

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Кафедра точного приборостроения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система стабилизации видеокамеры

УДК 681.2:62-752.3:681.772.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Татарников Егор Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПС ИНК	Гурин Лев Борисович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры МЕН ИСГТ	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК	Мезенцева Ирина Леонидовна			

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПС ИНК	Гормаков Анатолий Николаевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Точного приборостроения	Бориков Валерий Николаевич	д.т.н.		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения
<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»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Кафедра точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) _____
(Дата) Бориков В.Н.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Татарникову Егору Викторовичу

Тема работы:

Система стабилизации видеокамеры	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 03.02.2016 №644/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2016

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 материала изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта

- камера GoPro Hero 4;
- масса камеры 74 г;
- габаритные размеры камеры 55x40x30 мм;
- съемка сюжетов с рук;
- оператор стоит неподвижно;
- питание автономное;
- диапазон температур: +5 .. +35 °С;
- наработка на отказ: 10000 ч.

или изделий в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ т.д.)	
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью достижений мировой науки техники в рассмотрении 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>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ способов стабилизации; – Выбор принципа стабилизации и разработка схемы устройства; – Выбор элементов; – Составление структурной схемы системы. Моделирование системы и анализ результатов; – Разработка конструкции; – Разработка электрической схемы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Раздел «Вопросы технологии»	Гормаков Анатолий Николаевич
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Николаенко Валентин Сергеевич
Раздел «Социальная ответственность»	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гурин Лев Борисович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Татарников Егор Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ»

Студенту:

Группа 1Б2В	ФИО Татарникову Егору Викторовичу
-----------------------	---

Институт	неразрушающего контроля	Кафедра	точного приборостроения
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Вопросы технологии»:

1. Годовая программа выпуска или размер партии	Единичное производство
2. Конструкторская документация на изделия	Сборочный чертеж, рабочие чертежи деталей, спецификация
3. ГОСТы, стандарты, нормалы, справочники	ГОСТ 2.004-88 ЕСКД ГОСТ 14.301—73 ЕСТПП и др.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Определение сборочного состава изделия	ГОСТ 2.004-88 ЕСКД ГОСТ 14.301—73 ЕСТПП. Справочник по материалам ГОСТы на сортамент Справочник по допускам и посадкам Справочники по станочному оборудованию, оснастки и инструменту
2. Оценка технологичности конструкции изделия	
3. Разработка технологического процесса сборки изделия	
4. Расчет надежности изделия	
5. Разработка технологического процесса изготовления детали «внутренний кронштейн»	
6. Оценка технологичности детали «внутренний кронштейн»	

Перечень разработанной документации (с точным указанием обязательных чертежей):

Карта технологического процесса сборки, Карта технологического процесса изготовления детали
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.04.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Татарников Егор Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Татарникову Егору Викторовичу

Институт	неразрушающего контроля	Кафедра	точного приборостроения
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих. 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов. 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования. 	<p>Финансовые ресурсы: 100 000 руб.;</p> <p>Человеческие ресурсы: 2 чел.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований посредством анализа рынка и анализа разработок конкурентов.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить возможные альтернативы проведения исследования. 2. Провести анализ потенциальных потребителей результатов исследования. 3. Провести анализ конкурентных технических решений. 4. Провести оценку коммерческого потенциала и качества разработки используя технологию QuaD. 5. Провести SWOT-анализ проекта.
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Морфологическая матрица для стабилизатора видеокамеры. 2. Карта сегментирования рынка стабилизаторов камер. 3. Оценочная карта конкурентных технических решений. 4. Оценочная карта Quad. 5. Матрица SWOT. 	
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.03.2016
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Татарников Егор Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Татарникову Егору Викторовичу

Институт	неразрушающего контроля	Кафедра	точного приборостроения
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является стабилизатор для «экшн» камеры. Проектируемый стабилизатор – это электронный трехосевой подвес, предназначенный для демпфирования и стабилизации видеокамеры во время съемки.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и производстве проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и производстве проектируемого решения.	Проводим анализ выявленных вредных и опасных факторов: 1. Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте. 2. Повышенный уровень шума. 3. Недостаточная освещенность. 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений. 5. Электрический ток.
2. Экологическая безопасность:	Для рассмотрения характера воздействия проектируемого изделия на окружающую среду, проведем анализ его «жизненного цикла», который состоит из стадий проектирования, изготовления, использования и утилизации.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Рассмотрим вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в процессе разработки и производства стабилизатора. Наиболее вероятным чрезвычайным происшествием на предприятии является пожар. Пожар – это неконтролируемое горение вне специально отведенного очага, приносящее материальный ущерб.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	В Российской Федерации вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются: - трудовым кодексом РФ; - типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере [10]; - требованиями к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей [11].

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.03.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Татарников Егор Викторович		

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра точного приборостроения

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполняемой работы:	07.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.11.2015	Обзор литературы	10
04.03.2016	Проектирование стабилизатора видеокамеры	20
01.04.2016	Вопросы технологии	20
11.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2016	Социальная ответственность	15
07.06.2016	Создание прототипа стабилизатора	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гурин Лев Борисович	Кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Точного приборостроения	Бориков Валерий Николаевич	Доктор технических наук		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 страниц, 8 рисунков, 12 таблиц, 23 источника, 9 приложений.

Ключевые слова: «экшн» камера, демпфирование, стабилизация, стабилизатор, датчик угловой скорости.

Объектом исследования является: способы стабилизации видеокамер.

Цель работы: разработка системы стабилизации видеокамеры.

В процессе исследования проводились: аналитический обзор информации; анализ принципов работы систем стабилизации; изучение схем стабилизации.

В результате исследования проведен анализ принципов работы систем стабилизации и изучены схемы стабилизации; выбрана схема стабилизации и спроектирован стабилизатор для «экшн» камеры.

Рекомендации для внедрения результатов работы: отсутствие затрат на разработку проекта, высокая актуальность работы позволит в полном объеме реализовать данную выпускную квалификационную работу в необходимой сфере деятельности.

Область применения: стабилизатор будет полезен для видеосъемки при занятии экстремальными видами спорта, а также при съемке с различных подвижных объектов.

Экономическая значимость работы. По результатам проведения исследования коммерческого потенциала изделия можно сделать вывод, что разработка является актуальной и перспективной и имеет смысл продолжать исследования по данной теме.

В будущем планируется организовать серийное производство стабилизатора.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.002-84. Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
2. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

демпфирование колебаний: Искусственное подавление колебаний механических, электрических и других систем.

стабилизация изображения: Технология, применяемая в фото- и видеосъёмочной технике, компенсирующая собственные угловые движения камеры для предотвращения смазывания изображения.

стабилизатор: Прибор или приспособление для стабилизации, придания устойчивости, постоянного положения чему-либо.

линия визирования камеры: линия, совпадающая с оптической осью камеры (прямой, проходящей через центры кривизны всех линз и зеркал оптической системы).

