

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

Школа Неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата

УДК 629.73.05-519

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Милашин Дмитрий Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белянин Лев Николаевич	к.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	к.э.н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н. доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков Анатолий Николаевич	к.т.н. доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно–управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

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

Школа Неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность) 12.03.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Гормаков А.Н.
(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
1Б4В	Милашину Дмитрию Евгеньевичу

Тема работы:

Система ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Приказ № 9067/с от 16.11.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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.).

В соответствии с приложением к заданию

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ задания. Виды беспилотных аппаратов (БЛА) и требования к их системам ориентации и навигации 2. Структура и датчики систем ориентации и навигации современных БЛА. Выбор и обоснование оптимального варианта 3. Выбор датчиков системы и алгоритмов обработки информации, обеспечивающих заданную точность и быстродействие 4. Разработка конструкции модуля системы ориентации 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема системы ориентации и навигации функциональная – 1 лист Ф. А1 2. Схема электрическая принципиальная блока обработки информации – 1 лист Ф. А1 3. Алгоритмы вычисления параметров ориентации – 1 лист Ф. А1 4. Чертёж общего вида модуля системы ориентации – 1 лист Ф. А1
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Спицын Владислав Владимирович</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Анищенко Юлия Владимировна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Белянин Лев Николаевич	к.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Милашин Дмитрий Евгеньевич		

Приложение
к заданию на выпускную
квалификационную работу
студенту гр. 1Б4В
Милашину Дмитрию
Евгеньевичу

Исходные данные для разработки системы ориентации и навигации беспилотного
летательного аппарата

1. Назначение и область применения системы

1.1 Система предназначена для определения текущих параметров ориентации, местоположения беспилотного аэродинамического летательного аппарата самолётной схемы и его скорости полёта.

1.2 Область применения – беспилотные летательные аппараты, предназначенные для проведения воздушной разведки, а также для выполнения аэрофотосъёмочных работ.

2. Краткая характеристика летательного аппарата

2.1	Масса пустого аппарата, кг	– 32
2.2	Максимальная взлётная масса, кг	– 50
2.3	Размах крыла, М	– 4
2.4	Тип двигателя	– ДВС 3W-106
2.5	Максимальная дальность полёта, км	– 600
2.6	Рабочая высота полёта, М	– 500-1000
2.7	Практический потолок (высота), М	– 4000
2.8	Скорость полёта минимальная безопасная, км/ч	– 80
2.9	Скорость полёта крейсерская, км/ч	– 110-130
2.10	Время полёта, ч	– 6
2.11	Старт – по самолётному, с разбегом 100 М	
2.12	Приземление – самолётное, с пробегом 100 М	
2.13	Режимы полёта – автоматический и полуавтоматический	
2.14	На борту предполагается наличие видеокамеры переднего обзора, фотокамеры и командного приёма-передатчика, связывающего аппарат с наземной станцией управления.	

Более подробное описание аппарата можно найти на

http://www.zelezki.ru/bplacatalog/russia/3007-dozor-2_dozor-50.html

3. Перечень определяемых системой параметров, диапазон их измерения и требуемая точность.

3.1 Система должна определять текущие значения трёх параметров, характеризующих ориентацию аппарата:

- угла рыскания;
- угла тангажа;
- угла крена;

3.2 Система должна определять текущие значения трёх параметров, характеризующих местоположение аппарата:

- широту места;
- долготу места;
- высоту полёта;

3.3 Диапазоны измерения параметров ориентации аппарата:

углы рыскания, град	–	0...360;
угла тангажа, град	–	-30...+30;
углы крена, град	–	-30...+30;

3.4 Диапазоны измерения параметров, определяющих местоположение аппарата:

по широте места, град	–	-70...+70;
по долготе места, град	–	0...360;
по высоте, М	–	0...4000;

3.5 Погрешности измерения параметров ориентации аппарата:

по углу рыскания, град, не более	–	1;
по углу тангажа, град, не более	–	3;
по углу крена, град, не более	–	3;

3.6 Погрешности измерения параметров, определяющих местоположение аппарата:

по широте места, угл. сек, не более	–	1,8;
по долготе места, угл. сек., не более	–	5,4;
по высоте в диапазоне 0...100 м, м, не более	–	50;
по высоте в диапазоне 100...4000 м, м, не более	–	60;

4. Условия эксплуатации системы

4.1 Система должна быть рассчитана на эксплуатацию при температуре окружающей среды от -20 до +50 °С, влажности до 98 % среду при температуре +35 °С и давлении 96_{-37}^{+5} кПа (720_{-278}^{+40} мм.рт.ст.), в определённых случаях возможно выпадение осадков в виде снега или дождя.

4.2 Система должна быть рассчитана на работу в условиях действия вибрации и ударов, характерных для винтовых аэродинамических летательных аппаратов самолётной схемы.

5. Требования по габаритам и массе системы

5.1 Габариты системы должны обеспечивать размещение её элементов на аппарате, характеристики которого приведены в разделе 2.

5.2 Масса аппаратуры системы ориентации и навигации аппарата, кг, не более – 15.

6. Питание системы, потребляемая мощность

6.1 Система должна быть рассчитана на питание от бортовой сети аппарата напряжением, – $27 \pm 2,7$.

6.2 Потребляемая системой мощность – минимально возможная.

7. Другие требования

7.1 При выборе оптимального варианта системы в качестве критериев использовать минимальные масса-габаритные характеристики и минимальную стоимость.

7.2 Возможно построение устройства с использованием спутниковых навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС).

7.3 Конструкция системы должна быть рассчитана на единичный тип производства.

Руководитель, доцент
кафедры точного приборостроения
ИШНКБ

Л.Н.Белянин

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Милашину Дмитрию Евгеньевичу

Инженерная школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Научно-техническое исследование проводится в лабораторной аудитории №105, 4 корпус, ИШНКБ, ТПУ, отделение электронной инженерии. В работе над проектом задействованы 2 человека: научный руководитель и студент-дипломник
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750 рублей.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок	- Структура работ в рамках научного исследования; - Определение трудоемкости выполнения работ; - Разработка графика проведения научного исследования; - Бюджет научно-технического исследования (НИ).
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	- Анализ и оценка научно-технического уровня проекта;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и смета затрат
2. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Милашин Дмитрий Евгеньевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Милашину Дмитрию Евгеньевичу

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является система ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>1.1. Вредные факторы при разработке и эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; <p>1.2. Опасные факторы при разработке и эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток
--	--

<p>2. Экологическая безопасность</p> <p>Анализ влияния используемого оборудования на окружающую среду</p>	<p>Утилизация вредных отходов производства.</p>
--	---

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможны следующие чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены; использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимровна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Милашин Дмитрий Евгеньевич		

Содержание	
Введение	15
1. Анализ задания. Виды беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и требования к их системам ориентации и навигации	17
1.1 Анализ задания.....	17
1.2 Беспилотные летательные аппараты, общие сведения, требования к их системам ориентации и навигации	18
2. Структура и датчики систем ориентации и навигации современных БЛА. Выбор и обоснование оптимального варианта	23
2.1 Вводная часть	23
2.1 Гировертикаль.....	23
2.2 Спутниковые навигационные системы	25
2.3 Указатель курса (магнитометрический измеритель курсов).....	27
2.4 Микромеханическая вертикаль	28
2.5 Пирометрическая вертикаль	29
2.6 О подходе к построению безгироскопной системы ориентации маневренного объекта	31
2.7 Выбор и обоснование оптимального варианта	33
3. Выбор датчиков системы и алгоритмов обработки информации, обеспечивающих заданную точность и быстродействие	34
3.1 Главный рабочий орган по определению ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата.....	34
3.2 Введение интегрированной системы	38
3.2.1 Определение интегрированной системы.....	38
3.2.2 Функциональная схема системы ориентации и навигации с использованием интегрированной системы	40
3.3 Примеры расчетов и подбор элементов электрической схемы системы ориентации и навигации	43
4. Разработка конструкции модуля системы ориентации	47

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	49
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	50
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	54
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	54
5.2.2 Определение трудоемкости выполняемых работ	55
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	60
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования	68
5.2.5 Расчет затрат на сырье и материалы НТИ	68
5.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование	69
5.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы	70
5.2.8 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	73
5.2.9 Отчисления на социальные нужды	74
5.2.10 Накладные расходы	74
5.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74
6. Социальная ответственность	77
6.1 Производственная безопасность	78
6.2 Защитные мероприятия от негативного действия факторов	79
6.2.1 Механические повреждения	79
6.2.2 Микроклимат	80
6.2.3 Освещение	82
6.2.4 Электромагнитные излучения	84
6.2.5 Поражение электрическим током	85
6.3 Экологическая безопасность	86

6.3.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду	86
6.3.2 Мероприятия по защите окружающей среды	86
6.4 Правовые и организационные вопросы.....	87
6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	87
6.4.2 Мероприятия при компоновке рабочей зоны	89
6.4.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны при разработке системы ориентации и навигации.....	90
Заключение	91
Приложение А.....	96
Приложение Б.....	97
Приложение С.....	98

Введение

Данная работа нацелена на разработку блока системы ориентации и навигации для беспилотного летательного аппарата (БЛА или БПЛА) самолетной схемы с дальнейшим использованием его в аэрофоторазведке.

Предпосылками применения БЛА в качестве нового фотограмметрического инструмента являются недостатки двух традиционных способов получения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с помощью космических спутников (космическая съемка) и воздушных пилотируемых аппаратов (аэрофотосъемка).

Данные спутниковой съемки позволяют получить снимки с максимальным общедоступным разрешением 0,5 м, что недостаточно для крупномасштабного картирования. Кроме того, не всегда удается подобрать безоблачные снимки из архива. В случае съемки под заказ теряется оперативность получения данных. В отношении компактных участков операторы и дистрибьюторы зачастую не проявляют гибкой ценовой политики [1].

Традиционная аэрофотосъемка, которая проводится с помощью самолетов (Ту-134, Ан-2, Ан-30, Ил-18, Cessna, L-410) или вертолетов (Ми-8Т, Ка-26, AS-350) требует высоких экономических затрат на обслуживание и заправку, что приводит к повышению стоимости конечной продукции.

Применение стандартных авиационных комплексов нерентабельно в следующих случаях:

- съёмка небольших объектов и малых по площади территорий. В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съёмке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэродрома);

- при необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, ЛЭП, транспортные магистрали.

Таким образом, плюсами применения БЛА являются:

- 1) рентабельность;
- 2) возможность съёмки с небольших высот и вблизи объектов;
- 3) получение снимков высокого разрешения;
- 4) оперативность получения снимков;
- 5) возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

Стоит отметить, что технология аэрофотосъёмки с БЛА в значительной степени отработана. В настоящее время большая часть существующих и эксплуатируемых БЛА предназначены для воздушной разведки и наблюдения, которые осуществляются с помощью фото- и видеосъёмки.

1. Анализ задания. Виды беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и требования к их системам ориентации и навигации

1.1 Анализ задания

В ходе данной выпускной квалификационной работы проектируется система, предназначенная для определения текущих параметров ориентации, местоположения беспилотного аэродинамического летательного аппарата самолётной схемы и его скорости полёта. Для этого: 1) выбираются датчики и алгоритмы обработки информации, обеспечивающие заданную точность и быстродействие; 2) разрабатывается конструкция модуля системы ориентации.

Область применения – беспилотные летательные аппараты, предназначенные для проведения воздушной разведки, а также для выполнения аэрофотосъёмочных работ.

1.2 Беспилотные летательные аппараты, общие сведения, требования к их системам ориентации и навигации

Летательный аппарат (ЛА) – это общее название устройства (аппарата) для полётов в атмосфере или космическом пространстве. Принцип полёта определяется тем, каким образом и за счёт чего создаётся подъёмная сила. Наиболее распространенными ЛА являются самолеты, ракеты, вертолеты и коптеры. Первые два отличаются от вторых способом проявления подъёмной силы. У самолётов подъёмная сила образуется за счет воздушного потока, действующего на движущийся самолет. Соответственно, если нет перемещения самолета, то нет его подъёмной силы. Коптеры и вертолеты имеют подъёмную силу за счет вращающихся винтов.

Таблица 1.1 – Типы беспилотных летательных аппаратов [1]

	Аэростатические	Аэродинамические			Реактивные
		Гибкое крыло	Фиксированное крыло	Вращающееся крыло	
Безмоторные	Аэростаты	Воздушные змеи и аналоги безмоторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	Планеры		
Моторные	Дирижабли	Аналоги моторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	БПЛА самолетного типа	БПЛА вертолетного типа	Космические реактивные аппараты

Для того, чтобы летательный аппарат мог осуществлять полет по необходимой траектории, необходимо сохранение определенного положения ЛА по отношению к заданной траектории в каждой её точке полёта. При любом из возможных вариантов решения данной задачи на сегодняшний день используются системы ориентации и навигации. Если ЛА способен выполнить свою задачу без пилота, такой аппарат называют беспилотным летательным аппаратом (БЛА или БПЛА).

