 outele= 70 delta= 24.13 64.14cm
AIL=1505 ELE=1504 outail= 95 outele= 70 delta= 24.58 64.12cm
AIL=1504 ELE=1498 outail= 95 outele= 70 delta= 24.58 64.53cm
AIL=1484 ELE=1489 outail= 93 outele= 69 delta= 24.43 64.93cm
AIL=1505 ELE=1504 outail= 95 outele= 70 delta= 24.28 64.93cm
AIL=1504 ELE=1498 outail= 95 outele= 70
  
```

自动滚屏 没有结束符 9600 波特

```

AIL=1504 ELE=1498 outail= 95 outele= 58 delta= 36.12 32.57cm
AIL=1498 ELE=1498 outail= 95 outele= 58 delta= 36.35 33.26cm
AIL=1485 ELE=1483 outail= 94 outele= 56 delta= 36.10 33.10cm
AIL=1504 ELE=1498 outail= 95 outele= 58 delta= 36.16 32.79cm
AIL=1498 ELE=1498 outail= 95 outele= 58 delta= 36.27 32.66cm
AIL=1498 ELE=1504 outail= 95 outele= 58 delta= 36.32 32.24cm
AIL=1504 ELE=1498 outail= 95 outele= 58 delta= 36.48 32.40cm
AIL=1476 ELE=1483 outail= 93 outele= 56 delta= 36.42 32.34cm
AIL=1489 ELE=1491 outail= 94 outele= 57 delta= 36.44 32.29cm
AIL=1499 ELE=1498 outail= 95 outele= 58 delta= 36.46 31.84cm
AIL=1489 ELE=1490 outail= 94 outele= 57 delta= 36.63 31.62cm
AIL=1498 ELE=1504 outail= 95 outele= 58 delta= 36.71 31.84cm
AIL=1489 ELE=1489 outail= 94 outele= 55 delta= 36.63 31.95cm
AIL=1484 ELE=1505 outail= 93 outele= 58 delta= 36.59 31.95cm
AIL=1489 ELE=1491 outail= 94 outele= 57 delta= 36.59 32.10cm
AIL=1498 ELE=1505 outail= 95 outele= 58 delta= 36.53 31.41cm
AIL=1483 ELE=1491 outail= 93 outele=
  
```

自动滚屏 没有结束符 9600

AIL=1498 ELE=1504	outail= 95	outele= 80	delta= 14.60	92.67cm
AIL=1490 ELE=1483	outail= 94	outele= 79	delta= 13.93	92.86cm
AIL=1505 ELE=1499	outail= 95	outele= 81	delta= 13.86	92.36cm
AIL=1498 ELE=1505	outail= 95	outele= 80	delta= 14.04	93.74cm
AIL=1504 ELE=1505	outail= 95	outele= 81	delta= 13.53	93.16cm
AIL=1505 ELE=1498	outail= 95	outele= 81	delta= 13.75	94.53cm
AIL=1477 ELE=1490	outail= 93	outele= 80	delta= 13.23	93.12cm
AIL=1504 ELE=1504	outail= 95	outele= 81	delta= 13.76	94.22cm
AIL=1504 ELE=1498	outail= 95	outele= 81	delta= 13.35	92.90cm
AIL=1498 ELE=1504	outail= 95	outele= 81	delta= 13.84	93.22cm
AIL=1504 ELE=1490	outail= 95	outele= 80	delta= 13.72	93.45cm
AIL=1490 ELE=1499	outail= 94	outele= 81	delta= 13.64	93.72cm
AIL=1499 ELE=1498	outail= 95	outele= 81	delta= 13.54	94.26cm
AIL=1504 ELE=1505	outail= 95	outele= 81	delta= 13.34	95.10cm
AIL=1505 ELE=1499	outail= 95	outele= 81	delta= 13.02	95.38cm
AIL=1484 ELE=1476	outail= 93	outele= 80	delta= 12.92	96.00c

自动滚屏 没有结果

**Channel Monitor**

A	-11	U
E	-277	X1
T	-1000	X2
R	1	

AIL=1505 ELE=1504	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1505 ELE=1499	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1498 ELE=1504	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1490 ELE=1489	outail= 94	outele= 94	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1504 ELE=1498	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1499 ELE=1499	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1504 ELE=1504	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1505 ELE=1484	outail= 95	outele= 93	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1477 ELE=1498	outail= 93	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1498 ELE=1505	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1505 ELE=1499	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1498 ELE=1498	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1498 ELE=1483	outail= 95	outele= 93	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1490 ELE=1498	outail= 94	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm
AIL=1498 ELE=1498	outail= 95	outele= 95	delta= 0.00	130.00cm

自动滚屏 没有结果

**Channel Monitor**

A	-10	U
E	11	X1
T	-1000	X2
R	1	

Рисунок 3.7 – Отображение информации в окне контроллера Arduino

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется главным образом коммерческой ценностью разработки, а не только ее ресурс - эффективностью и высокотехнологичными свойствами, которые в начале разработки продукта бывает достаточно трудно оценить. Высокая коммерческая ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Эти моменты важно учитывать разработчикам, которые должны представлять высокие перспективы проводимых научных исследований.