Оглавление

Введение	15
1. Обзор литературы	16
1.1. Оценка точности стабилизации	16
1.2. Руки как подвижное основание	17
1.3. Влияние вибрации изображения на разрешающую способность	18
1.4. Анализ способов стабилизации	19
1.4.1. Оптический стабилизатор изображения	19
1.4.2. Стабилизатор изображения с подвижной матрицей	22
1.4.3. Электронный (цифровой) стабилизатор изображения	22
1.4.4. Гироскопические стабилизаторы	23
2. Проектирование стабилизатора видеокамеры	25
2.1. Выбор принципа стабилизации и разработка схемы устройства	25
2.2. Построение структурной схемы	27
2.3. Выбор элементов и разработка конструкции	28
2.4. Разработка электрической схемы	29
3. Вопросы технологии	30
3.1. Введение	30
3.2. Выбор организационной формы сборки и разработка технологического процесса сборки	30
3.3. Отработка изделия как сборочной единицы на технологичность	31
3.4. Расчет надежности	34
3.5. Анализ технологичности детали, обоснование выбора материала	36
3.6. Заключение	37
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
4.1. Введение	38
4.2. Определение возможных альтернатив проведения научного исследования	39
4.3. Потенциальные потребители результатов исследования	40
4.4. Анализ конкурентных технических решений	42

4.5. Технология QuaD	43
4.6. SWOT-анализ	44
4.7. Заключение	46
Список публикаций студента	47

Введение

На сегодняшний день большой популярностью пользуются «экшн» камеры, которые позволяют спортсменам производить съемку в движении при прыжках с парашютом, езде на велосипеде или мотоцикле, при совершении различных трюков на роликах, лыжах или сноуборде. Такие условия съемки характеризуются большими вибрациями. Колебания оказывают вредное влияние на работу камеры и качество изображения. Для исключения вредного влияния колебаний необходимо применять стабилизирующие устройства.

Целью данной работы является проектирование электронного трехосевого подвеса, предназначенного для демпфирования и стабилизации видеокамеры во время съемки.

Объект исследования: способы стабилизации видеокамер.

Предмет исследования: стабилизатор видеокамеры.

В задачи исследования входят:

- 1) анализ принципов работы систем стабилизации;
- 2) изучение схем стабилизации;
- 3) выбор схемы стабилизации;
- 4) разработка конструкции.

Проектируемый стабилизатор будет полезен для видеосъемки при занятии экстремальными видами спорта, а также при съемке с различных подвижных объектов.

1. Обзор литературы

1.1. Оценка точности стабилизации

В большинстве случаев точность стабилизации оптического прибора определяется точностью приведения его (или визирного луча, или поля зрения) к заданной позиции. Угол рассогласования с заданным направлением зависит от многих причин и рассматривается как величина случайная.

Для стабилизаторов, применяющихся в оптическом приборостроении, весьма важен спектральный состав ошибки. Ошибки чувствительного элемента стабилизатора, обусловленные нестабильностью параметров, уходом гироскопов и т.д., создают возмущения с частотой, в несколько десятков раз меньшей, чем частота угловых колебаний движущегося носителя, и могут вызывать лишь медленные смещения стабилизированной платформы от заданного положения.

На медленные смещения платформы накладываются относительно быстрые движения с частотами качки и собственных колебаний системы стабилизации, со значительно большими амплитудами, обусловленными внешними возмущениями на осях стабилизации и обкаткой стабилизирующих двигателей. Эта ошибка определяется динамическими свойствами системы стабилизации как системы автоматического регулирования и является главной при формулировании требований к динамическим характеристикам при расчете. Кроме того, при стабилизации оптики большое значение имеют нутационные колебания гироскопической системы стабилизации. Поскольку угловая разрешающая способность высококачественной оптики весьма велика, то амплитуды нутационных колебаний могут влиять на нее и вызывать заметное ухудшение частотно-контрастных характеристик оптического прибора.

Существует ряд оптических приборов, в которых ошибка относительно заданной позиции вообще не является определяющей (например, фотоаппарат), а основное влияние на качество изображения стабилизации оказывают только высокочастотные составляющие, вызывающие смазывание изображения и

ухудшение разрешающей способности. При этом критерием качества стабилизации служит скорость углового движения платформы. Отсюда возникновение такого класса приборов, как гироскопические демпферы, где корректирующее воздействие с целью приведения стабилизирующего устройства к заданной позиции отсутствует.

С другой стороны, ошибка в определении позиции, т.е. ошибка самих корректирующих элементов, может привести в некоторых оптических приборах к серьезному искажению самих наблюдаемых параметров. Подход к качеству стабилизации, оценка допустимой ошибки и скорости ее изменения весьма зависят от назначения оптического прибора, его разрешающей способности, его конструктивных особенностей.

1.2. Руки как подвижное основание

Для приборов, работающих с рук, последние могут рассматриваться как подвижное основание.

Действие нервно-мышечного аппарата рук при напряжении на сгибах суставов, необходимом для поддержания прибора, сопровождается дрожанием, которое в биологии имеет специальное название – тремор.

Суставный тремор зависит как от вида управления суставным углом, так и от психофизического состояния оператора. Так, действия рук оператора для удержания в поле зрения бинокля летящей птицы будут разными в случаях наблюдения с качающегося судна и наблюдения с суши. При этом и характеристики тремора будут также различаться.

В настоящее время следует считать, что спектр угловых колебаний тремора имеет подъем в области 10 Гц, где амплитуда угловых колебаний имеет величину от 10' до 20', и в низкочастотной области в районе от 1 Гц до 2 Гц, где амплитуда угловых колебаний достигает 1°. Угловые колебания прибора зависят также от веса, расстояния от рук (руки) до центра тяжести, вида захвата, поддержки одной или двумя руками и т.д.

Дрожание рук вызывает уменьшение контрастности изображения и ухудшения предела разрешения глаза из-за инерционности зрения. При малых

частотах перемещения, связанных со слежением за целью, имеющей малую относительную скорость, мускулатура глаза успевает отработать движение объекта наблюдения и смазывание изображения на сетчатке невелико. При больших частотах мускулатура глаза не успевает за целью, и за время инерции изображение смазывается, теряя детали и контраст.

Колебания носителя, на котором находится оператор, держащий в руках оптический прибор, трансформируется за счет нервно-мышечного аппарата корпуса в колебания рук. При этом линейные колебания могут трансформироваться в угловые, часть спектра колебаний может исчезнуть, а часть появиться.

1.3. Влияние вибрации изображения на разрешающую способность глаза

Разрешающая способность глаза зависит от скорости движения изображения предмета. Смещение изображения α за время инерции ϑ при фиксированном положении глаза

$$\alpha = \omega_0 \vartheta, \quad (1)$$

где ω_0 - относительная угловая скорость объекта наблюдения.

Вследствие того, что глаз наблюдает за объектом несинхронно в каждый отдельный момент времени, существует некоторая разница в скорости объекта и скорости смещения глаза $\omega_0 - \omega_r$, в силу которой происходит смещение изображения на сетчатке глаза α_r , равное

$$\alpha_r = (\omega_0 - \omega_r) \vartheta. \quad (2)$$

Если разрешающая способность глаза при наблюдении неподвижного предмета равна δ_r , то при движущемся изображении она в направлении движения увеличивается и будет равна $\delta_r + \alpha_r$.