БЛА могут использоваться как в гражданских, так и военных целях. Примером задач БЛА, используемых в гражданских целях, является аэрофотосъёмка в целях картографирования, телевизионного наблюдения, наблюдением за отдельными участками суши и водной поверхности,

определении стихийных бедствий и катастроф, выявлении очагов пожаров, выполнении поисковых работ. Пример одного из аппаратов и с его характеристиками можно увидеть на рисунке 1.1 [2].

Более подробная информация о применении БЛА в гражданских целях приводится в [3, 4, 5].

В военных целях для БЛА ставятся задачи такого характера как различного типа разведка, например, химическая и радиационная, а также транспортировка вооружения и бомбардировка.

Так как БЛА способны эффективно выполнять различные задачи автономно, то до тех пор, пока используется воздушный транспорт, БЛА будут являться актуальной тематикой современности.



Рисунок 1.1 – Российский гражданский БЛА «ZALA 421-Ф»

Таблица 1.2 Характеристики БЛА «ZALA 421-Ф»

Масса пустого, кг	Макс. взлетная масса, кг	Размах крыла, м	Тип двигателя	Макс. дальность полета, км	Рабочая высота полета, м	Практический
4,1	4,5	1,6	Электрический	Не менее 100	5—500	Не менее 3600

Сердцем любого БЛА является его система управления. Но что значит управлять БЛА? Под процессом управления летательными аппаратами понимают установление и применение законов изменения режимов полета во время движения. Сохранение их определенного положения по отношению к заданной траектории является процессом стабилизации ЛА.

Для автономной работы системы управления необходимо знание причин отклонений ЛА от заданного режима полета и создание обратной связи в системах управления ЛА на эти отклонения. Датчиками этих отклонений являются системы ориентации и навигации.

Система ориентации имеет функции определения углов крена (α), тангажа (β) и рысканья (γ) по отношению к некоторой системе координат (СК), связанной с Землей. В дополнение, сюда же можно отнести угол атаки (ψ) и угол скольжения (θ).

Системы навигации предполагают определение местоположения объекта и включают в себя определение широты местности (ϕ) долготы (λ), а также высоты (h) над уровнем моря, либо над уровнем земли.

Зная все перечисленные параметры в любой момент времени можно управлять ЛА.

Схема управления БЛА приведена на рисунке 1.2.

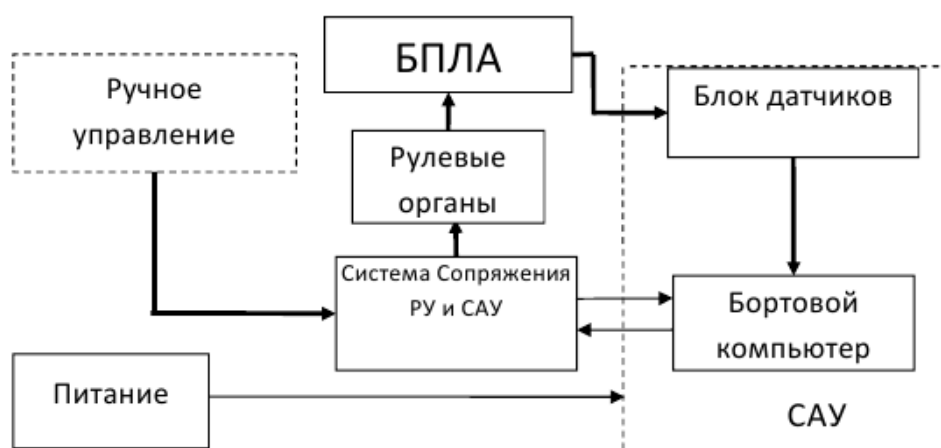


Рисунок 1.2 – Схема управления беспилотного летательного аппарата, (где РУ – ручное управление; САУ – система автоматического управления)

Более подробное описание того, как производится управление БЛА приведено в источниках [6, 7].

Для выполнения специальных задач, в частности для аэрофотосъемки, БЛА должен рассматриваться в совокупности с его приборным оснащением и полезной нагрузкой, для чего введен термин беспилотная авиационная система [1].

Беспилотная авиационная система состоит из бортового комплекса управления, полезной нагрузки и наземной станции управления.

1. Бортовой комплекс:

- а) Приёмник спутниковой навигационной системы;
- б) Автопилот;
- в) Накопитель полётной информации.

Задачи автопилота:

- пилотирование;
- программное управление бортовыми системами и полезной нагрузкой, например: синхронизация по времени и координатам срабатывания затвора фотоаппарата, выпуск парашюта.

Пилотирование в себя включает:

- автоматический полет по заданному маршруту;
- автоматический взлет и заход на посадку;
- поддержание заданной высоты и скорости полета, стабилизация углов ориентации;
- принудительная посадка в случае отказа двигателя или прочих серьезных неполадок.

2. К полезной нагрузке для задач аэрофотосъемки относятся цифровая фотокамера, как дополнение могут использоваться видеокамера, тепловизор, ИК-камера.

3. Функции наземного пункта управления:

- а) прием данных с ЛА;
- б) передача команд управления на ЛА.

Обращая внимание на основные отличительные требования для БЛА по отношению к самолетам можно отметить их меньшую стоимость, меньшую массу и габариты. Удешевление системы ориентации и навигации решается, главным образом, путем замены датчиков в системе управления на более дешевые, а также путем минимизации числа датчиков системы ориентации и навигации. Обусловлены данные допущения к БЛА тем, что зачастую от БЛА не требуется высокой точности пилотирования, а также тем, что порой БЛА строятся для разового применения.

2. Структура и датчики систем ориентации и навигации современных БЛА. Выбор и обоснование оптимального варианта

2.1 Вводная часть

На сегодняшний день существует огромное количество принципиальных схем и решений задач ориентации и навигации летательных аппаратов, то есть решений по определению положения ЛА в пространстве относительно инерциальной системы отсчета, и определению текущих координат объекта в любой момент времени. В этом разделе приводятся некоторые примеры существующих решений задачи ориентации и навигации, после чего, исходя из требований к проектируемой системе делается выбор в сторону одного из предложенных вариантов.

2.1 Гировертикаль

Один из самых распространённых способов определения ориентации объекта осуществляется при использовании гировертикали. Существует множество способов построения гировертикали, например на основе двухосного силового стабилизатора, бесплатформенные на основе датчиков угловых скоростей и акселерометров и другие. Ниже приводится пример и принцип работы наиболее старого метода построения гировертикали на основе механических трёхстепенных роторных гироскопов с системой коррекции от физических маятников.

В состав системы коррекции гировертикали входят два маятниковых чувствительных элемента, два датчика момента, два усилителя. Между ними устанавливаются связи, показанные на рисунке 2.1. Можно говорить о наличии в приборе двух каналов коррекции. Рассмотрим работу системы коррекции на примере первого канала.

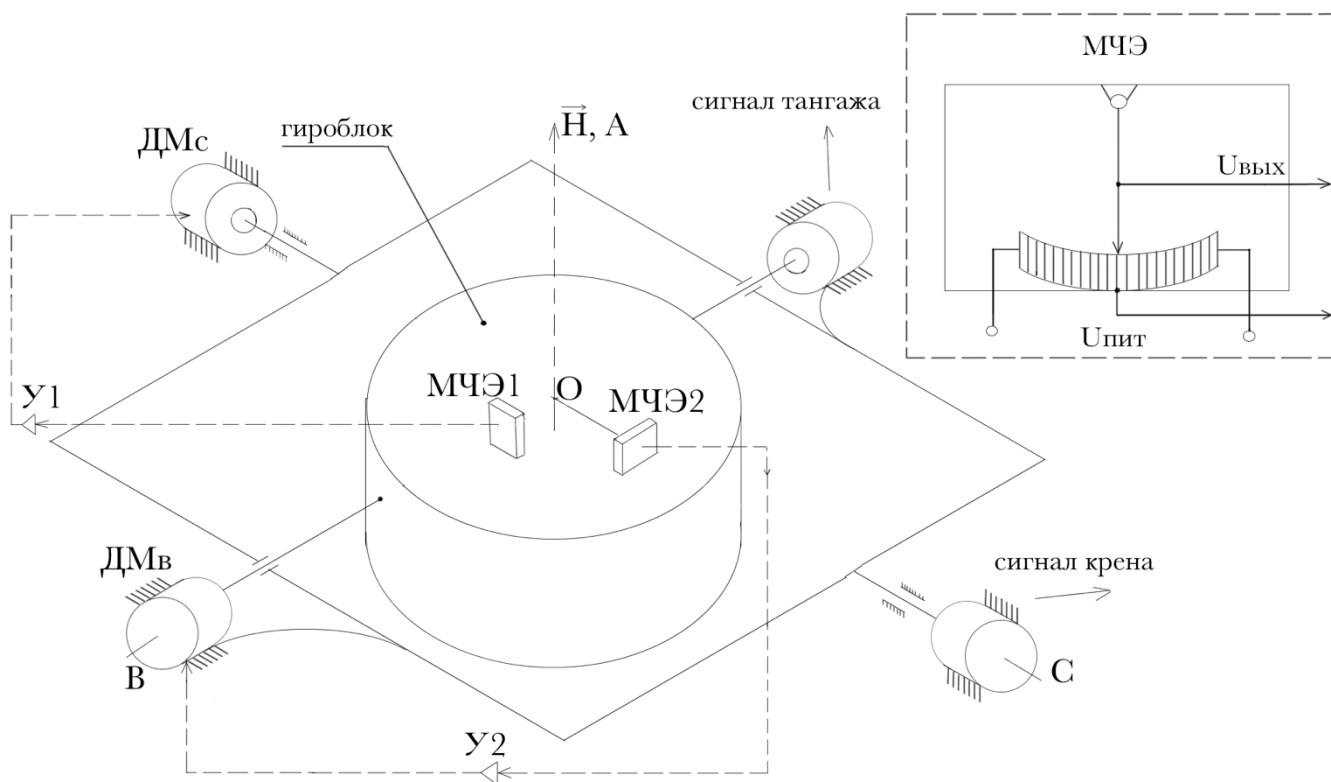


Рисунок 2.1 – Электрокинематическая схема работы гировертикали

($ДМс$ – датчик момента по оси OA ; $ДМв$ – датчик момента по оси OB ; \vec{H} – вектор кинетического момента трёхстепенного гироскопа, находящегося в гироблоке; $МЧЭ$ – маятниковый чувствительный элемент; $У$ – усилитель)

Представим, что главная ось отклонилась от вертикали места, повернувшись вокруг внутренней оси подвеса. Гироузел также отклонится на на этот же угол. Вместе с кожухом гироузла отклонятся от вертикали и корпуса $МЧЭ$. Физический маятник, расположенный внутри не изменит своё положение. В результате с $МЧЭ$ будет сниматься электрический сигнал, величина которого будет характеризовать угол отклонения $МЧЭ$ от вертикали (плоскость горизонта), а знак напряжения – направление отклонения. Этот сигнал будет усилен усилителем $У1$, после чего он подастся на обмотку управления датчика момента $ДМс$.

Датчик момента $ДМс$ развивает момент, который прикладывается к гироскопу вокруг наружной оси подвеса. Гироскоп прецессирует вокруг внутренней оси подвеса под действием момента.

Полярность подключения датчика момента должна быть такова, чтобы в результате прецессии главная ось гироскопа двигалась в направлении совмещения её с вертикалью места. Точно так же работает другой канал.

Такой способ является надёжным, но данная система является дорогостоящей и громоздкой.

В источнике [8, с. 18] приведён пример гировертикали массой 400 г, способной измерять ушлы крена в диапазоне от -45° до $+45^\circ$, углы тангажа – от -15° до $+30^\circ$. Среднеквадратичная ошибка измерений 2° , масса вторичного источника питания до 200 г.

Гировертикали массой около 1 кг (вместе с блоком питания) используются на борту БПЛА с взлётной массой порядка 20 кг. Например, на борту БПЛА «ГРАНТ».

2.2 Спутниковые навигационные системы

Относительно недавно, с развитием радио- и спутниковой связи и систем, очень популярным решением задачи ориентации и навигации стало применение спутниковых радионавигационных систем (СНРС) – американской системы GPS и российской ГЛОНАСС. Это связано с доступностью их применения, простоте в использовании, простоте в изготовлении, высокой точности. Каждая из этих СНРС при полном развертывании состоит из 24 спутников, вращающихся на орбитах с высотой около 20 000 км. Спутники непрерывно передают сигналы, содержащие информацию об их положении и точном времени, а также дальномерные коды, позволяющие измерять расстояния.

Определение производится с помощью специальных спутниковых приёмников, измеряющих либо время, либо фазу сигнала на несущей частоте. В первом случае сигналы измеряются с метровым уровнем точности, во втором случае – с миллиметровым уровнем точности. При этом реализован однонаправленный метод измерения расстояний, поскольку GPS и ГЛОНАСС

являются беззапросными спутниковыми системами, допускающими одновременное использование их многими пользователями.