Таким образом, целью работы является проведение таких научных исследований, тема которых актуальна на сегодняшний день и отвечает современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- планирование научно-исследовательской работы;
- определение возможных альтернатив проведения научного исследования, отвечающих современным требованиям в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности.

### **4.1 Календарный план работ и оценка времени их выполнения**

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, а также распределение исполнителей по

данным видам работ приведен в таблице 1. В таблице 2 представлен календарный план выполнения работ.

Таблица 4.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Продолжительность, дни
Разработка и выдача технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	1
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	20
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	1
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	1
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	25
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер	55
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	3
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер	5
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, инженер	1
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка стенда для выполнения проекта	Инженер	2
	11	Выбор и расчет стенда	Инженер	2
	12	Оценка эффективности работы и применения проектируемого изделия	Инженер	3
	13	Лабораторные испытания макета	Инженер	11
Оформление комплекта документации по ВКР	14	Составление пояснительной записки	Инженер	33
	15	Проверка пояснительной записки	Руководитель, инженер	4

Таблица 4.2 – Календарный план

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал.дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Декабрь		Январь				Март							
				15	16	4	5	6	29	8	13	17	18	20	22	25	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер	1	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	20		■												
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер	1			■											
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер	1				■										
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	25					■									
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер	55							■							
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	3								■						
8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, инженер	5								■						
9	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, инженер	1									■					



Таким образом, был оценен объем необходимых работ, составлен календарный план их проведения и распределены обязанности участников проекта: участниками являются 2 человека - научный руководитель и инженер. Научный руководитель участвует в работе в течении 13 дней, инженер- 167 дней.

#### 4.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнения проекта ( $K_{пр}$ ) складываются из следующих составляющих:

$$K_{пр} = K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о.} + K_{пр} + K_{накл},$$

где  $K_{мат}$  – материальные затраты на выполнение проекта;

$K_{ам}$  – амортизация компьютерной техники;

$K_{з/пл}$  – затраты на заработную плату;

$K_{с.о.}$  – затраты на социальные нужды;

$K_{пр}$  – прочие затраты;

$K_{накл}$  – накладные расходы.

##### 4.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты принимаем в размере 2200 рублей на канцелярские товары.

##### 4.2.2 Амортизация компьютерной техники

Рассчитаем амортизацию компьютерной техники  $K_{ам}$ :

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}},$$

где  $T_{исп.кт}$  – время использования компьютерной техники;

$T_{кал}$  – календарное время (365 дней);

$Ц_{кт}$  – цена компьютерной техники;

$T_{сл}$  – срок службы компьютерной техники (5 лет).

Затраты и время работы компьютерной техники сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Стоимость и время работы компьютерного оборудования

Объект	Стоимость, руб.	Время использования, дней.
Компьютер	65000	87

Тогда амортизация составит

$$K_{\text{ам.компьютера}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}} = \frac{87}{365} \cdot 65000 \cdot \frac{1}{5} = 3099 \text{ руб};$$

$$K_{\text{ам}} = K_{\text{ам.компьютера}} = 3099 \text{ руб.}$$

#### 4.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата рассчитывается для инженера и научного руководителя:

$$K_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{нр}}$$

где  $ЗП_{\text{инж}}$  – заработная плата инженера;

$ЗП_{\text{нр}}$  – заработная плата научного руководителя.