На кафедре оптико-электронных приборов Ленинградского института точной механики и оптики были проведены эксперименты, позволяющие снять зависимость разрешающей способности от относительной скорости движения наблюдаемого предмета. Ухудшение разрешающей способности начинается при скорости движения предмета в поле окуляра $1,5 \text{ град/с} = 0,0262 \text{ рад/с}$. При

проектировании приборов и систем следует ограничивать возможную скорость углового перемещения объекта в поле зрения глаза этой величиной. Угловая скорость перемещения рассматриваемого объекта в поле зрения глаза зависит от увеличения в оптической системе Γ линейно и равна $\omega_0 \Gamma$.

1.4. Анализ способов стабилизации

Рассмотрим наиболее широко применяемые типы стабилизаторов изображения, применяемых на современной фото- и видеотехнике:

- Оптические стабилизаторы
- Стабилизаторы с подвижной матрицей
- Электронные (цифровые) стабилизаторы
- Гироскопические стабилизаторы

1.4.1. Оптический стабилизатор изображения

В ряде случаев имеется возможность ввести в оптическую схему элементы, поворотом которых можно изменить направление визирования. Если эти элементы достаточно малы и их угловое перемещение менее затруднительно, чем угловое перемещение прибора или его оптической головки, то задача стабилизации поля зрения сильно упрощается.

Приведем краткую сводку применяемых оптических элементов и их характеристики.

Зеркала. Для изменения направления визирного луча может быть использовано плоскопараллельное зеркало с внутренним или наружным отражающим покрытием. Чтобы сдвинуть визирный луч на заданный угол, зеркало поворачивают на половинный угол. Чтобы избежать двоения изображения и хроматизма, вызываемых клиновидностью стеклянной пластины, предпочитают зеркала с наружным нанесением отражающего покрытия.

Клинья. Для малого отклонения визирного луча при значительном механическом перемещении применяются преломляющие оптические клинья. Конструктивно отклоняющее устройство представляет собой либо пару

вращающихся клиньев (рисунок 1), либо клин, перемещающийся вдоль оси в сходящемся пучке (используется в дальномерах).

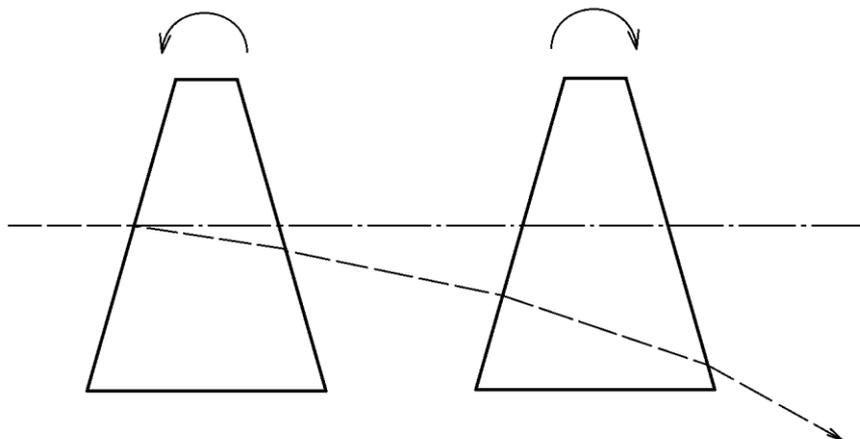


Рисунок 1 - Пара вращающихся клиньев для изменения визирного луча

Куб-призма. Состоит из двух прямоугольных призм, склеенных гипотенузными гранями, имеющими отражающие покрытия (рисунок 2). При значительном отклонении угла визирования работает только одна половина призмы. Размеры куб-призмы зависят от размера пучка лучей и угла качания.

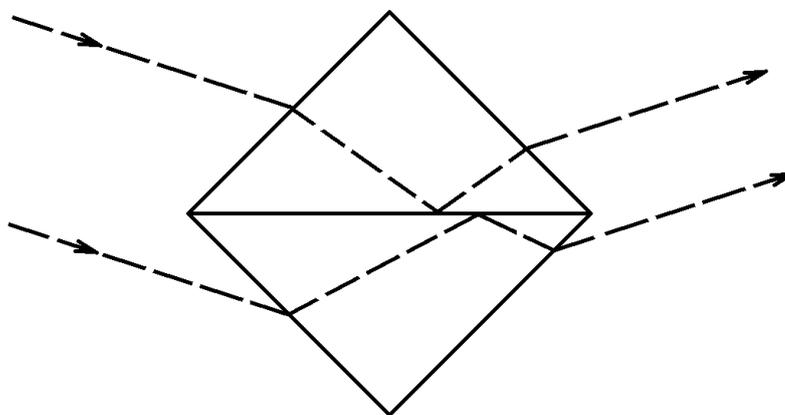


Рисунок 2 - Куб-призма. Ход лучей

Недостатки куб-призмы:

1. Может работать только в параллельных пучках, в сходящихся пучках вызывает двоение изображения;
2. Сложность изготовления, поскольку ошибки углов половинок призмы и склейки порядка нескольких секунд вызывают двоение изображения [1].

Призма Дове или призма прямого зрения. Эта призма оборачивает изображение сверху вниз. Направление оптической оси меняется только внутри призмы, а направление вошедшего и вышедшего лучей не меняется и остается параллельными отражающей грани.

Призмой Дове пользуются, чтобы вращать изображение (или компенсировать вращение изображения) вокруг оси визирования. Схема вращения изображения показана на рисунке 3.

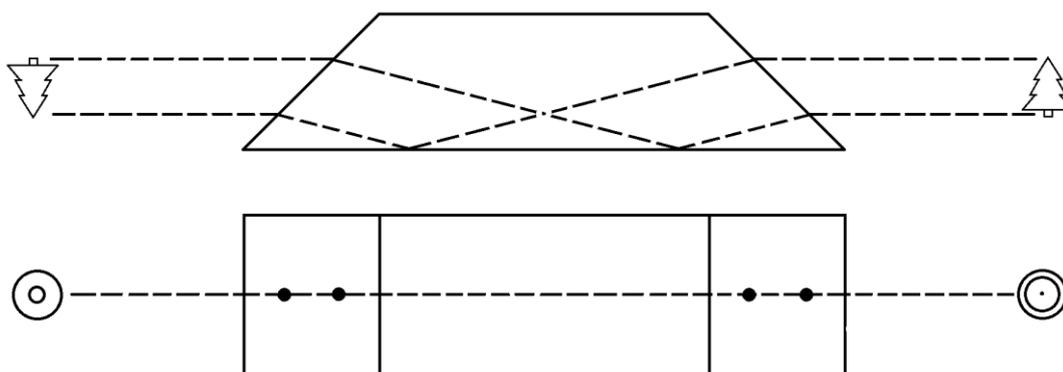


Рисунок 3 - Призма Дове

Углы падения лучей на преломляющие поверхности призмы значительны, потому призму Дове применяют только в параллельных пучках лучей.