Каждый приёмник может производить измерения либо независимо от других приёмников, либо синхронно с другими приёмниками. В первом случае, называемом абсолютным методом, достигается точность однократного определения координат по кодам порядка 1-15 м. Такой метод идеально подходит для навигации любых перемещающихся объектов, от пешеходов до ракет. Однако, более высокую точность можно получить при одновременных наблюдениях спутников несколькими приёмниками по фазовым измерениям. При такой методике наблюдений один из приёмников обычно располагается в пункте с известными координатами. Тогда положение остальных приёмников можно определить относительно первого приёмника с точностью до нескольких миллиметров. Этот метод GPS получил название относительного метода. При этом возможны измерения на расстояниях от нескольких метров до тысяч километров [9, с.10].

Таким образом, для определения координат ЛА, в бортовой комплекс навигации и управления можно включить приёмник спутниковой навигации, обеспечивающий приём навигационной информации от систем ГЛОНАСС и GPS.

Достоинствами данной системы является её доступность. В недостатки стоит отнести использование внешней антенны в качестве приёмника и то, что при использовании данной системы аппарат, на котором эта система применяется, не будет являться полностью автономным.

Более подробное описание определение навигационных параметров с использованием спутниковых радионавигационных систем и их применение можно найти в [10].

На рисунке 3 представлен беспилотник «Орлан-10», предназначенный для мониторинга подстилающей поверхности, различных объектов, магистралей, живой силы, техники в масштабе времени, близком к реальному

[11]. Навигация и ориентация данного беспилотника осуществляется при помощи спутниковых систем.



Рисунок 2.2 – БЛА «Орлан-10»

Понятно, что при использовании спутниковых навигационных систем на борту необходим приёмник ГЛОНАСС/GPS. Приёмники могут отличаться частотой выдачи информации, точностью определения необходимых параметров, массо-габаритными характеристиками, электрическими характеристиками, условиями эксплуатации.

2.3 Указатель курса (магнитометрический измеритель курсов)

Одним из первых указателей курса является гирополукомпас, построенный на основе трёхстепенного гироскопа с маятниковой коррекцией. Сам по себе гирополукомпас не может указывать направление на север, поэтому перед началом работы его необходимо выставлять по другим приборам. Помимо гирополукомпаса, возможно применение феррозондовых датчиков, которые могут являться как корректирующим звеном в определении направления на магнитный север, так и полностью самостоятельным органом. Также существуют астро- и радиоконпасы и другие. Из названных вариантов наибольшее внимание в ходе работы было выделено в сторону магнитометрического компаса, который дальше более подробно рассматривается.

Магнитное поле Земли (МПЗ) удобно для измерения азимутальной ориентации объектов.

Магнитометрический компас основан на применении магниточувствительных датчиков (преобразователей), позволяющих получить электрические сигналы, пропорциональные векторам напряженности МПЗ на оси чувствительности этих преобразователей. По сигналам нескольких преобразователей можно воспроизвести их положение относительно МПЗ и, следовательно, определить магнитный курс подвижного объекта. При таком способе определения магнитного курса решается одновременно и задача дистанционной передачи информации, поскольку её получают в виде электрических сигналов.

Основные методические погрешности приборов магнитного курса – магнитное склонение, магнитная девиация и влияние вертикальной составляющей МПЗ при неточной стабилизации магниточувствительных элементов в плоскости горизонта [12, с. 68].

Данный способ определения курса удобен и прост в применении. Сами датчики миниатюрны и дешёвы, что и является их преимуществом.

2.4 Микромеханическая вертикаль

Микромеханическая вертикаль может быть реализована на базе трёх ортогонально расположенных датчиках угловой скорости, трёх микромеханических акселерометрах (МА) и вычислительного устройства, обеспечивающего обработку сигналов с датчиков и последующего интегрирования по одному из известных алгоритмов.

При проектировании таких систем необходимо учитывать, что в сигналах датчиков линейного ускорения имеются две составляющие: первая – это проекция вектора ускорения свободного падения на оси связанной системы координат, вторая – проекция ускорения, обусловленного движением объекта. Выделение первой составляющей может быть реализовано с помощью фильтра Калмана, производящего оценку проекций вектора ускорения свободного падения. При этом изменение проекций в процессе

работы может быть описано на основании информации, вырабатываемой датчиками угловой скорости [10, с. 21].

Структурная схема гировертикали, реализующая данный принцип, представлена на рисунке 2.3.

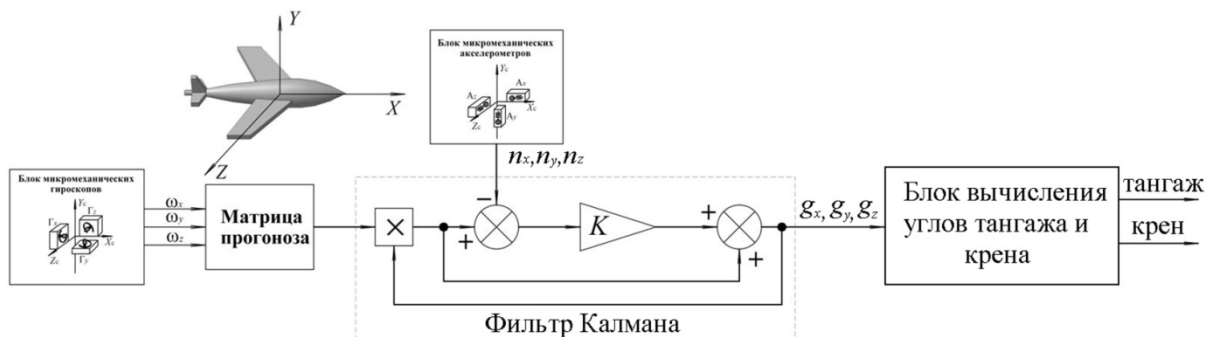


Рисунок 2.3 – Структурная схема микромеханической гировертикали

Прибор предназначен для использования на борту беспилотного летательного аппарата с массой до 3 кг. Вертикаль измеряет углы крена в диапазоне от -180° до $+180^\circ$, углы тангажа – от -90° до $+90^\circ$. Диапазоны угловых скоростей и линейных ускорений, при которых обеспечивается работа МСВТ $\pm 400^\circ/\text{C}$ и $\pm 60 \text{ м/с}^2$ соответственно. Погрешность измерений по углам тангажа и крена 1° : масса прибора менее 100 г, напряжение питания 5-12 В.

2.5 Пирометрическая вертикаль

Очень популярным решением сегодня в сторону использования на БЛА имеет место пирометрическая вертикаль. Принцип действия пирометрической вертикали основан на измерении вертикального распределения разности температур небосвода и Земли, имеющей минимум в зените и максимум в надире. Разница минимума и максимума является температурным градиентом. В ясные дни значение градиента достигает 40°C , а в пасмурные может снижаться до 1°C .

Если БПЛА летит горизонтально, все датчики находятся в плоскости горизонта, «видят» одинаковую тепловую картину и выходные напряжения диаметрально противоположных датчиков равны.

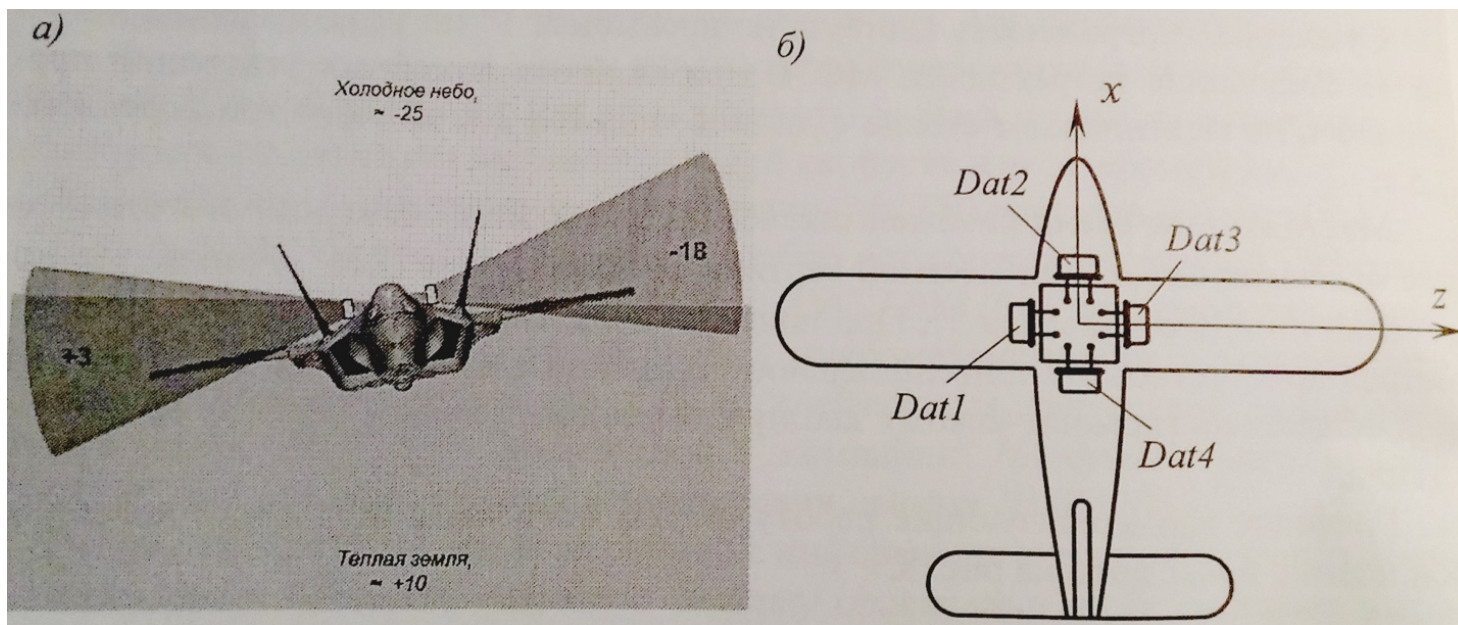


Рисунок 2.4 – Принцип работы пиromетрической вертикали (а – полёт БЛА на уровне горизонта, б – принципиальная схема размещения пиromетров)

Если БПЛА наклонить на некоторый угол, то диаметрально расположенные датчики будут засвечиваться неравномерно, что приведёт к рассогласованию выходных напряжений пары датчиков Dat1 и Dat3, которое преобразуется в сигнал угла поворота БПЛА относительно поперечной оси. Аналогично рассогласование сигналов пары датчиков Dat2 и Dat4 преобразуется в сигнал угла поворота БПЛА относительно продольной оси. [10, с. 24].

Пиromетрическая вертикаль способна указать своё горизонтальное положение по условию равенства показаний четырёх горизонтальных датчиков, а также вычислять своё угловое положение в пространстве. Ошибка системы является статической и не увеличивается во времени; кроме того, пиromетрическая вертикаль невосприимчива к вибрациям и перегрузкам. Недостатком системы являются невозможность работы при отсутствии видимой линии горизонта и рост ошибки с увеличением углов крена и тангажа в силу нелинейности выходной характеристики выходной характеристики пиromетров, что ограничивает диапазон углов крена и тангажа до $\pm 30^\circ$. При

углах крена и тангажа $\pm 30^\circ$ ошибка достигает $1,5^\circ$, вне этого диапазона ошибка экспоненциально растёт.

Масса прибора 25 г, напряжение питания 5 В. Предназначена для использования на борту БПЛА с массой от 300 г.

Помимо этих вариантов на сегодняшний день можно найти кориолисовые вибрационные гироскопы, о чем свидетельствует статья [13].

Также существует разработка управления полётом малоразмерного БЛА без использования информации об углах крена и тангажа, о чем свидетельствует [14].

2.6 О подходе к построению безгироскопной системы ориентации маневренного объекта

В известных безгироскопных системах ориентации на основе жестко закреплённых на ЛА линейных акселерометров и магнитометрических датчиков углы отклонения от плоскости горизонта определяются по сигналам акселерометров, а угол курса по сигналам магнитометрических датчиков. Недостатком подобных БСО является их малоприспособленность для маневренных объектов, особенно при нестационарных режимах полёта из-за значительных погрешностей определения параметров ориентации. Наличие полной информации о двух измеряемых векторах (ускорения силы тяжести и напряженности геомагнитного поля) обуславливает информационную избыточность для задачи определения параметров ориентации подвижного объекта. Поскольку одновременное действие горизонтальных продольных и поперечных ускорений для малогабаритных летательных аппаратов (МЛА) является довольно редким, то имеется возможность использования различных групп алгоритмов для режимов движения “Разгон”, “Горизонтальный полёт”, “Разворот”. При этом каждый раз используются сигналы тех датчиков, которые не возмущаются при данном режиме движения. Выбор групп алгоритмов происходит по командным сигналам. Для указанных выше

режимов движения получены алгоритмы определения параметров ориентации.

При различных режимах движения МЛА с учётом модели атмосферы показывает, что в средних широтах ожидаемые погрешности данной БСО не превышают 2-3 угл. град [15].

Также дополнительную информацию по данной теме можно найти в [16, 17, 18].