Заработная плата за месяц:

$$ЗП_{\text{мес}} = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где  $ЗП_0$  – месячный оклад, руб;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск (10%);

$k_2$  – районный коэффициент (30%).

Заработная плата научного инженера (10 разряд):

$$ЗП_{\text{инж}} = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб},$$

Заработная плата научного руководителя (15 разряд):

$$ЗП_{\text{мес}} = ЗП_0 \cdot k_1 \cdot k_2 = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб},$$

Рассчитаем заработную плату за количество отработанных дней по факту:

$$ЗП_{\text{инж.фак.}} = \frac{ЗП_{\text{нр}}}{21} \cdot n = \frac{24310}{21} \cdot 167 = 193322 \text{ руб},$$

$$ЗП_{\text{нр.фак.}} = \frac{ЗП_{\text{нр}}}{21} \cdot n = \frac{37609}{21} \cdot 13 = 23282 \text{ руб.}$$

где  $n$  – фактическое число дней работы в проекте.

В итоге затраты на оплату труда руководителя ВКР и инженера составят:



$$K_{з/пл} = ЗП_{инж.фак.} + ЗП_{нр.фак.} = 193322 + 23282 = 216604 \text{руб.}$$

#### 4.2.4 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные отчисления составляют 30% от  $K_{з/пл}$  и равны:

$$K_{с.о.} = K_{з/пл} \cdot 0,3 = 216604 \cdot 0,3 = 64981 \text{руб.}$$

#### 4.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаем в размере 10% от суммы материальных и амортизационных затрат, затрат на заработную плату, а также затрат на социальные отчисления:

$$K_{пр} = (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о.}) \cdot 0,1 = (2200 + 3099 + 216604 + 64981) \cdot 0,1 = 28688 \text{руб.}$$

#### 4.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы принимаем в размере 200% от затрат на заработную плату  $K_{з/пл}$ :

$$K_{накл} = K_{з/пл} \cdot 2 = 216604 \cdot 2 = 433208 \text{руб.}$$

Составим итоговую смету затрат на выполнения проекта:

Таблица 5 – Смета проекта

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	2200
Амортизационные затраты	3099
Затраты на заработную плату	216604
Социальные отчисления	64981
Прочие затраты	28688
Накладные расходы	433208
Итого:	748780

### 4.3 Смета затрат на материалы для реализации проекта

В таблице 6 представлено подробное описание расходов на материалы, необходимые для реализации проекта:

Таблица 6 - Расходы на материалы

Статьи расходов	Единица измерения	Цена, руб	Объем потребления	Итого, руб.
Канцелярские товары	-	-	-	2200
Двигатель	Шт.	700	6	4200
Электронный микроконтроллер скорости	Шт.	300	6	1800
Полётный контроллер	Шт.	4000	1	4000
Аккумулятор	Шт.	2400	1	2400
Ходовая часть	Шт.	3200	1	3200
Крыло	Шт.	80	6	480
Пульт управления	Шт.	2700	1	2700
Итого:				20980

В ходе исследования был изучен состав, принципы и органы управления БПЛА 700AL-X6. При исследовании компонентов движения было принято решение отработать методику управления на основе компонента тангаж с использованием микроконтроллера Arduino UNO и показаний дальномера.

В результате исследования написана программа управления тангажом, обеспечивающая обмен данными между микроконтроллером и датчиком расстояния, формирование сигналов ШИМ. Также проведены натурные эксперименты по управлению полетом БПЛА.

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Представление о понятии «Социальная ответственность» будущий специалист может получить из международного стандарта IC CSR-08260008000:2011 «Социальная ответственность организации. Требования» [12], который был утвержден и введен в действие Международным Комитетом по корпоративной социальной ответственности (IC CSR), протокол №2 от 03 марта 2011 г.

В настоящем стандарте используются термины и определения, такие как:

социальная ответственность (social responsibility) – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Научно-исследовательская работа выполнялась в помещении, далее офис, находящемся на кафедре «Автоматики и компьютерных систем», десятого корпуса Томского Политехнического Университета, в аудитории 117а.