Жидкостный клин. Кювета с эластичными стенками, прозрачными окнами, заполненная прозрачной легколетучей жидкостью, используется в системах стабилизации поля зрения как регулируемый оптический клин. В зависимости от наклона стеклянного окна визирный луч, проходящий через кювету, отклоняется в ту или иную сторону.

Конструктивно края кюветы выполняются гофрированными, в виде металлического фольфона. Оси поворота окон делаются скрещенными под углом 90° , благодаря чему с помощью одной кюветы получают отклонения визирного луча по двум взаимно перпендикулярным осям. Схема отклонения визирного луча показана на рисунке 4.

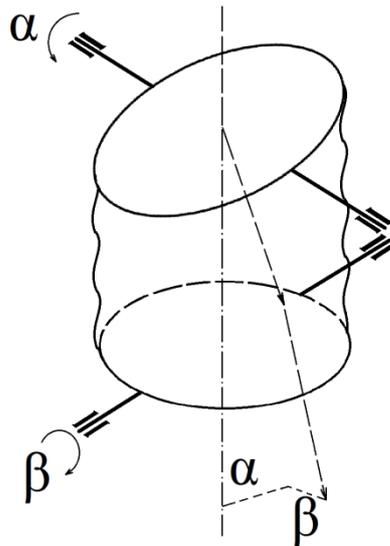


Рисунок 4 - Жидкостный клин

1.4.2. Стабилизатор изображения с подвижной матрицей

В 2003 году была разработана технология стабилизации со сдвигом матрицы. Для компенсации колебаний фотоаппарата, в данной системе используется не подвижная оптическая система, а подвижная матрица, закрепленная на платформе.

Это дает несколько преимуществ. Объективы становятся дешевле, проще и надёжнее. Стабилизация с подвижной матрицей может применяться на фотоаппаратах с любой оптикой. Это важно для зеркальных фотоаппаратов, имеющих сменную оптику. Стабилизация со сдвигом матрицы, в отличие от оптической, не вносит искажений в картинку (быть может, кроме вызванных неравномерной резкостью объектива) и не влияет на светосилу объектива. Однако считается, что стабилизация с подвижной матрицей является менее эффективной, чем оптическая стабилизация.

1.4.3. Электронный (цифровой) стабилизатор изображения

EIS (англ. Electronic (Digital) Image Stabilizer — электронная (цифровая) стабилизация изображения). В данном виде стабилизации около 40 % пикселей применяются только для стабилизации изображения и никак не участвуют в формировании картинки. При дрожании камеры картинка «плавает» по матрице, а процессор фиксирует эти колебания и вносит коррекцию, используя резервные пиксели для компенсации дрожания картинки. Эта

система стабилизации широко применяется в цифровых камерах, где матрицы маленькие (0,8 Мп, 1,3 Мп и др.). Данная система стабилизации имеет более низкое качество, чем другие системы стабилизации, однако она принципиально дешевле, так как не вносит в механическую систему фотоаппарата дополнительных элементов.

1.4.4. Гироскопические стабилизаторы

Непосредственный гироскопический стабилизатор. Это – гироскопическое устройство, принцип действия которого основан на непосредственном использовании стабилизирующих свойств астатического гироскопа. Стабилизирующее воздействие в этом случае возникает в результате возникновения гироскопического момента при влиянии внешних сил, пытающихся изменить положение гироскопа в пространстве. Гироскоп должен составлять существенную часть массы системы и обладать достаточно большим кинетическим моментом.

Силовой гироскопический стабилизатор или гирорама. Обычно так называется гироскопическое устройство, в котором гироскопический момент используется только в начальный промежуток времени, а для создания стабилизирующего воздействия далее используется специальный стабилизирующий или разгрузочный двигатель. Силовой гиростабилизатор – это электромеханическое гироскопическое устройство.

В зависимости от способа управления стабилизирующим двигателем различают:

1) силовые гиростабилизаторы с управлением по углу прецессии, использующие гироскопы с большими кинетическими моментами;

2) силовые гиростабилизаторы на «малых» гироскопах, где для управления двигателем стабилизации используется не только сигнал угла прецессии, но и его производные, за счет чего двигатель стабилизации быстрее компенсирует внешний момент, а гироскоп имеет сравнительно небольшой кинетический момент.

Силовые стабилизаторы на «малых» гироскопах занимают промежуточное положение между гироскопами с управлением по углу прецессии и индикаторными гироскопами.

Гироскопический демпфер. Этот термин введен для гироскопических устройств, в которых силы гироскопической реакции используются для подавления высокочастотной составляющей угловых колебаний стабилизируемого объекта. Стабилизирующий момент в гироскопическом демпфере зависит от частоты возмущающего воздействия. При нулевых частотах (или близких к ним) гироскопический демпфер не развивает момента противодействия или, иными словами, стабилизирующего момента.

Перечисленные гироскопические устройства относятся к устройствам силового типа. В индикаторных или косвенных гироскопических стабилизаторах оптический прибор устанавливается в отдельном кардановом подвесе, связанном с позиционным гироскопом не механически, а электрически. Здесь гироскопический прибор является только указателем (индикатором) положения в пространстве.

Индикаторный или косвенный гироскопический стабилизатор – это система автоматического регулирования, предназначенная для отслеживания силовым или следящим приводом углов между положением движущегося основания и направлением, заданным гироскопическим позиционным прибором.

2. Проектирование стабилизатора видеокамеры

2.1. Выбор принципа стабилизации и разработка схемы устройства

В результате анализа различных схем стабилизации [1] было принято решение использовать индикаторную стабилизацию «экшн» камеры, в которой чувствительным элементом является датчик угловой скорости, определяющий скорость отклонения луча визирования камеры относительно плоскости горизонта.

Устройство обеспечивает стабилизацию камеры по трем осям.

На каждой оси имеется датчик момента (Дм) и датчик угла (Ду). Камера жестко прикрепляется к опоре, имеющей трехосный датчик угловой скорости (Дус). Сигнал датчика угловой скорости интегрируется в интеграторе (И).

Данное устройство работает в трех основных режимах: режим стабилизации изображения, режим демпфирования и режим ручного управления поворотом камеры.

В режиме стабилизации изображения визирная ось камеры сохраняет свое направление неизменным, то есть камера всегда смотрит в одну точку.

В режиме демпфирования изображения камера следует за подвижным основанием с некоторым отставанием, при этом происходит сглаживание рывков и колебаний основания.

В режиме ручного управления оператор может управлять поворотом камеры с помощью кнопок управления на ручке, либо с помощью пульта дистанционного управления.