В ЛА основными датчиками определения угловой ориентации также могут служить комплекс датчиков угловых скоростей (ДУС), определяющих абсолютную угловую скорость относительно инерциальной системы отсчета. Принципов построения ДУС существует огромное количество. Наиболее распространённые варианты, которые сегодня производятся и серийно выпускаются, можно свести к следующей классификации:

- 1) на основе двухстепенных роторных гироскопов: а) с механическим упругим элементом; б) с «электрической» пружиной компенсационного типа;
- 2) на основе трёхстепенных роторных гироскопов: а) на основе гироскопа в кардановом подвесе с шарикоподшипниковыми опорами; б) на основе динамически-настраиваемых гироскопов; в) на основе гироскопа в сочетании с газодинамическим или магниторезонансным магнитным подвесом; г) на основе гироскопа со сферическим шарикоподшипниковым подвесом;
- 3) на основе с жидкостным ротором;
- 4) на основе лазерных гироскопов;
- 5) на основе волоконно-оптических гироскопов;
- 6) на основе твердотельных полных гироскопов;
- 7) на основе вибрационных гироскопов: а) камертонного типа; б) роторного типа; в) на основе пьезоматериалов; г) микромеханические.

2.7 Выбор и обоснование оптимального варианта

Разрабатываемая система должна такой, чтобы беспилотный летательный аппарат мог не только летать по заданной программно с земли траектории, но и можно было менять траекторию в полёте. Помимо этого она должна быть доступной и как можно дешевле. Из этих условий в качестве главного органа системы ориентации и навигации принято рассматривать спутниковые навигационные системы.

Недостатком данной системы является то, что БЛА на её основе не будет являться полностью автономным, что критично при военных разработках. В задание данной выпускной квалификационной работы допускается использование спутниковых навигационных систем. Разведка и аэрофотосъёмка БЛА планируется вестись в гражданских целях, в связи с чем такое решение приемлемо.

3. Выбор датчиков системы и алгоритмов обработки информации, обеспечивающих заданную точность и быстродействие

3.1 Главный рабочий орган по определению ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата

Как уже было сказано ранее, главным органом управления будет являться спутниковая навигационная система. Выбор следует сделать на том, варианте, при котором одна такая система могла бы определять как местоположение объекта, так и его угловую ориентацию в пространстве, причём с указанными в приложении точностями.

При использовании таких систем на борту необходим приёмник ГЛОНАСС/GPS. В связи с этим рассмотрены некоторые отечественные варианты из них: навигационно-временной приёмник К-161, носимый навигационный приёмник М-103, МРК-18А, МРК-32.

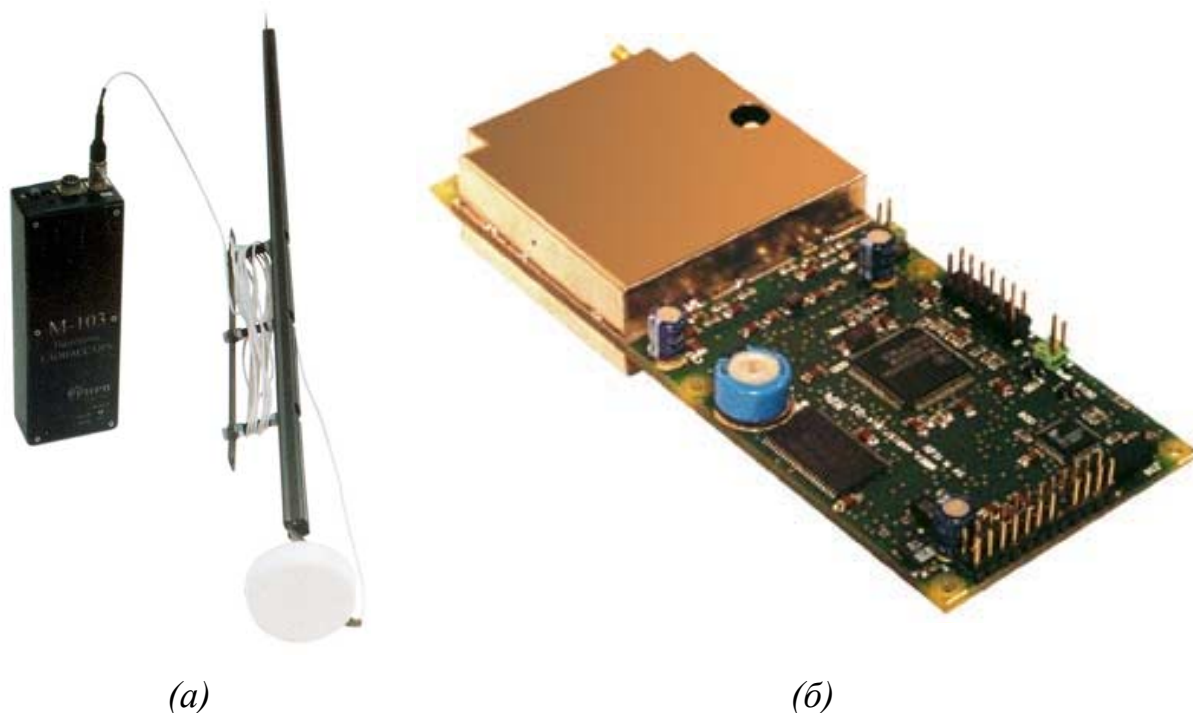


Рисунок 3.1 – ГЛОНАСС/GPS приёмники

(а – носимый навигационный приёмник М-103; б – навигационно-временной приёмник К-161)

Характеристики приёмников, изображенных на рисунке 9, приведены в источниках [19, 20]. Данные варианты не подходят по причине того, что с их помощью нельзя решить задачу ориентации. Поэтому были рассмотрены варианты МРК-18А [21] и МРК-32. В связи с тем, что МРК-32 обеспечивает большую точность, выбор пал на его сторону.

Перечень документов по МРК-32 приведён в [22, 23 и 24].

Аппаратура МРК-32 предназначена для определения координат и скорости движения объекта, пространственной ориентации (измерения азимута, тангажа и крена) антенного поста МРК-11АП-УМ и связанного с ней объекта по радиосигналам навигационных космических аппаратов (НКА) глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США) [22, с. 6].

Основные характеристики МРК-32

- абсолютные координаты: 20 м в плане; 40 м по высоте;
- относительные координаты: 1 м в плане; 2 м по высоте;
- пространственная ориентация: 20* угл. минут; крен и тангаж – 40* угл. минут;
- диапазон измерения параметров по широте места: -70...+70 град;
- диапазон измерения параметров по долготе места: 0...360 град;
- диапазон измерения параметров по высоте места: 0...4000 м.

*погрешность указана при базовом расстоянии между антенными модулями 0,7м; при увеличении базы погрешность пропорционально уменьшается.



Рисунок 3.2 – Навигационная аппаратура МРК-32

Время от включения аппаратуры МРК-32 до первого определения навигационных параметров не более 3,5 мин (при наличии исходных данных с погрешностью по координатам ± 100 км, по времени ± 1 мин, по скорости ± 10 м/с, при наличии альманаха и видимости не менее четырёх навигационных космических аппаратов, для определения пространственной ориентации количество навигационных космических аппаратов не менее шести).

Работоспособность антенного поста, антенного модуля и антенны в условиях воздействия пониженной рабочей температуры среды до 223 К (минус 50 °С), в условиях воздействия конденсированных (инея и росы), в условиях воздействия повышенной рабочей температуры среды до 328 К (плюс 55 °С) и в условиях воздействия повышенной влажности среды не более 100 % при температуре 308 К (35 °С) гарантируется конструкцией.

Управление аппаратурой и считывание значений навигационных параметров осуществляется внешним оборудованием по протоколу VIN или NMEA-0183. Сопряжение аппаратуры с внешним оборудованием осуществляется по стыку RS-232 или RS-485 [23, с. 5-6].

Рассчитаем погрешности измерения параметров, определяющих местоположение летательного аппарата в угловых секундах на основе данных с МРК-32, для этого:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\Delta}{R_3}, \text{ где} \quad (1)$$

$\Delta\varphi_1$ - погрешность определения местоположения ЛА по долготе места;

Δ - погрешность определения абсолютной координаты;

R_3 - радиус Земли.

Тогда

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\Delta}{R_3} = \frac{20}{63700 \cdot 1000} = 3,139 \cdot 10^{-6} (\text{рад}) \approx 0,7 \text{ угл. сек}$$

$$\Delta\varphi_2 = \frac{\Delta}{R_3 \cdot \cos\varphi}, \text{ где} \quad (2)$$

$\Delta\varphi_2$ - погрешность определения местоположения ЛА по широте места;

Δ - погрешность определения абсолютной координаты;

R_3 - радиус Земли;

$\cos\varphi$ – угол между плоскостью экватора и вертикалью места.

Тогда

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\Delta}{R_3} = \frac{20}{63700 \cdot 1000 \cdot \cos 70} = 9,179 \cdot 10^{-6} (\text{рад}) \approx 1,9 \text{ угл. сек}$$

Данные удовлетворяют заявленным требованиям.

Казалось бы, что данная аппаратура полностью удовлетворяет всем требованиям, отнюдь, это не так, в связи с чем потребуется ввести интегрированную систему для определения ориентации и навигации БЛА.

МРК-32 полностью удовлетворяет нас по точности измерения, но не по быстродействию. Дело в том, что у любого летательного аппарата имеются свои собственные частоты при движении. Эта колебательность наблюдается и по крену, и по тангажу, и по рысканью, что объясняется динамическими уравнениями ЛА в полёте при его взаимодействии с набегающим потоком воздуха. Причем, эта частота сопоставима с частотой в 1 Гц.

В задании сказано, что система должна быть рассчитана на работу в условиях действия вибрации и ударов, характерных для винтовых аэродинамических летательных аппаратов самолётной схемы, что нельзя игнорировать. Так как в автопилот полезная информация должна поступать непрерывно, то такая частота выдачи управляющих воздействий критична.

3.2 Введение интегрированной системы

3.2.1 Определение интегрированной системы

Интегрированная навигационная система – это синтез двух самостоятельных систем – инерциальной навигационной системы (ИНС) и спутниковой навигационной системы (СНС), позволяющий объединить достоинства и компенсировать недостатки, присущие каждой из систем в отдельности.

Исторически ИНС появились раньше СНС и получили широкое распространение в авиации, навигации морских судов, космонавтике, ракетной технике. ИНС является неотъемлемой частью систем управления морских и воздушных судов, применяются в геодезии [25].

Достоинствами ИНС являются непрерывная динамичная выдача пользователю полного навигационного решения (координаты, скорость, ускорения, угловая ориентация), возможность выдачи информации с высокой частотой.

Из-за воздействий различных ошибок, обусловленных, в частности, космическим сегментом спутниковых систем, условиями распространения сигналов или шумов приемника, эти системы не могут обеспечивать необходимые точности для всех приложений. Кроме того, частота поступления данных не всегда согласована со скоростью их изменения. Поэтому зачастую системы навигации строятся на основе комплексированных данных: медленное изменение во времени для ошибок инерциальных навигационных систем и шумовой характер для ошибок ГСНС. При построении интегрированных инерциально-спутниковых систем могут быть использованы различные схемы комплексирования. Нередко эти системы строятся по так называемой слабосвязанной схеме комплексирования (loose coupling). Это наиболее простая схема, которая не обеспечивает в полном объеме реализации всех возможностей, связанных с комплексированием. При такой схеме поступающие от приемника ГСНС оценки координат и скорости используются как измерения в фильтре ИНС. Таким образом, два

навигационных фильтра включаются последовательно (рисунок 3.3) Такая схема иногда называется каскадной. Её применение обеспечивает возможность оценивания ошибок ИНС, снижения шума GPS, а также компенсацию перерывов в работе GPS. Вместе с тем сигналы псевдодальности от отдельных спутников не могут быть использованы в фильтре ИНС [26].

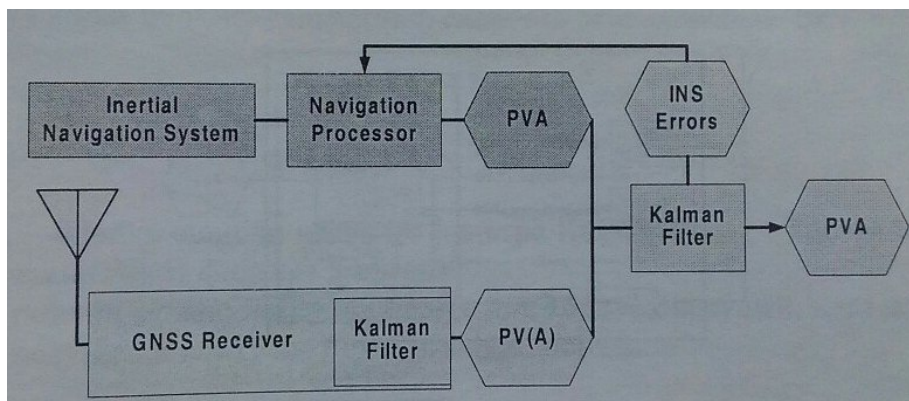


Рисунок 3.3 – Слабосвязанная система комплексирования (PVA – координаты, скорость, ускорения; GNSS receiver – приёмник ГСНС)

Помимо этой схемы в статье [26] приводится пример близкосвязанной, сильносвязанной и глубокосвязанной схем комплексирования.

Примером БЛА с интегрированной системой навигации может служить французский «Sperwer», иллюстрацию которого можно увидеть на рисунке 3.4. В его конструкции лежит сильносвязанное комплексирование ИНС и GPS. Информация о данном беспилотнике изложена в статье [27].