Площадь, приходящаяся на одно рабочее место пользователя ПК с ЭЛТ-монитором должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, с монитором на базе плоских дискретных экранов – 4,5 м<sup>2</sup>, что позволяет расположить технические средства на безопасном расстоянии до пользователя.

Для данной рабочей зоны необходимо проанализировать следующие факторы. К вредным факторам относятся: микроклимат, шум, электромагнитные поля, освещение.

К опасным факторам рабочей зоны относятся: опасность возникновения пожара

и опасность поражения электрическим током.

Чрезвычайные ситуации характерные для данного объекта: пожар.

Вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются:

- Трудовым кодексом Российской Федерации,
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»,
- Инструкцией по охране труда при работе на ПК.

## **5.1 Техногенная безопасность**

### **5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды**

#### **Микроклимат рабочего помещения**

Микроклимат рабочих помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей[22] .

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения (таблицы 5.1–5.2) [13]. Выполняемая работа относится к категории легкая (1б).

Таблица 5.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21 - 23	20 – 24	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 5.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3

В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 21<sup>0</sup>С и 20<sup>0</sup>С при относительной влажности 50% в холодный период года; 24<sup>0</sup>С и 23<sup>0</sup>С при относительной влажности воздуха 55% в теплый период года, что соответствует нормам СанПиН 2.2.4.548-96.

### Производственные шумы

Шум – это совокупность различных звуков, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм[16].

Шум может привести к нарушениям слуха (в случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел(dB)), может являться фактором стресса и повысить систолическое кровяное давление.

Дополнительно, он может способствовать несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Для рассматриваемого помещения основными источниками шума являются персональные компьютеры, кондиционер и вытяжные вентиляторы на окнах.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [16].

Помещения, в которых для работы используются ПК не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения.

В помещениях, оборудованных ПК, которые являются основным

источником шума при выполнении данных видов работ, уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА[18].

## **5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды**

### **Электробезопасность**

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [19].

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности [24], так как отсутствуют следующие факторы:

- сырость;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести [20]:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;

- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;

- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

### **Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара [21].

Рабочее помещение, в котором производится работа по выполнению ВКР по пожарной и взрывной опасности относят к категории В.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия :

1) помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

2) каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о



пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами [22]:

- 1) пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
- 2) углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по технике безопасности.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 2.01.02-85.

Помещение и этаж оборудованы следующими средствами оповещения:

- световая индикация в коридорах этажа;
- звуковая индикация в виде громкоговорителя;
- пассивными датчиками задымленности.

## **5.2 Региональная безопасность**

Региональная безопасность - это состояние, при котором в регионе защищены региональные интересы в широком их понимании, включающем политические, социальные, экономические, военные, экологические аспекты, риски, связанные с внешнеэкономической деятельностью, распространением оружия массового поражения, а также предотвращения угрозы духовным и интеллектуальным ценностям населения региона.

На сегодняшний день одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

В целом, утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент,

которое в последующем используют в качестве материала для производства, например, тротуарной плитки.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведенных для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно Классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенным требованиям [24].

### **5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [25] и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [26];

- Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;

- На уровне экрана должен быть установлен оригинал-держатель.

На рисунке 4.3. представлены требования к рабочему месту.