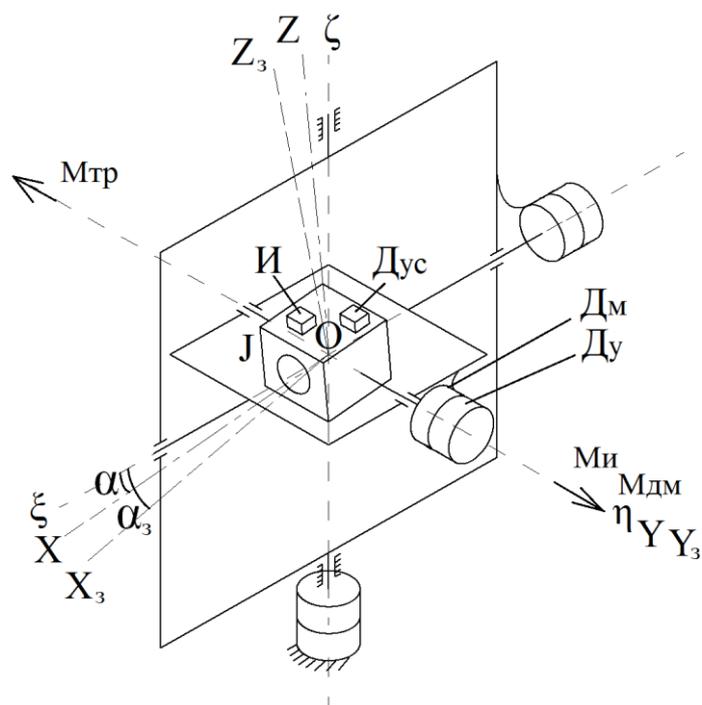


Рисунок 5 – Кинематическая схема стабилизатора

На приведенном рисунке:

$OXYZ$ – система, связанная с камерой;

$OX_3Y_3Z_3$ – система, заданная задающим устройством;

$O\xi\eta\zeta$ – инерциальная система координат;

α – поворот камеры в инерциальном пространстве;

α_3 – угол поворота заданный задающим устройством;

$M_{и} = J * \ddot{\nu}$ – момент инерции камеры;

$M_{дм} = K_{дм} * \dot{\nu}$ – момент датчика момента;

$M_{тр}$ – момент трения.

Опишем принцип действия устройства. Камера соединяется со стабилизатором, а он в свою очередь держится в руке, прикрепляется к шлему, беспилотному летательному аппарату или другому подвижному объекту. Предположим, что основание вращается вокруг оси OY . При этом камера будет стремиться повернуться за основанием за счет возникновения сил трения в опорах. Если силы трения скомпенсировать, то оптическая ось камеры будет оставаться неподвижной и камера будет стабилизирована.

При возникновении сил трения камера поворачивается вокруг оси OY , датчик угловой скорости измеряет скорость поворота, сигнал интегрируется и подается на датчик момента. Таким образом, с интегратора на датчик момента подается сигнал пропорциональный углу отклонения камеры от первоначального положения. Датчик момента создает момент, который стремится воспрепятствовать дальнейшему повороту камеры. При этом движение камеры будет резким и отрывистым. Для сглаживания рывков при стабилизации камеры и обеспечения устойчивости переходного процесса также используется сигнал датчика угловой скорости. Сигнал пропорциональный скорости вращения камеры суммируется с сигналом интегратора, перед тем как подается на датчик момента. Сигнал с задающего устройства (ЗУ) в этом режиме равен нулю.

В режиме следования камеры за поворотом основания мы вместо сигнала с интегратора подаем на датчик момента сигнал с датчика угла, который измеряет угол поворота камеры относительно основания.

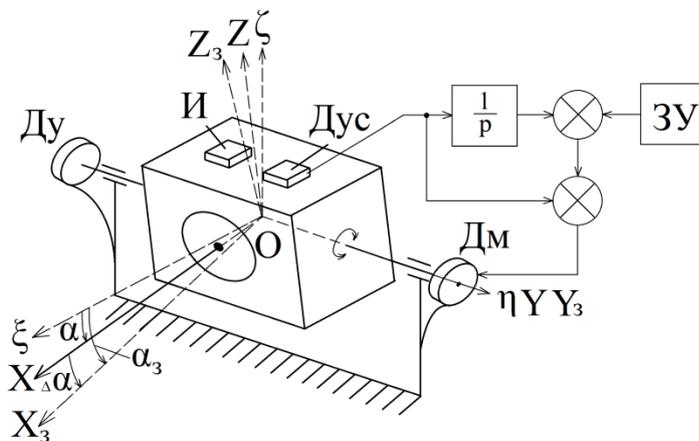


Рисунок 6 – Действие стабилизатора

В режиме ручного управления оператор с помощью кнопок задающего устройства вводит величину сигнала α_3 , в результате чего камера отклоняется от плоскости горизонта на заданный угол.

2.2. Построение структурной схемы

Была составлена структурная схема стабилизатора (рисунок 7).

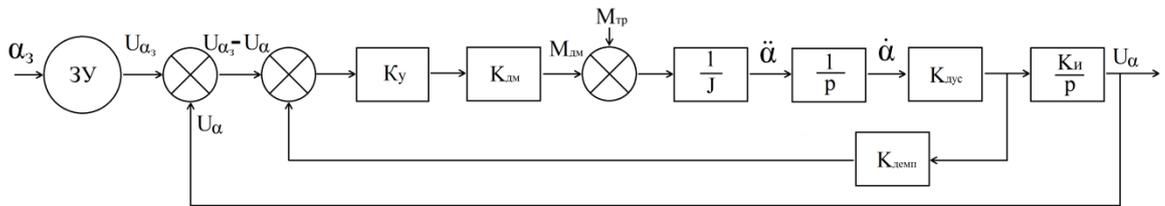


Рисунок 7 – Структурная схема стабилизатора

В результате анализа было установлено, что передаточная функция стабилизатора соответствует колебательному звену:

$$W_{\alpha z}^{\alpha} = \frac{1}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1}, \quad (3)$$

где $T = \sqrt{\frac{J}{(K_y \cdot K_{дм} + M_{тр}) \cdot K_{дус}}}$;

$$\xi = \frac{K_{демп}}{2 \cdot T}.$$

2.3. Выбор элементов и разработка конструкции

На основе полученных результатов был спроектирован стабилизатор.

Устройство состоит из трех одинаковых блоков, включающих в себя датчик момента и датчик угла. В качестве датчика момента и датчика угла было решено использовать сервопривод MG995. Данный сервопривод обеспечивает достаточные момент (9,4 кгс·см) и скорость (0,17 с/60°) стабилизации [2].

Камера крепится к основанию, на котором размещена микросхема MPU6050. Эта микросхема содержит трехосевой МЭМС (микроэлектромеханические системы) гироскоп и трехосевой МЭМС акселерометр с 16 битным АЦП [3].

К нижнему блоку прикреплен блок управления с аккумулятором 5 В. Для управления сервоприводами и микросхемой MPU6050 будем использовать плату Arduino Nano. Управление работой стабилизатора производится с помощью джойстика, находящегося на рукоятке.

Конструкторская документация на готовое изделие приведена в приложении К. Технология изготовления стабилизатора подробно рассмотрена в разделе «Вопросы технологии».

2.4. Разработка электрической схемы

Электрическая схема проектируемого стабилизатора приведена на рисунке А.1 (приложение А).