Рисунок 3.4 – БЛА «Sperwer»

3.2.2 Функциональная схема системы ориентации и навигации с использованием интегрированной системы

Таким образом, для устранения недостатка быстродействия МРК-32 управление ориентацией будет осуществляться при помощи менее точных БИНС, а роль МРК-32 в данной системе управления будет корректирующей. С введением интегрированной системы, функциональная схема устройства спроектирована так, как указано на рисунке 3.5

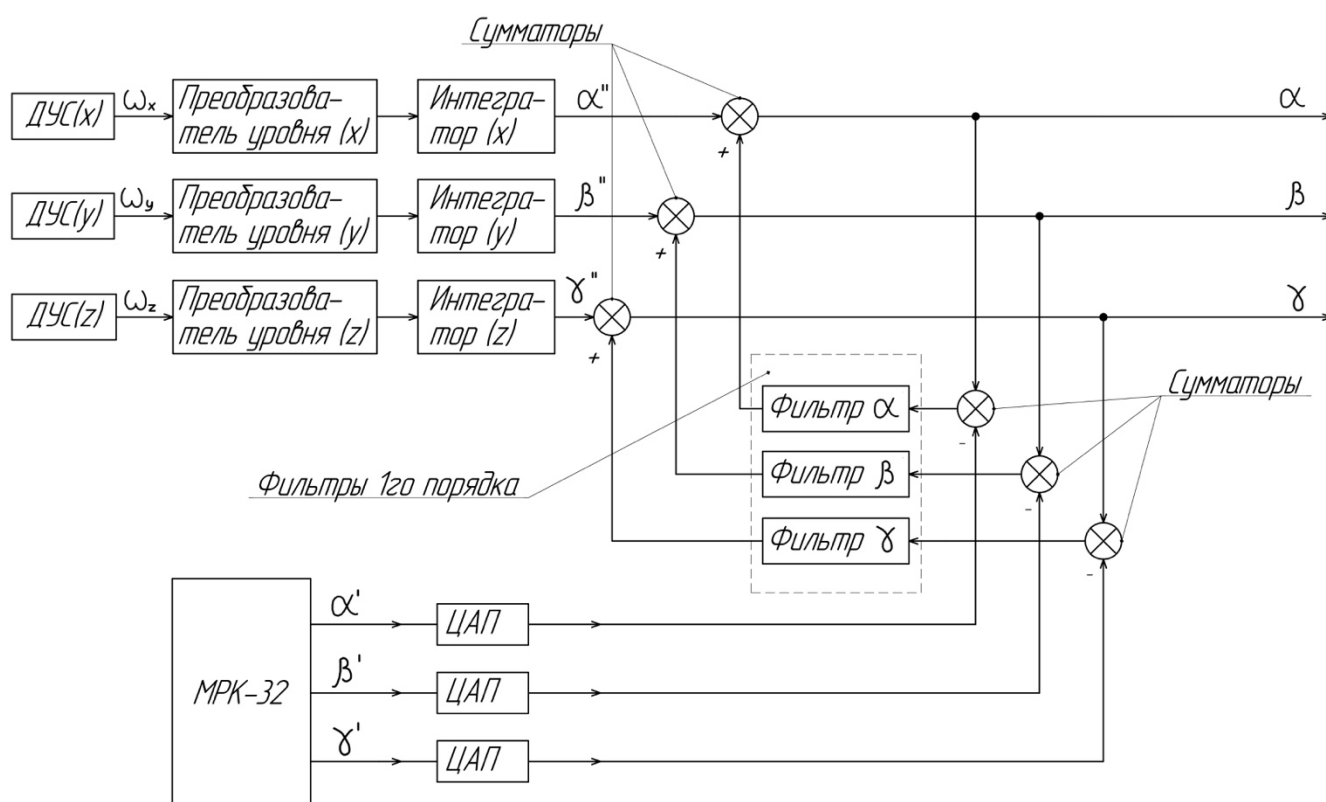


Рисунок 3.5 – Функциональная схема системы ориентации и навигации

Работа блока обработки информации описывается его функциональной схемой, приведённой на рисунке 3.3. ДУС несут непрерывную информацию об угловой скорости объекта, однако нас интересует угол. По этой причине сигналы с ДУС преобразуются в интеграторах и подаются на соответствующие рулевые машинки ЛА. В схеме также присутствует корректировка от более точного органа выдачи информации угла – МРК-32. МРК выдаёт цифровой сигнал, в связи с чем они пропускаются через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), после чего выходные сигналы ЦАП сравниваются с соответствующими сигналами, полученными в результате

интегрирования сигналов ДУС. Разница этих сигналов пропускается через сглаживающий фильтр низких частот и подаётся на сумматоры к соответствующим линиям выходного сигнала.

Фильтр необходим для придания выходной характеристике максимальной линейности. Связано это с тем, что выходной сигнал в 1 Гц с МРК-32 можно считать скачкообразным, и используя такой сигнал без фильтра приведёт к накапливающейся ошибке в промежутке между выдачей корректирующего сигнала, что неприемлемо.

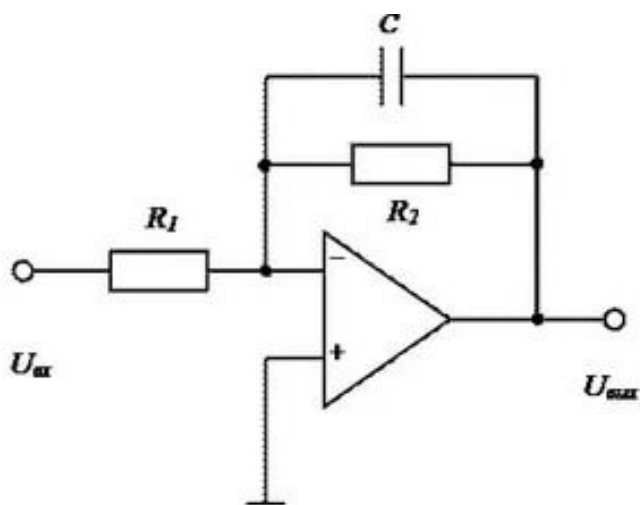


Рисунок 3.4 – Простейший фильтр; низкочастотный фильтр 1го порядка на операционном усилителе

В качестве чувствительного ДУС выбран миниатюрный пьезокерамический гироскоп ГПБ-2 [28]. Выбранный ДУС выдаёт однополярный сигнал, но работа блока обработки информации построена на использовании двуполярного напряжения, в связи с чем в схеме используются преобразователи. Преобразователь служит для преобразования однополярного напряжения ДУС в двуполярное.

Таблица 3.1 – Основные параметры ГПБ-2

Параметр	Ед. измерения	Значение
Нулевой сигнал (U_0)	В	$2,5 \pm 0,2$
Масштабный коэффициент	мВ/(град/с)	$5 \pm 0,5$
Порог чувствительности, не более	град/с	0,03
Диапазон измеряемых угловых скоростей	град/с	± 300
Диапазон рабочих температур	°С	-40...+60
Напряжение питания	В	5,0
Потребляемый ток, не более	мА	20
Масса, не более	г	12

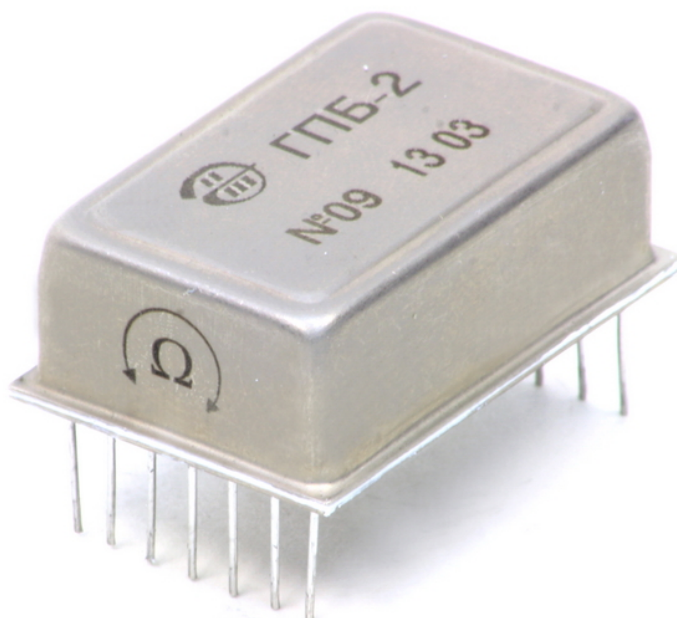


Рисунок 3.5 – ГПБ-2, внешний вид

Данный блок обработки информации предполагается для использования в автопилоте, построенном на аналоговых устройствах, поэтому выходной характеристикой системы должны быть аналоговые сигнал, которые в последствии подаются в этот автопилот.

3.3 Примеры расчетов и подбор элементов электрической схемы системы ориентации и навигации

В качестве примера расчета элементов по номиналам приведён преобразователь. Электрическая схема преобразователя приведена на рисунке 3.6. Смысл преобразователя в том, чтобы при нулевом сигнале ДУС, на выходе усилителя было напряжение 0 В. Для достижения наиболее точного результата используются подстроечные резисторы, настройка которых производится после монтажа платы.

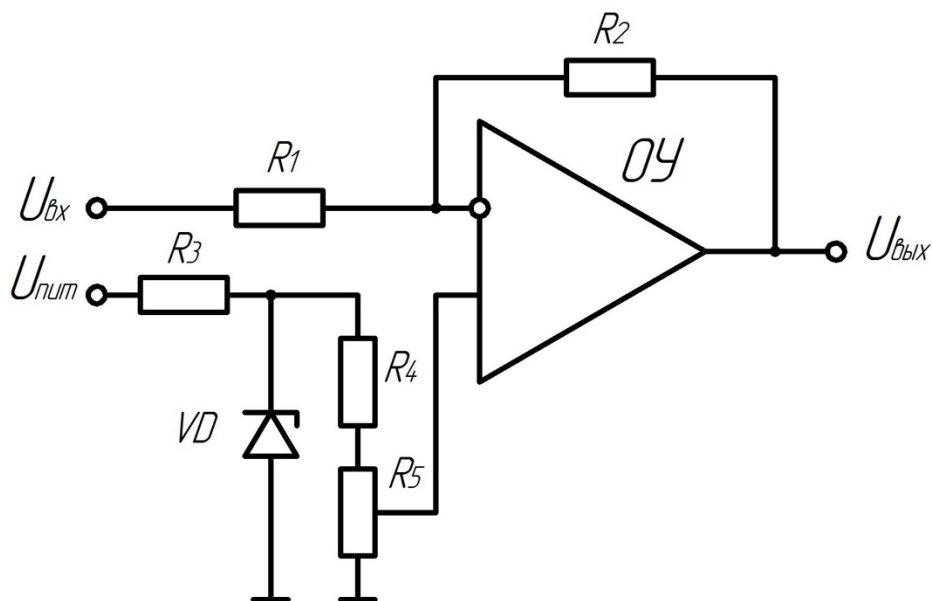


Рисунок 3.6 – Преобразователь однополярного напряжения в двухполярное на операционном усилителе

Нужно понимать, что так как система строится на аналоговых устройствах, то необходимо выбирать максимально качественные и точные элементы для схемы, чтобы сигналы, несущие информацию об ориентации объекта не искажались в ходе обработки в электронной схеме, и погрешность сигнала не росла. В связи с этим элементы выбираются повышенной надёжности из числа тех, которые используются в военной технике.

В качестве операционного усилителя выбрана схема 140УД24 [29]. Это высококачественный операционный усилитель с внутренним коэффициентом усиления $K_u = 10^6$, напряжением смещения $U_{см} = 0,005$ мВ и входным током $I_{вх} = 0,05$ нА. Напряжение питания усилителя $U_{пит} = 15$ В, $U_{вх} = -5$ В...+5 В.

Подробная информация об операционных усилителях приведена в источнике [30].

Нулевой сигнал ДУС равен 2,5 В. Изменяется выходной сигнал ДУС от 0 до 5 В. Таким образом, на неинвертирующий вход вычитателя должно быть подано постоянное напряжение 2,5 В. Так как в последующем мы будем работать с напряжениями от -5 В до +5 В, то следует построить схему так, чтобы коэффициент её усиления был равен:

$$K_u = \frac{U_{в\text{ых}}}{U_{в\text{х}}} = \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

$$K_u = \frac{U_{в\text{ых}}}{U_{в\text{х}}} = \frac{5}{2,5} = 2$$

Тогда $R_2 = 2R_1$.

Мощность, выделяемая на резисторе, определяется как:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R \quad (4)$$

Отсюда:

$$R_1 = \frac{U_{max}^2}{P} = \frac{5 \cdot 5}{0,062} = 403 \text{ (Ом)}$$

Получается, что при использовании резистора R_1 на мощность 0,062 Вт, минимально допустимое его сопротивление равно 403 Ом.

Для высокой надёжности элементов номинал подбирается исходя из учёта рекомендуемых коэффициентов нагрузки компонентов [31, с.51].

Для резисторов реальное сопротивление $R_{1\text{реал}} = 2 \cdot R_1 = 2 \cdot 403 = 806$ (Ом). Далее окончательно выбираем элемент из ряда E192, $R_1^* = 825$ Ом.