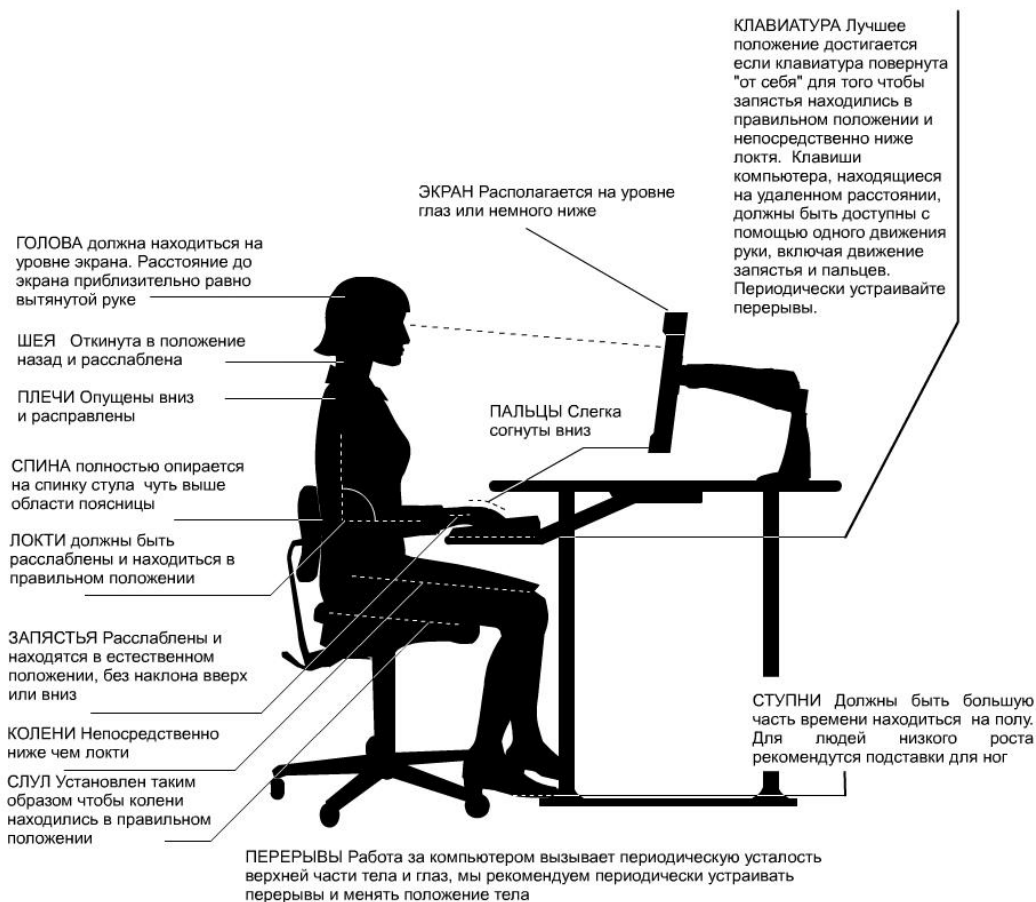


Рисунок 5.3 – Организация рабочего места

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

## **5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений.**

При реализации данного технологического решения, представленного в ВКР, был разработан комплекс мер по обеспечению безопасности труда при работе на данном объекте. При разработке данных мер были использованы следующие нормативные документы:

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы»;

СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»;

4) СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы»;

5) ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»;

6) ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

## **5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В данном случае на объекте (офис) могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение ВКР, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Чтобы увеличить устойчивость офисного помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить офис и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из офиса, а также назначить ответственных за эти мероприятия. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре. В ходе осмотра офисного помещения были выявлены системы, сигнализирующие о наличии пожара или задымленности помещения и наличие огнетушителей.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из офисного помещения в соответствии с планом эвакуации (рисунок 5.2). При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

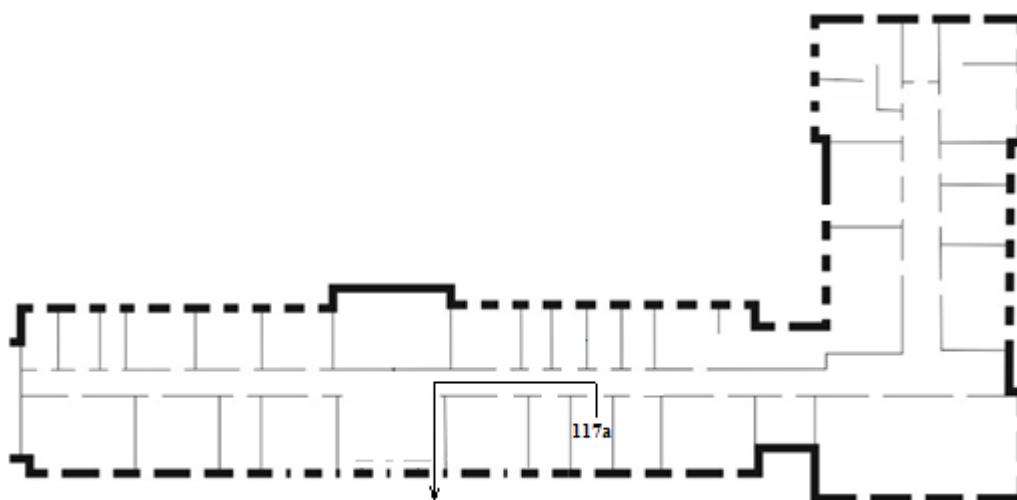


Рисунок 5.2 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса № 10, пр. Ленина, 1 этаж

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы является сборка и настройка

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был собран и настроен действующий образец гексакоптера. Значительная часть времени была потрачена на изучение и настройку технических компонентов гексакоптера.