Питание всех элементов осуществляется от аккумуляторной батареи 5 В. Управление работой стабилизатора выполняется платой Arduino Nano. Joy Stick, предназначенный для управления режимами работы стабилизатора и задания углов отклонения камеры от плоскости горизонта, подключается к трем аналоговым входам Arduino: А0, А1 и А2. Для связи Arduino и платы MPU6050 применяется шина данных I²C, использующая две двунаправленные линии связи: SCL и SDA. Три сервопривода подключаются к трем дискретным выходным портам Arduino: 9, 10 и 11.

Программное обеспечение стабилизатора, написанное на языке C++, приведено в приложении Б.

3. Вопросы технологии

3.1. Введение

Служебное назначение стабилизатора. Стабилизатор видеокамеры предназначен для демпфирования и стабилизации видеокамеры во время съемки.

Исходные данные для проектирования технологического процесса приведены в задании.

В ходе выполнения данного раздела определен сборочный состав изделия, разработан технологический процесс сборки, технологический процесс изготовления внутреннего кронштейна, выбрано оборудование, оснастка, приспособления, вспомогательные материалы и инструменты. Произведён расчет надежности стабилизатора и оценена технологичность стабилизатора как сборочной единицы и технологичность внутреннего кронштейна.

3.2. Выбор организационной формы сборки и разработка технологического процесса сборки

Наиболее подходящей формой сборки для опытного образца являться стационарная концентрированная (рисунок 8).

Проанализировав требования взаимозаменяемости, конструктивные особенности прибора, точность прибора, серийность производства, принятую организационную форму сборки и экономическую целесообразность было решено применить метод регулировки. Во время сборки стабилизатора проводится регулировка люфта и момента трения в опорах.



Рисунок 8 – Рабочее место стационарной концентрированной сборки изделия «А»

На рисунке В.1 (приложение В) показан сборочный состав стабилизатора. Стабилизатор является сборочной единицей третьего порядка. В состав стабилизатора входят две сборочные единицы второго порядка и пять сборочных единиц первого порядка.

Схема сборки приведена на рисунке Г.1 (приложение Г). В качестве базовой детали выбираем рукоятку, потому что она имеет поверхность в форме цилиндра, удобную для закрепления в приспособлении. Также к ней будут прикрепляться все остальные детали.

Сборка стабилизатора выполняется в соответствии с операционной картой сборки (приложение Ж).

3.3. Отработка изделия как сборочной единицы на технологичность

Перед разработкой технологических процессов изготовления изделий, необходимо произвести анализ технологичности конструкции изделия.

Технологичность конструкции оценивается количественными характеристиками, называемыми показателями технологичности. Расчетные показатели технологичности сравнивают с базовыми показателями технологичности. Конструкция считается технологичной, если значения показателей технологичности соответствуют или превосходят значения базовых показателей.

Стабилизатор видеокамеры относится к электромеханическим изделиям, для которых установлен перечень из семи основных показателей [4].

1. Коэффициент точности обработки:

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{D_{m.ч}}{D}, \quad (4)$$

где $D_{m.ч}$ – число точных деталей по 7 качеству и точнее;

D – общее число деталей.

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{0}{7} = 1, \quad (5)$$

2. Коэффициент прогрессивности формообразования:

$$K_{\phi} = \frac{D_{np}}{D}, \quad (6)$$

где D_{np} – число деталей, полученных прогрессивными формообразованиями (литье, штамповка, прессование пластмасс в пресс-формы).

$$K_{\phi} = \frac{3}{7} = 0,43, \quad (7)$$

К числу деталей, получаемых прогрессивными формообразованиями, относим кронштейны 9, 10, 11.

3. Коэффициент сложности обработки:

$$K_{c.o} = 1 - \frac{D_m}{D}, \quad (8)$$

где D_m – число деталей, требующих обработки со снятием стружки.

$$K_{c.o} = 1 - \frac{0}{12} = 1, \quad (9)$$

4. Коэффициент повторяемости деталей и узлов:

$$K_{нов.д} = 1 - \frac{D_m + E_m}{D + E}, \quad (10)$$

где D_m – число типоразмеров деталей;

E_m – число типоразмеров узлов;

E – число узлов.

$$K_{нов.д} = 1 - \frac{7+6}{7+8} = 0,13, \quad (11)$$

5. Коэффициент сборности изделия:

$$K_{сб.} = \frac{E}{D + E}, \quad (12)$$

$$K_{сб.} = \frac{6}{7+6} = 0,46, \quad (13)$$

6. Коэффициент сложности сборки:

$$K_{c.сб} = 1 - \frac{E_{m.сл}}{E}, \quad (14)$$

где $E_{m.сл}$ – число типоразмеров узлов в изделии, требующих регулировки или совместной обработки с последующей разборкой и сборкой.

$$K_{c.сб} = 1 - \frac{2}{6} = 0,67, \quad (15)$$

7. Коэффициент использования материала:

$$K_m = \frac{M}{M_m}, \quad (16)$$

где M – масса изделия без комплектующих;

M_m – масса заготовок.

$$K_m = \frac{450}{750} = 0,6, \quad (17)$$

Технологичность изделия оценивается комплексным показателем технологичности, определяемым на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (18)$$

где k_i – расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков;

φ_i – коэффициент весовой значимости показателя;

i – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности;

n – число базовых показателей, определяемых на данной стадии разработки изделия.

$$K = \frac{1 \times 1 + 0,43 \times 1 + 1 \times 0,75 + 0,13 \times 0,5 + 0,46 \times 0,31 + 0,67 \times 0,187 + 0,6 \times 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31 + 0,187 + 0,11} = 0,67, \quad (19)$$

Уровень технологичности разрабатываемого изделия при известном нормативном комплексном показателе согласно ГОСТ 14.202-73, оценивают отношением достигнутого комплексного показателя к нормативному K_n . Это

отношение должно удовлетворять условию $\frac{K}{K_n} \geq 1$. Для электромеханических изделий $K_n \geq 0.45$.

$$\frac{K}{K_n} = \frac{0,67}{0,45} = 1.48 \geq 1, \quad (20)$$

То есть условие технологичности выполняется.

Вывод: все необходимые требования технологичности процесса изготовления изделия выполняются. Устройство можно запускать в производство, изделие отвечает требованиям технологичности для условий единичного производства.

3.4. Расчет надежности

Расчет надежности заключается в определении показателей надежности электронной аппаратуры по известным характеристикам надежности составляющих компонентов и условиям эксплуатации [5]. Выполним расчет по внезапным отказам.

Исходные данные: 10000 ч – заданная наработка на отказ. Система является нерезервированной.

Интенсивность отказа элементов с учетом условий эксплуатации стабилизатора:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} k a_i(T, k_n), \quad (21)$$

где λ_{0i} – номинальная интенсивность отказов;

k – количество изделий данного типа;

$k_n = k_1 k_2 k_3 k_4$ – поправочный коэффициент на условия эксплуатации; k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты в зависимости от воздействия механических факторов, $k_1 = 1,0$; $k_2 = 1,0$; k_3 – поправочный коэффициент в зависимости от влажности и температуры, $k_3 = 2$; k_4 – поправочный коэффициент в зависимости от давления воздуха, $k_4 = 1$.