Так как температура оказывает наибольшее влияние на напряжение стабилизации стабилитрона, то в качестве этого элемента выбран стабилитрон серии 2С191Ф, имеющий высокую температурную стабильность, с номиналом 9,1 В [32]. ТКС = 0,00065 %/°С.

Рекомендуемые токи в цепи со стабилитроном находятся в диапазоне от 3мА до 20мА. Возьмём для расчётов общий ток, равный 12 мА, а ток на стабилитроне 8 мА.

Тогда минимальное сопротивление на R3 равно:

$$R3 = \frac{U}{I} = \frac{15 - 9,1}{10 \cdot 10^{-3}} = 491 \text{ (Ом)}$$

Выделяемая мощность на R3 равна:

$$P = U \cdot I = (15 - 9,1) \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,07 \text{ (Вт)}$$

Суммарное сопротивление (R4+R5) равно:

$$R4 + R5 = \frac{9,1}{(12 - 8) \cdot 10^{-3}} = 2275 \text{ (Ом)}$$

На переменный подстроечный резистор R5 отведём 30% от общего значения (R4+R5).

Тогда, с учётом рекомендуемых коэффициентов нагрузки [31, с.51] выбираем окончательно элементы. Результаты приведены в таблице 3.2. Используемый ряд резисторов – E192.

Таблица 3.2 – Элементы для схемы преобразователя

Обозначение	Наименование элемента	Номинал
ОУ	140УД24	-
R1	С2-29В-0,062	825 Ом
R2	С2-29В-0,062	1650 Ом
R3	С2-29В-0,125	590 Ом
R4	С2-29В-0,062	3,57 кОм
R5	СП5-2ВА	1,5 кОм
VD	2С191Ф	9,1 В

При подборе элементов также использовались справочники элементов полупроводниковых приборов [33], резисторов [34] и интегральных микросхем [35].

4. Разработка конструкции модуля системы ориентации

Модуль системы ориентации можно разбить на следующие составные части:

- 1) корпус;
- 2) кожух;
- 3) основание для размещения печатных узлов;
- 4) печатные узлы.

Основание крепится четырьмя винтами к корпусу. Печатные узлы крепятся также с помощью винтов к основанию. Чтобы печатный монтаж не касался основания, между печатным узлом и основанием используются изолирующие втулки из прессматериала АГ-4С. Вид общий модуля системы ориентации и навигации приведен на чертеже ФЮРА.469678.ВО.

Корпус является несущей частью конструкции, на который закрепляются все прочие составные части модуля. Кожух защищает модуль от внешних факторов. Кожух и корпус изготавливается из сплава на основе алюминия. Важными критериями при изготовлении кожуха – обеспечить герметичность изделия. Это связано с тем, что недопустимо попадание влаги в корпус прибора, которая может повлиять на работоспособность прибора. С внешней стороны кожуха устанавливаются три разъёма XS1, XS2, XS3 типа ОСРС соответственно на 10, 19 и 50 контактов. Данные соединители используются:

- XS1 – для связи модуля с потребителем;
- XS2 – для подвода питания;
- XS3 – для связи модуля с бортовым вычислителем.

Установка соединителей осуществляется с использованием резиновых уплотнителей, что необходимо для обеспечения герметизации корпуса.

Печатные узлы представляет собой две печатных платы, реализующих электрическую схему, представленную на ФЮРА.469678.СхЭЗ. Материалом печатной платы является стеклотекстолит. Связано разделение реализации электрической схемы на две платы по причине необходимости обеспечения

ортогональности трёх ДУС. Первые два возможно разместить на одной плате, а для третьего ДУС, чтобы обеспечить ортогональность первым двум, необходимо изготовить отдельную плату.

Основание печатного узла – это то, на что устанавливаются печатные узлы. Основание представляет собой жёсткую деталь в форме буквы Г, на одну сторону которого крепится первая часть печатного узла, а на другую – вторая. При проектировании очень важно обеспечить строгую перпендикулярность одной поверхности по отношению к другой для того, чтобы ДУС работали корректно. В связи с этим предусмотрены рёбра жёсткости основания.

Требования к материалу для основания – высокая жёсткость, твёрдость, технологичность и доступность. По этим критериям материал для основания выбирался из числа алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы классифицируются на:

- литейные – используются при получении детали в специальных литейных формах (пример: АЛ, МГТУ);
- твёрдые – как правило, представляют из себя слиток, который в дальнейшем обрабатывается фрезерованием для получения необходимой формы (пример: Д16, Д16Т, В93, В95);
- деформируемые – наиболее мягкие сплавы, которые обрабатываются давлением (АМГ, АД-1, АД-2, АД-3);

Так как основание должно быть жёстким и не менять своей формы при эксплуатации, то мягкие деформируемые алюминиевые сплавы не подходят. Выбор остаётся за литейными, либо твёрдыми материалами. При использовании литейных сплавов, необходимо изготовить отдельную литейную форму для основания, но нужно понимать, что модуль изготавливается не для серийного производства, поэтому такой способ нецелесообразен.

Таким образом, в качестве материала для заготовки выбран сплав Д16Т, – это высокопрочный сплав на основе алюминия с добавлениями меди, магния и марганца.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Темой научной исследовательской работы является разработка системы ориентации и навигации для беспилотного летательного аппарата (БЛА) самолётной схемы.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НТИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НТИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время тема беспилотных летательных аппаратов (БЛА) является актуальной. Беспилотные летательные аппараты применяются

повсеместно как в гражданских, так и в военных целях. Конечно же, к этой тематике большое отношение имеет решение задачи ориентации и навигации, то есть определения текущих параметров ориентации, местоположения беспилотного аэродинамического летательного аппарата и его скорости полёта. От того, каким образом будет решена эта задача, во многом зависит и качество, себестоимость и возможные области применения выпускаемого БЛА.

В данной работе представлен вариант системы ориентации и навигации для БЛА самолётной схемы, предназначенного для проведения воздушной разведки, а также для выполнения аэрофотосъёмочных работ в гражданских целях. Соответственно, первичными потребителями продукции являются люди, занимающиеся картографированием, а также службы МЧС, которые могли бы использовать беспилотный летательный аппарат в целях разведки необходимых областей, в том числе труднодоступных, таких как территории лесных пожаров.

Если говорить о принципе работы, то система ориентации и навигации представляет собой: 1) радионавигационная система МРК-32; 2) интегрированный блок на основе миниатюрных пьезоэлектрических гироскопов ГПБ-2, являющихся датчиками угловых скоростей. В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается: 1) электрическая плата из текстолита, связывающее работу МРК-32 и ГПБ-2 и выводящее все вычисляемые параметры потребителю; 2) корпус из алюминиевого сплава для данного устройства.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Конкурент 1 – Бесплатформенные система ориентации и навигации фирмы Analog Devices

Analog Devices – это американская фирма, основанная в 1967, которая является одной из ведущих фирм по разработке электронных устройств и элементов. В том числе, фирма имеет систему ориентации и навигации на базе электромеханических гироскопов. Такая система является одной из самых дешёвых и малогабаритных. Однако к её недостаткам можно отнести низкую надёжность и точность. Может быть использована в квадрокоптерах ручного и автоматического управления.

Конкурент 2 – Система ориентации и навигации канадской компании Sinclair Interplanetary

Канадская компания Sinclair Interplanetary, основанная в 2001 году, выпускает линейку оборудования, программного обеспечения для космической техники. Компания предоставляет очень качественную и надёжную продукцию. Sinclair Interplanetary среди своей линейки производит высокоточную систему ориентации и навигации в корпусе металлического куба 60x60x60 мм. Данная система ориентации и навигации применима к космической технике.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$K = \sum B_i * B_i$, где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.1 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособо		
		Б	Б	Б	К	К	К
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,08	4	4	4	0,32	0,4	0,2
2. Помехоустойчивость	0,07	5	4	5	0,28	0,35	0,35
3. Энергоэкономичность	0,1	3	5	4	0,4	0,5	0,5
4. Надежность	0,09	4	3	5	0,36	0,45	0,36
5. Уровень шума	0,07	5	5	5	0,28	0,28	0,28
6. Безопасность	0,09	4	5	5	0,36	0,45	0,45
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	4	3	5	0,28	0,35	0,28

8. Простота эксплуатации	0,07	4	5	3	0,28	0,28	0,21
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
3. Цена	0,1	3	5	2	0	0,4	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	3	5	0,3	0,3	0,3
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	5	0,24	0,24	0,3
6. Финансирование научной разработки	0,05	3	4	5	0,2	0,2	0,25
Итого	1	5	6	6	4	4	4
	6	0	2	,07	,74	,27	

Вывод по пункту: Сравнение конкурентных технических решений показало, что разрабатываемая система ориентации и навигации является практически конкурентоспособной и по показателям не сильно уступает перечисленным выше конкурентам.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также распределение исполнителей по видам работ, представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по работе	Студент (дипломник)
	3	Выбор направления для исследования	Руководитель, студент (дипломник)
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент (дипломник)
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент (дипломник)
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент (дипломник)
	7	Построение моделей и	Студент (дипломник)

		проведение моделирования	
	8	Сопоставление результатов моделирования с реальными данными	Руководитель, студент (дипломник)
	9	Повторная корректировка моделируемой модели	Студент (дипломник)
	10	Контроль результатов исследований	Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Анализ полученных результатов, выводы	Студент (дипломник)
	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент (дипломник)
Оформление отчета НИР	13	Составление пояснительной записки	Студент (дипломник)

5.2.2 Определение трудоемкости выполняемых работ

Стоимость разработки, как правило, зависит от трудовых затрат персонала. Трудоемкость выполнения научного исследования оценена экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \text{ где}$$

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ож.1} = \frac{3 * 2 + 2 * 4}{5} = 2,8 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож.2} = \frac{3 * 2 + 2 * 5}{5} = 3,2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ож.3} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{ож.4} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{ож.5} = \frac{3 * 10 + 2 * 15}{5} = 12 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{ож.6} = \frac{3 * 10 + 2 * 15}{5} = 12 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож.7}} = \frac{3 * 30 + 2 * 60}{5} = 42 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож.8}} = \frac{3 * 2 + 2 * 5}{5} = 3,2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож.9}} = \frac{3 * 10 + 2 * 20}{5} = 14 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож.10}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{\text{ож.11}} = \frac{3 * 3 + 2 * 5}{5} = 3,8 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{\text{ож.12}} = \frac{3 * 1 + 2 * 3}{5} = 1,8 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{\text{ож.12}} = \frac{3 * 2 + 2 * 4}{5} = 2,8 \text{ чел. -дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определена продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \text{ где}$$

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{12}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{12}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{42}{1} = 42 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{14}{1} = 14 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 11-й работы:

$$T_{p11} = \frac{3,8}{1} = 3,8 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 12-й работы:

$$T_{p12} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 13-й работы:

$$T_{p13} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб. дн.}$$

Вывод по пункту: Наиболее трудоемкими этапами работы 5, 6, 7 и 9. По продолжительности выполнения работ также больше всего времени занимают 5, 6, 7 и 9 пункты.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \text{ где}$$

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \text{ где}$$

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2017 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,477$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$T_{k1} = 2,8 * 1,477 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$T_{k2} = 3,2 * 1,477 = 5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$T_{k3} = 0,7 * 1,477 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$T_{k4} = 2,4 * 1,477 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$T_{k5} = 12 * 1,477 = 18 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$T_{k6} = 12 * 1,477 = 18 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$T_{k7} = 42 * 1,477 = 62 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$T_{k8} = 32 * 1,477 = 5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$T_{k9} = 14 * 1,477 = 21 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 10-й работы в календарных днях

$$T_{k10} = 2,4 * 1,477 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 11-й работы в календарных днях

$$T_{k12} = 3,8 * 1,477 = 6 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 12-й работы в календарных днях

$$T_{k13} = 0,9 * 1,477 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 13-й работы в календарных днях

$$T_{k13} = 1,4 * 1,477 = 2 \text{ кал. дн.}$$

Наиболее продолжительные работы – 7 и 9 этапы. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Временные показатели проведения научного исследования

Название	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	min, ел-дни	max, ел-дни	ож _i , ел-дни			


Составление и утверждение технического задания			,8	Научный руководитель	2,8	4
Подбор и изучение материалов по теме			,2	Студент (дипломник)	3,2	5
Выбор направления исследований			,4	Руководитель, студент (дипломник)	0,7	1
Календарное планирование работ по теме			,4	Студент (дипломник)	2,4	4
Проведение анализа литературы по теме ВКР	0	5	2	Студент (дипломник)	12	18
Проведение теоретических расчетов и обоснований	0	5	2	Студент (дипломник)	12	18
Построение моделей и проведение	0	0	2	Студент (дипломник)	42	62

моделирован ия						
Сопост авление результатов моделирован ия с реальными данными			,2	Руководител ь, студент (дипломник)	3,2	5
Повтор ная корректиров ка моделируемо й модели	0	0	4	Студент (дипломник)	14	21
Контро ль результатов исследовани й			,4	Научный руководител ь	2,4	4
Анализ полученных результатов, выводы			,8	Студент (дипломник)	3,8	6
Оценка эффективнос ти полученных результатов			,8	Руководител ь, студент (дипломник)	0,9	1

Составление пояснительн ой записки			,8	Студент (дипломник)	1,4	2
--	--	--	----	------------------------	-----	---

Вывод: Разработанный календарный план-график показывает, что наиболее времязатратными являются такие пункты, как «построение моделей и проведение моделирования», «повторная корректировка модели» и др. На «построение модели» отведено 62 календарных дня, а на «повторную корректировку модели» - 21 день.