Решение задачи обнаружения преграды и ухода от нее потребовали оснащение комплектного изделия дальномером и разработку программы для контроллера Arduino. Программа позволяет принимать зондирующие импульсы, преобразовывать их в расстояние до препятствия и формировать сигнал управления тангажом и, таким образом, избегать столкновение.

Для тестирования программы были проведены физические эксперименты с преградами, находящимися на заданном расстоянии от гексакоптера. Также были проведены полеты летательного аппарата. Их характер и логика движения показали работоспособность программы и всего технического комплекса.

## **CONCLUSION**

The purpose of this final qualifying work is to build and configure.

During the performance of the final qualification work, the working sample of the hexakopter was assembled and tuned. A considerable part of the time was spent studying and tuning the technical components of the hexacopter.

The solution of the problem of detecting the barrier and avoiding it required the equipping of a complete product with a range finder and the development of a program for the Arduino controller. The program allows you to receive probing pulses, convert them to the distance to the obstacle and generate a pitch control signal and, thus, avoid collision.

To test the program, physical experiments were carried out with obstacles located at a given distance from the hexacopter. The flights of the aircraft were also conducted. Their character and the logic of the movement showed the operability of the program and the entire technical complex.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. БПЛА // Википедия
2. Quadcopter [Электронная энциклопедия] – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Широтно-импульсная модуляция [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> – Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 18.05.2017 г
4. Широтно-импульсная модуляция [Электронный ресурс] URL: <http://arduino.ru/Tutorial/PWM> – Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 19.05.2017 г
5. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А., М.Н. Филиппов. Управление мультикоптером на основе организации движения по желаемой траектории в пространстве состояний // Труды XIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: Самарский научный центр РАН, 2011. – С. 217–222.
6. Puls T., Hein A. 3D trajectory control for quadcopter // Intelligent Robots and System (IROS), IEEE/RSJ International Conference on, 2010. – P. 640–645.
7. Литвинов Ю.В., Бушуев А.Б., Гриценко П.А., Шмигельский Г.М. Полет мультикоптера по произвольно задаваемой траектории // Материалы IX международной научно-практической конференции «Современные научные достижения–2013». – Технические науки: Прага. Издательский дом «Образование и наука» ООО. – 2013. – Часть 77. – 96 с.
8. Зенкевич С. Л., Галустьян Н. К. Разработка математической модели и синтез алгоритма угловой стабилизации движения квадрокоптера. // Мехатроника, Автоматизация, Управление», No 3, 2014.- С.27-32.
9. Пшихопов В.Х. Организация репеллеров при движении мобильных роботов в среде с препятствиями // «Мехатроника, автоматизация, управление», – 2008. – №2. – С. 34-41.
10. Arduino: A Quick-Start Guide/ Maik Schmidt – Dallas, Texas – 2015. P.311
11. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 [Электронный ресурс] URL: <http://robocraft.ru/blog/electronics/772> – Загл. с экрана – Яз. рус. Дата обращения: 26.04.2017 г

12. Международный стандарт «Социальная ответственность организации. Требования». 2011. URL: <http://www.trud22.ru/partner/socotvrab/standart/> (дата обращения 11.03.2015)
13. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
14. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
15. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с
16. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
17. СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».
18. СанПиН 2.2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
19. ГОСТ 12.1.009-76. «Электробезопасность. Термины и определения»
20. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
21. СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
22. НПБ 105-2003. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
23. ГОСТ 17.4.3.04-85. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».
24. СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».
25. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
26. ГОСТ 12.2.061-81. «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»