Тогда $k_n = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 1 = 2$.

$a_i(T, k_n)$ – поправочный коэффициент в зависимости от температуры.

Значения λ_{0i} для используемых в стабилизаторе ЭРИ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Интенсивность отказов по типам элементов

Элемент	Обозначение	Номинальная интенсивность отказа $\lambda_0 \cdot 10^{-6}$, 1/ч	Количество, шт.
Аккумулятор	$\lambda_{0,1}$	7,2	1
Сервопривод	$\lambda_{0,2}$	0,37	3
Микросхема: Arduino Nano	$\lambda_{0,3}$	0,013	1
MPU6050	$\lambda_{0,4}$	0,013	1
Паяное соединение	$\lambda_{0,5}$	0,01	38
Печатная плата	$\lambda_{0,6}$	0,7	1

Интенсивность отказа аккумулятора:

$$\lambda_a = 7,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 14,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч. (22)}$$

Интенсивность отказа сервоприводов:

$$\lambda_c = 0,37 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 2 = 2,22 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч. (23)}$$

Интенсивность отказа микросхем:

$$\lambda_m = 0,013 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2 = 0,05 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч. (24)}$$

Интенсивность отказа паяных соединений:

$$\lambda_{пс} = 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 38 \cdot 2 = 0,76 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч. (25)}$$

Интенсивность отказа печатной платы:

$$\lambda_{пп} = 0,7 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч. (26)}$$

Интенсивность отказа системы:

$$\lambda = \sum \lambda_i = (14,4 + 2,22 + 0,05 + 0,76 + 1,4) \cdot 10^{-6} = 18,83 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч. (27)}$$

Среднее время наработки на отказ:

$$T_{ср.расч} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{18,83 \cdot 10^{-6}} = 53107 \text{ ч; (28)}$$

$$T_{ср.расч} = 53107 \text{ ч} > T_{ср} = 10000 \text{ ч. (29)}$$

Таким образом, расчетное время наработки на отказ $T_{ср.расч}$ превышает заданное время наработки на отказ стабилизатора. Расчетная надежность стабилизатора удовлетворяет требованиям технического задания.

3.5. Анализ технологичности детали, обоснование выбора материала

Анализ изделия на технологичность конструкции необходим для того, чтобы определить возможность получения заготовок прогрессивными методами, выявить удобство изделия в эксплуатации и его технического обслуживания, повысить долговечность и обеспечить надёжность в работе, сократить трудоёмкость ремонтов, обеспечить транспортабельность и требования техники безопасности.

Технологический процесс изготовления внутреннего кронштейна приведен в приложении И.

Анализируя внутренний кронштейн на технологичность, было установлено следующее:

- обеспечена четкая принадлежность конструкции детали к классификационной группе 746100;
- получение исходной заготовки происходит с минимальным отходом материала;
- конструкторские базы могут быть использованы как измерительные и технологические, что позволит повысить точность изготовления за счет уменьшения погрешностей базирования;
- поверхности детали однотипные, что позволяет уменьшить число операций, переходов, оснастки, оборудования для их обработки;
- протановка размеров обеспечивает точность функциональных параметров деталей и методов их достижения.

Подводя итоги оценки технологичности детали можно сказать, что внутренний кронштейн в данном аспекте является технологичным для условий единичного производства.

Для изготовления внутреннего кронштейн был выбран профиль 411074 ГОСТ 13738-91. Это прессованный прямоугольный профиль неравнополочного уголкового сечения из алюминиевого сплава, изготавливаемый методом горячего прессования.

3.6. Заключение

В данном разделе выпускной квалификационной работы был спроектирован технологический процесс сборки стабилизатора видеокамеры и изготовления отдельной детали.

Было проведено определение сборочного состава изделия. Была составлена схема сборки и разработан технологический процесс сборки. Составлены маршрутная и операционная карты технологического процесса изготовления внутреннего кронштейна 10. Проведен анализ технологичности детали 10 и всего изделия.

Можно сделать вывод, что спроектированный стабилизатор достаточно технологичен, так как большинство условий технологичности изделия выполняются.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Введение

По мере развития общества растут требования к качеству видеозаписей. Телевидение и кино применяются в научных, учебных, информационных и развлекательных целях. Съемки часто ведутся с наземных, летательных, надводных и подводных подвижных объектов. В таких условиях съемки оптические приборы часто подвержены качке или вибрации подвижного основания, на котором они установлены. Колебания оказывают вредное влияние на работу камеры и качество изображения.

Проектируемый стабилизатор видеокамеры – это электронный трехосевой подвес, предназначенный для демпфирования и стабилизации видеокамеры во время съемки.

В настоящее время ценность исследования научного открытия определяется не столько новизной или масштабом, сколько коммерческой привлекательностью.

Разработчикам необходимо с первых этапов исследования определить коммерческую ценность и перспективность научных исследований. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью данного раздела является оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований посредством анализа рынка и анализа разработок конкурентов.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Определить возможные альтернативы проведения исследования.
2. Провести анализ потенциальных потребителей результатов исследования.
3. Провести анализ конкурентных технических решений.

4. Провести оценку коммерческого потенциала и качества разработки использую технологию QuaD.

5. Провести SWOT-анализ проекта.

4.2. Определение возможных альтернатив проведения научного исследования

Для определения возможных альтернатив проведения научного исследования используем морфологический подход, основанный на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из морфологии объекта исследования. Построим морфологическую матрицу для стабилизатора видеокамеры.

Таблица 2 – Морфологическая матрица для стабилизатора видеокамеры

	1	2	3	4	5
А. Схема стабилизации	Оптическая	С подвижной матрицей	Электронный	Гироскопическая силовая	Гироскопическая индикаторная
Б. Материал корпуса	Сталь	Алюминий	Пластик		
В. Способ управления	Кнопки управления на корпусе	Пульт дистанционного управления	Смешанный способ		
Г. Тип двигателя	Коллекторный	Бесколлекторный			
Д. Питание	Автономное. Сменный гальванический элемент	Автономное. Аккумулятор	От аккумулятора камеры		
Е. Способ крепления	Держится в руке	Крепится на шлем или к корпусу подвижного объекта			

Путем комбинирования вариантов получается огромное количество различных решений. Выберем и проанализируем три из них, которые представляют наибольший практический интерес.

1. А1Б3В1Г2Д3Е1. Разработка стабилизатора с использованием оптического метода стабилизации изображения. В ряде случаев имеется возможность ввести в оптическую схему элементы, поворотом которых можно изменить направление визирования. Если эти элементы достаточно малы и их угловое перемещение менее затруднительно, чем угловое перемещение прибора или его оптической головки, то задача стабилизации поля зрения сильно упрощается. Однако наличие дополнительного оптического элемента немного снижает светосилу объектива. Питание устройства от аккумулятора видеокамеры.