Таблица 5.4 – календарный план график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ						
				декабрь			январь			
				1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	4 							
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент (дипломник)	5 							
3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент (дипломник)	1 							
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент (дипломник)	4 							

5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент (дипломник)	18							
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент (дипломник)	18							
7	Построение моделей и проведение моделирования	Студент (дипломник)	62							
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, студент (дипломник)	5							
9	Повторная корректировка	Студент (дипломник)	21							

	моделируемой модели									
10	Контроль результатов исследований	Научный руководитель	4							
11	Анализ полученных результатов, выводы	Студент (дипломник)	6							
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент (дипломник)	1							
13	Составление пояснительной записки	Студент (дипломник)	2							

▨ - научный руководитель

■ - студент (дипломник)

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ учтены следующие виды расходов:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.2.5 Расчет затрат на сырье и материалы НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий –

объектов испытаний (исследований). Затраты на материалы представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Стоимость материалов

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Ручка	шт.	3	60	180
Карандаш	шт.	3	20	60
Ластик	шт.	2	15	30
Линейка	шт.	1	30	30
Транспортир	шт.	1	35	35
Маркеры	шт.	3	60	180
Степлер	шт.	1	100	100
Скобы для степлера	шт.	2	45	90
Бумага офисная	л.	500	0,4	200
Термопаста для ноутбука	шт.	1	350	350
Итого				1255

Материалы и сырье берутся с запасом.

5.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме научного исследования. Затраты на оборудование представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Стоимость оборудования

Наименование оборудования	Цена, руб.
Программа автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств Altium Designer	556 000

В стоимость данного пакета входят все модули, представленные в новой версии 2018 года.

5.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата руководителей рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда, которая предполагает состав заработной платы:

- 1) Оклад – определяется предприятием. Оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор.
- 2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд и т.д.
- 3) Иные выплаты; районный коэффициент.

Заработная плата руководителя темы и инженеров (дипломников)-3-х человек, непосредственно участвующих в выполнении работ по моделированию (включая премии, доплаты), включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \text{ где}$$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя темы, инженеров (дипломников) рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \text{ где}$$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_{\text{м}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 54704$$

Месячный должностной оклад инженера (дипломника), руб.:

$$Z_{\text{м}} = 17000 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) \cdot 1,3 = 30940$$

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Инженер (дипломник)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	105	105
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	14	4
Действительный годовой фонд рабочего времени	204	214

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{54704 \cdot 10,4}{204} = 2788,83$$

Среднедневная заработная плата инженера (дипломника), руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{30940 \cdot 11,2}{214}$$

Рабочее время:

Руководитель:

$$T_p = 8.2 \text{ округляем в большую сторону } T_p = 9 \text{ раб.дн}$$

Инженер:

$$T_p = 95.6 \text{ округляем в большую сторону } T_p = 96 \text{ раб.дн}$$

Основная заработная плата руководителя темы составила:

$$Z_{\text{осн}} = 2788.83 \cdot 9 = 25099,47 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера (дипломника) составила:

$$Z_{\text{осн}} = 1619,29 \cdot 96 = 155451,84 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчёт основной заработной платы руководителя темы и инженера (дипломника) непосредственно участвующих в выполнении работ по разработке накопителя механической энергии

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель темы	26300	0,3	0,3	1,3	54704	2788,83	9	25099,47
Инженер (дипломник)	17000	0,2	0,2	1,3	30940	1619,29	96	155451,84
Итого $Z_{\text{осн}}$								180551,31

Вывод по пункту: Таким образом, затраты на основную заработную плату составили 180551,31 руб. При том, что заработная плата руководителя

больше, инженер-дипломник был задействован в течении большего рабочего времени. Так, зарплата инженера составила по расчетам 155451,84 руб.

5.2.8 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 5.9 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер (дипломник)
Основная зарплата	25099,47	155451,84
Дополнительная зарплата	2509,95	15545,18
Итого, руб	198606,44	

Вывод по пункту: в данном пункте произвели расчет дополнительной общей заработной платой руководителя и инженера. Суммарная заработная плата руководителя и инженера составила 198606,44руб.

5.2.9 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{осн}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0.3 * 198606,44 = 59581,93 \text{ руб.}$$

Вывод по пункту: Отчисления в социальные нужды составили 0.3 от общей суммы заработной платы, что составило 59581,93 рубля.

5.2.10 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, электроэнергия, размножение материалов и т.д. Их величина определена по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}}, \text{ где}$$

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов взята в размере 10%.

Накладные расходы составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1255 + 118950 + 180551,31) * 0,1 = 30075,63 \text{ руб}$$

Вывод по пункту: Коэффициент накладных расходов был взят равным 10% от суммы статей расчета затрат на сырье, оборудование и зарплату работников. Накладные расходы составили 30075,63 рубля.

5.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 5.10.

В ходе формирования бюджета затрат НИИ были сведены воедино все статьи, по которым производился расчет затрат. Для более глубокого анализа в таблице приведены затраты бюджет затрат на научно-исследовательские

проекты конкурентов. Оцениваемые затраты конкурентов основывались на заключениях специалистов.

Конкурент 1 – Система ориентации и навигации фирмы «Analog Devices»

Конкурент 2 – Система ориентации и навигации канадской компании «Sinclair Interplanetary»

Таблица 5.10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Оцениваемые затраты конкурентов, руб	
		Конкурент 1 «Analog Devices»	Конкурент 2 «Sinclair Interplanetary»
1. Материальные затраты НТИ	1255	2000	3500
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	556000	389000	787000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	180551,31	200000	275000
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	198606,44	30000	45000
5. Отчисления во внебюджетные фонды	59581,93	69000	50644.5

6. Накладные расходы	30075,63	59100	46431.5
7. Бюджет затрат НТИ	1026070,31	749100	1207576

Вывод по пункту: Таким образом, бюджет затрат НТИ составляет 1026070,31 руб. Сравнение результатов таблицы показывает, что наша разработка является экономически сопоставимой по сравнению с предложениями конкурентов. Стоимость проекта входит в обозначенные бюджетные проекты в начале исследования.

Вывод по разделу: Наиболее затратной статьёй в ходе выполнения НИР является затраты на оплату труда и закупка специального оборудования (программного обеспечения). Проведенные расчеты показали, что разрабатываемая система ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата является практически конкурентоспособным и по показателям не сильно уступает перечисленным выше конкурентам. Дальнейшие исследования в данной области позволят существенно сократить затраты на производство отдельных деталей.

Расчет коэффициента календарности позволил сделать план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования составило 13 пунктов. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта, обладающая высокой степенью информативности. Общая продолжительность исследования составила 151 день.

Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 1026070,31 рублей, что является дороже затрат фирмы Analog Devices и меньше, чем затраты фирмы Sinclair Interplanetary.

Таким образом, можно сделать вывод, что данная разработка обладает достаточно высокой ресурсоэффективностью.

6. Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте ИСО CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с указанным международным стандартом – Социальная ответственность - 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 (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

В данной дипломной работе объектом исследования является разработка блока системы управления для беспилотного летательного аппарата (БЛА). Система предназначена для определения текущих параметров ориентации, местоположения беспилотного аэродинамического летательного аппарата самолётной схемы и его скорости полёта.

Область применения – беспилотные летательные аппараты, предназначенные для проведения воздушной разведки, а также для выполнения аэрофотосъёмочных работ.

6.1 Производственная безопасность

Согласно [37] опасные и вредные факторы делятся на следующие группы: физические; химические; биологические; психофизиологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на обслуживающий систему персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния блока системы управления БЛА

Источник фактора, наименование работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none">• Проведение работ по осмотру и настройке системы управления перед началом использования;• Включение системы, проведение экспериментов;• Подстройка параметров с помощью специализированных инструментов на рабочем месте.	<ul style="list-style-type: none">• Отклонение показателей микроклимата;• Недостаточная освещенность рабочего места;• Механические повреждения;• Электромагнитные излучения.	<ul style="list-style-type: none">• Электрический ток;	<ul style="list-style-type: none">• Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.4.548–96;• Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03;• Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03;• ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

Перечисленные факторы при нарушении установленных норм могут влиять на состояние здоровья обслуживающего персонала или приводить к травмоопасной или аварийной ситуациям. Поэтому необходимо установить контроль за соблюдением требований и норм, обеспечивающих безопасность.

6.2 Защитные мероприятия от негативного действия факторов

6.2.1 Механические повреждения

Металлический кожух блока системы ориентации и навигации изготавливается таким образом, что все его края и угловатости закруглены и не несут никакой порезов мягких тканей. Возможны только ушибы при неаккуратной эксплуатации данного блока.

К средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства:

- оградительные;
- автоматического контроля и сигнализации;
- предохранительные;
- дистанционного управления;
- тормозные;
- знаки безопасности.

Для предотвращения травматизма при эксплуатации разрабатываемой системы необходимо использовать:

- знаки производственной безопасности, обращающие внимание персонала на то, что к включенной установке приближаться без средств индивидуальной защиты запрещено;
- предохранительные устройства, способные обесточить всю систему в случае сбоя;
- сигнализирующие устройства, указывающие на части системы, дальнейшая эксплуатация которых не является безопасной;
- оградительные щиты вокруг установки.

К средствам индивидуальной защиты от повреждений относятся:

- перчатки;
- защитные очки;
- халат.

6.2.2 Микроклимат

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Микроклимат в производственных помещениях характеризуется следующими показателями:

- температура воздуха, его скорость и относительная влажность;
- температура поверхностей;
- интенсивность теплового облучения.

Категория выполняемых работ по уровню энергозатрат в случае разрабатываемой системы является Ia (до 139 Вт).

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [37] предоставлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажн. воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139 Вт)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139 Вт)	23-25	22-26	60-40	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не причиняют никакого вреда здоровью, но могут приводить к ощущению теплового дискомфорта, понижению работоспособности и в некоторых случаях к ухудшению самочувствия.

Данные нормы устанавливаются только в тех случаях, когда по техническим, экономическим или технологическим причинам оптимальные величины не могут быть обеспечены.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажн. воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139 Вт)	20-25	19-26	15-75	0,1
Теплый	Ia (до 139 Вт)	21-28	20-29	15-75	0,2

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся:

- правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха;
- отопление помещений.

Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путем. В производственные помещения должны подаваться следующие объемы наружного воздуха:

- с естественным проветриванием – не менее 30 м³ в час;
- без естественного проветривания – не менее 60 м³ в час.

Основной недостаток естественной вентиляции в том, что воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагрева. Естественная вентиляция допускается при условии, что на одного работающего приходится 4м³ или 30 м³ объема воздуха в помещении (для общественных или производственных помещений соответственно).

Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления, а при их недостаточной эффективности должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

6.2.3 Освещение

Недостаточная освещенность на рабочем месте приводит к снижению контрастной чувствительности, понижению остроты зрения.

Освещение делится на:

- естественное – прямой и отраженный свет неба;
- искусственное – искусственные источники света;
- совмещенное – комбинация естественного и искусственного.

По исполнению искусственное освещение делится на:

- общее – равномерное распределение источников света в помещении;
- местное – создается источниками света, концентрирующими световой поток на рабочее место (дополнительно к общему).

В помещении, где предполагается регулировка рассматриваемой системы ориентации и навигации БЛА, используется совмещенное освещение. Естественный свет проникает через оконные проемы, при недостатке освещения предусмотрено включение люминесцентных ламп.

Для осуществления благоприятной освещенности производственного помещения необходимо:

- обеспечить равномерность освещения;

- выбрать источники света нужных параметров;
- обеспечить необходимый уровень освещенности рабочих поверхностей;
- устранить блики и ограничить слепящий глаза свет.

Для этого последовательно решаются следующие задачи:

1. Определение необходимого уровня освещения рабочего места сотрудника.

2. Если уровень освещенности вызывает дискомфорт и является недостаточным для других сотрудников данного помещения, следует найти другой способ сохранения требуемого контраста изображения.

В таблице 6.4 приведены нормированные значения освещенности рабочего места помещения при точном классе зрительных работ.

При выполнении работ рекомендуется использовать комбинированное искусственное освещение. Это позволит обеспечить равномерное распределение света по всей площади.

Таблица 6.4 – Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении, согласно СП 52.13330.2011 [38]

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО e_n , % при боковом освещении
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, K_p , %	
Различение объектов средней точности	IV	г	300	20	1.5

6.2.4 Электромагнитные излучения

Все приборы, работающие от электросети, оказывают влияние на окружающее их электромагнитное поле – физическое поле, которое взаимодействует со всеми телами, обладающими хотя бы минимальным электрическим зарядом. К таким телам принадлежит и человеческий организм.

Основными источниками электромагнитного излучения в данной работе будут являться внешние блоки питания низковольтного напряжения данной системы, расположенные в непосредственной близости с рабочим местом.

Для снижения уровня воздействия, необходимо рациональное размещение оборудования;

6.2.5 Поражение электрическим током

Выделяют действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека:

- термическое действие – ожоги отдельных участков тела, нагрев до высоких температур внутренних тканей человека;
- электролитическое действие – разложение органической жидкости, в том числе и крови, вызывающее нарушение их физико-химического состава;
- механическое действие – разрыв тканей и переломы костей;
- биологическое действие – раздражение и возбуждение живых тканей в организме, а также нарушение внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму.

Выделяют основные мероприятия по защите от поражения электрическим током:

- использование изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты;
- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- использование устройств бесперебойного питания.

Защитное заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

- при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока - во всех случаях;
- при номинальном напряжении от 42 В до 380 В переменного тока и от 110 В до 440 В постоянного тока при работах в условиях с повышенной опасностью.

Наибольшим напряжением питания системы является напряжением в 15 В. В виду малого значения напряжения заземление или зануление не требуется.

При регулировке оборудования рабочему персоналу придётся работать с соединителями электрических проводов. Несмотря на малые напряжения электрическая схема спроектирована так, что даже при работе с включенным питанием человек защищён от соприкосновения с токоведущими частями.

6.3 Экологическая безопасность

6.3.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду

Система ориентации и навигации беспилотного летательного аппарата, спроектированная в данной выпускной квалификационной работе, является автономным объектом, который в процессе настройки и эксплуатации не выделяет никаких загрязнений, способных навредить гидросфере или литосфере, в виду использования электричества.

Потенциальное загрязнение окружающей среды связано только с литосферой, которой может быть причинен вред при неправильной утилизации составных частей системы.

6.3.2 Мероприятия по защите окружающей среды

Отходами считаются остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью [38].

Было выявлено три источника потенциального загрязнения окружающей среды, которые по истечению срока службы необходимо утилизировать:

- электрическая плата;
- кожух (металлический корпус);

Электрическую плату и металлический кожух по истечению срока службы необходимо утилизировать, так как их составные части по

определению являются ломом цветных металлов и требуют специальной утилизации.

Система сбора, хранения, обработки и утилизации отходов цветных металлов регламентирована. Основные операции подготовки металлов:

- сортировка металлических отходов по видам металлов;
- разделка лома для удаления неметаллических включений;
- механическая обработка (рубка, резка, пакетирование).

6.4 Правовые и организационные вопросы

6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Право на безопасный труд закреплено в Конституции РФ. В области охраны труда на предприятиях и в учреждениях основными законодательными актами являются Трудовой кодекс РФ (ТК РФ). Основные законодательные акты, обеспечивающие безопасные и безвредные условия труда, представлены ТК РФ.

Служба охраны труда в соответствии с возложенными на нее основными задачами выполняет следующие функции:

- проводит анализ состояния и причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний, разрабатывает совместно с соответствующими службами мероприятия по предупреждению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также контролирует их выполнение;
- организует работу по проведению паспортизации санитарно-технического состояния на рабочих местах по подразделениям предприятия;
- организует совместно с соответствующими службами предприятия разработку и выполнение комплексного плана улучшения условий труда, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, а также участвует в разработке соглашений по труду;
- подготавливает и вносит руководству предприятия предложения по разработке и внедрению более совершенных конструкций,

предохранительных устройств и других средств защиты от опасных производственных факторов;

- участвует в работе по внедрению стандартов безопасности труда и научных разработок по охране труда;

- проводит совместно с соответствующими службами предприятия и с участием профсоюзного актива проверки (или участвует в проверках) технического состояния зданий, сооружений, оборудования, эффективности работы вентиляционных систем, состояния санитарно-технических устройств, санитарно-бытовых помещений;

- контролирует правильность составления и своевременность представления заявок на приобретение спецодежды, спецоборудования и других средств индивидуальной защиты, а также оборудования и материалов для осуществления мероприятий по охране труда;

- оказывает помощь подразделениям предприятия в организации контроля состояния окружающей производственной среды;

- участвует в работе комиссий по приемке в эксплуатацию новых и после реконструкции объектов производственного назначения, оборудования и машин, проверяя выполнение требований по обеспечению здоровых условий труда;

- проводит вводный инструктаж и оказывает помощь в организации обучения работников по вопросам охраны труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-2015 и действующими нормативными документами;

- участвует в работе аттестационной комиссии и комиссии по проверке знания специалистами правил и норм по охране труда, инструкций по технике безопасности.

В соответствии с ТК РФ организация обеспечения безопасности труда в подразделениях возложена на их руководителей, которые проводят инструктаж по охране труда на рабочих местах. Общую ответственность за организацию работ по охране труда несет руководитель предприятия, а в его отсутствие — главный инженер.

6.4.2 Мероприятия при компоновке рабочей зоны

Компоновка рабочей зоны должна соответствовать эргономическим требованиям. Выполнение эргономических требований позволяет существенно снизить физическую и психологическую утомляемость персонала. Проведение мероприятий по оптимизации условий производства с эргономической точки зрения позволяет повысить производительность труда. К эргономическим показателям трудового процесса, обеспечивающим максимальную эффективность, безопасность и комфортность труда, относятся:

- гигиенические: факторы внешней среды;
- физиологические: соответствие рабочего места характеру работ, а также скоростным, энергетическим, зрительным и другим физическим способностям человека;
- психологические: соответствие навыков и возможностей восприятия умственных нагрузок при работе;

Факторы окружающей среды оптимизируются исходя из требований производственной санитарии к основным параметрам микроклимата.

По оценке физиологических факторов, можно исходить из того, что при выполнении 1 категории (легкая физическая работа) высота рабочей поверхности, при выполнении работ сидя для человека ростом 170-180см, должна составлять 740-790 мм над уровнем пола, высота рабочего сиденья 430-465мм. Высота расположения средств отображения информации на уровне 90-100 см. Рабочее место соответствует приведенным выше нормам.

Выполнение требований к психологическим факторам обеспечивается возможностью периодического отдыха для снятия умственного и психологического напряжения, размеренным ритмом работ.

6.4.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны при разработке системы ориентации и навигации.

Поскольку большинство операций по проектированию системы ориентации и навигации выполняются в положении сидя за рабочим местом, то необходимо рассматривать ГОСТ Р ИСО 14738-2007 [39], по которому можно индивидуально подобрать рабочую высоту, рабочую позу, а также высоту рабочего сиденья.

Конструкция системы ориентации и навигации защищена кожухом. Открывать кожух следует только при неисправности работы самой системы, в остальных случаях это недопустимо.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе все поставленные задачи выполнены, согласно техническим требованиям, а именно: рассмотрены виды беспилотных летательных аппаратов и требования к их системам ориентации и навигации; выбран оптимальный вариант решения задачи ориентации и навигации для разрабатываемой системы; выбрана элементная база; разработана конструкция модуля системы ориентации; выполнен расчет элементов электрической схемы. В результате получены: электрокинетическая принципиальная схема блока обработки информации и чертеж общего вида. Расчёты и чертежи выполнены при помощи компьютерных программ КОМПАС САD, Microsoft Excel и Microsoft Word. Выполненная работа удовлетворяет данным, заявленным в задании.

Также были выполнены разделы финансового менеджмента и социальной ответственности.

Список использованных источников:

1. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования / Ракурс. – М., 2011. – 12 с.
2. Беспилотные летательные аппараты в МЧС России: виды и классификация // Fireman.club, клуб пожарных и спасателей. [2017-2017]. Дата обновления: 11.06.2017. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya/> (дата обращения: 17.10.2017).
3. Гражданский аэродинамический наблюдатель телевизионный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dpla.ru/GrANT/>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bp-la.ru/primenenie-bespilotnyx-letatelnyx-apparatov-v-grazhdanskix-celyax/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Кондранин О.Н., Никитин И.В., Топчиев А.Г. Применение дельталёта «Поиск-06НТ» для геоэкологического мониторинга объектов нефтегазового комплекса / Научный вестник МГТУ ГА. – М., 2007. – №100. – 8 с.
6. Летательные аппараты как объекты управления / Шаталов А.С., Топчиев Ю.М., Кондратьев В.С. – М: Машиностроение, 1972. – 240 с.
7. Стабилизация летательных аппаратов и автопилоты / Павлов В.А., Поньрко С.А., Хованский Ю.М. – М: Высшая школа, 1964. – 484 с.
8. Распопов В.Я., Шведов А.П. Решение задачи ориентации для беспилотных летательных аппаратов // Гироскопия и навигация. – 2011. – №2(73). – С. 27-26
9. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Монография. Том 1 / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 334с.

10. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Монография. Том 2 / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 334с.
11. Российский беспилотник «Орлан-10». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techcult.ru/technics/2736-bespilotnik-orlan-10>, свободный. – Загл. с экрана.
12. Одинцов А.А. Теория и расчет гироскопических приборов: Учеб пособие. – Киев: Высшая школа, 1985. - 392 с.
13. Чиковани В.В., Яценко Ю.А., Коваленко В.А. Результаты испытаний первой партии кориолисовых вибрационных гироскопов и анализ их характеристик // Гироскопия и навигация. – 2003. – №2(43). – С. 32-38
14. Самарова Г.Г. Управление полётом малоразмерных беспилотных летательных аппаратов без использования информации об углах крена и тангажа: Автореф. дис. кан. тех. наук: 05.13.01 / Казанский нац. исслед. тех. ун-т. Казань, 2016. 183с.
15. Никишин В.Б., Скрипкин А.А. О подходе к построению безгироскопной системы ориентации маневренного объекта // Гироскопия и навигация. – 1995. – №1(8). – С. 55-56.
16. Вакнин Е., Клейн И. Грубая выставка вертикали безгироскопной инерциальной навигационной системы // Гироскопия и навигация. – 2016. – №1(92). – С. 173-182
17. Биндер Я.И., Падерина Т.В. Бесплатформенные инерциальные измерительные модули: компасирование и калибровка на неподвижном основании в условиях ограничения угловых перемещений // Гироскопия и навигация. – 2003. – №4(43). – С. 29-40
18. Соловьев А.Н. Безгироскопная инерциальная навигационная система на основе акселерометов / Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН. – М., 2012. – 6 с.

19. Спутниковые системы и устройства навигации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infontr.ru/inovprod.php?r=1...0..&l1=89&l2=29&l3=65&np=3>, свободный. – Загл. с экрана.
20. Навигационный приёмник К-161. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glonass-portal.ru/catalog/modules/1k161>, свободный. – Загл. с экрана.
21. МРК-32. Авиационный приёмоиндексатор навигационных систем ГОНАСС/GPS / Красноярский государственный технический университет. – ФУГУП НПП “радиосвязь”.
22. Карпов Аппаратура МРК-32. Руководство по эксплуатации / Пров. Косолапов. – 68 с.
23. Карпов Аппаратура МРК-32. Технические условия / Проверил Косолапов. – 111 с.
24. Козлов Аппаратура МРК-32. Протокол обмена МРК с внешним оборудованием / Пров. Косолапов. – 35 с.
25. Интегрированные навигационные системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teknol.ru/analytics/ins-sns>, свободный. – Загл. с экрана.
26. Айссфеллер Б., Кройе Д., Санрома Д., Люк Т. Разработка и анализ сильносвязанной системы ГСНС/ИНС // Гироскопия и навигация. – 2003. – №2(41). – С. 47-64
27. Тэн Гийом Беспилотный летательный аппарат «Sperwer» и его интегрированная система навигации, наведения и стабилизации // Гироскопия и навигация. – 2003. – №4(43). – С. 89-98
28. Миниатюрный пьезокерамический гироскоп. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3655-ru.all.biz/miniaturnyj-pezokeramicheskij-giroskop-mpg-1-g1558521>, свободный. – Загл. с экрана.
29. Интегральные микросхемы: Операционные усилители. Обзор / под ред. А. В. Бахметьева – М.: ДОДЭКА, 1994., 48 с.

30. Интегральные микросхемы: Операционные усилители. Том 1 – М.: Физматлит, 1993., 240 с.
31. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надёжности: учебно-методическое пособие / Л. Н. Белянин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 80 с.
32. Стабилитрон 2С191Ф. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eandc.ru/catalog/detail.php?ID=1592>, свободный. – Загл. с экрана.
33. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник / А. В. Баюков, А. Б. Гитцевич, А. А. Зайцев – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 744 с.
34. Резисторы постоянные проволочные и непроволочные, переменные проволочные. Справочник / под ред. Е. Л. Масальцевой – СПб.: Издательство РНИИ, «Электростандарт», 1992. – 292 с.
35. Микросхемы АЦП и ЦАП. Справочник / под ред. Т. Е. Брод – М.: ДОДЭКА, 2005., 432 с.
36. Гаенко А.П., Милованов Ю.В., Лапсарь М.И. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД): Учеб. пособие. – М.:ИРПО; Изд. центр «Академия», 1998. – 352 с.
37. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
38. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
39. ГОСТ Р ИСО 14738-2007 Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.