2. А4Б2В1Г1Д2Е1. Гироскопическая силовая схема стабилизации. Корпус алюминиевый. Двигатели коллекторные. Питание автономное от аккумулятора. Данная схема предусматривает наличие гироскопа, что сильно усложняет конструкцию стабилизатора.

3. А5Б2В1Г1Д2Е1. Использование индикаторной стабилизации камеры, в которой чувствительным элементом является микроэлектромеханический акселерометр. Двигатели коллекторные. Питание автономное от аккумулятора.

4.3. Потенциальные потребители результатов исследования

Для оценки коммерческого потенциала и перспективности разработки необходимо провести исследование целевого рынка и провести его сегментирование.

Потребителями разрабатываемого устройства будут фотографы, спортсмены, путешественники, а также и другие люди, часто производящие фото- и видеосъемку на «экшн» камеры.

Для проведения сегментирования целевого рынка, необходимо выбрать два наиболее важных критерия. В нашем случае это род деятельности покупателя и цена стабилизатора.

Была построена карта сегментирования рынка стабилизаторов «экшн» камер (стэдикамов) [6-10].

Таблица 3 – Карта сегментирования рынка стабилизаторов камер

		Цена стабилизаторов		
		Низкая <10000 р.	Средняя 10000-30000 р.	Высокая >30000 р.
Род деятельности покупателя	Фотографы	GreenBean	GreenBean Proaim	Proaim Steadicam Merlin
	Спортсмены		Feyiu Zhiyun Hifly	
	Путешественники	GreenBean	GreenBean Feyiu Zhiyun Hifly	Proaim Steadicam Merlin
	Любители	GreenBean	GreenBean Feyiu Zhiyun Hifly	Proaim Steadicam Merlin

В ходе проведения анализа карты сегментирования были сделаны следующие выводы:

Рынок стабилизаторов камер средней стоимости плотно занят и имеет жесткую конкуренцию. В данном секторе представлено большое количество моделей стабилизаторов для людей разных профессий и родов занятий. Фирмы Feyiu, Zhiyun, Hifly производят компактные стабилизаторы, которые будут удобны для спортсменов. Стабилизаторы фирм GreenBean и Proaim имеют высокие качественные и функциональные характеристики. Данные аппараты будут удобны для использования для профессиональной съемки, а также съемки в повседневной жизни.

Не высокая конкуренция на сегменте рынка для покупателей с высоким уровнем дохода. Однако стабилизаторы, продаваемые в высоком ценовом диапазоне, имеют крупный корпус, который будет неудобен для использования спортсменами.

Низкая конкуренция на сегменте рынка дешевых стабилизаторов. В данной нише представлено малое количество разнообразных моделей. Они имеют большой корпус и будут не удобны для производства съемки в движении. Продукция компаний, реализующих продукцию в данном сегменте рынка, обладает малым функционалом. Стабилизация камеры происходит за счет противовеса, из-за которого стабилизатор имеет большую массу.

Наше предприятие нацелено именно на пользователей с низким уровнем дохода. На рынке совершенно отсутствуют устройства с низкой стоимостью для спортсменов. Именно на данную целевую аудиторию будет ориентироваться данное предприятие.

4.4. Анализ конкурентных технических решений

Для оценки сравнительной эффективности данной разработки проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Проведем обзор стэдикамов и сравним разработки трех наиболее популярных конкурирующих продуктов: Feiyu FY-G4, Zhiyun Z1 Pround и Hifly FunnyGO (приложение Д таблица Д.1).

Наиболее конкурентоспособным является стэдикам от фирмы Feiyu. Данная фирма проинвестировала большое количество денег в разработку данного аппарата. Фирма поддерживает обслуживание клиентов после продажи товара. Аппарат имеет эргономичный корпус, изготовлен качественно, на поверхности нет заусенцев и зазоров, в руке лежит удобно. В отличие от стабилизатора HiFly FunnyGo в комплект данной модели входит инструкция. На продукт распространяется гарантия производителя. Также аппарат от фирмы Feiyu показал наилучшие эксплуатационные характеристики.

Также высокую конкурентоспособность имеет стэдикам Zhiyun Z1 Pround. Он практически не уступает в характеристиках Feiyu FY-G4, однако имеет немного меньшую стоимость. Из трех рассмотренных аппаратов Z1 Pround имеет наилучшую комплектацию. В комплекте предусмотрен емкий аккумулятор. Имеется функция зарядки камеры от стэдикама. Однако это

устройство имеет очень неудобное зарядное устройство. В комплекте имеется инструкция по эксплуатации.

Наименее конкурентоспособным является стэдикам Hifly FunnyGO. Упаковка среднего качества. Отсутствует провод для зарядки от сети 220 В. Отсутствует инструкция на каком-либо языке. Напыление краски на корпусе прибора сделано некачественно. Однако основным недостатком данного аппарата является плохое качество программного обеспечения.

Общим недостатком данных продуктов является высокая стоимость (более 20000 руб.), слабый послепродажный сервис, узкая специализация (каждый стабилизатор рассчитан только на определенный тип экшн камер)

Конкурентным преимуществом нашей разработки является относительно низкая цена и универсальность.

4.5. Технология QuaD

Для определения качества новой разработки и ее перспективности на рынке воспользуемся технологией QuaD. Для этого составим оценочную карту (таблица 4).

Таблица 4 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относит. значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,12	90	100	0,9	0,108
2. Удобство в эксплуатации	0,05	75	100	0,75	0,0375
3. Помехоустойчивость	0,05	75	100	0,75	0,0375
4. Энергоэкономичность	0,05	80	100	0,8	0,04
5. Надежность	0,1	85	100	0,85	0,085
6. Уровень шума	0,07	40	100	0,4	0,028
7. Безопасность	0,01	85	100	0,85	0,0085
8. Эргономичность	0,01	60	100	0,6	0,006
9. Функциональная мощность	0,12	90	100	0,9	0,108

Продолжение таблицы 4

10. Качество интеллектуального интерфейса	0,09	90	100	0,9	0,081
11. Качество изготовления	0,01	90	100	0,9	0,009
12. Комплектация	0,07	85	100	0,85	0,0595
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Уровень проникновения на рынок	0,01	0	100	0	0
2. Цена	0,1	95	100	0,95	0,095
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	75	100	0,75	0,0225
4. Послепродажное обслуживание	0,08	50	100	0,5	0,04
5. Финансирование научной разработки	0,01	25	100	0,25	0,0025
6. Срок выхода на рынок	0,01	20	100	0,2	0,002
7. Наличие сертификации разработки	0,01	0	100	0	0
Итого	1				0,77

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки выше среднего. Необходимо увеличить финансирование проекта. В дальнейшем, для увеличения перспективности проекта, необходимо поработать над улучшением эргономичности и уровнем шума стабилизатора.

Слабыми сторонами проекта относительно конкурентных разработок является низкий уровень проникновения на рынок и слабое послепродажное обслуживание. В дальнейшем на улучшение данных показателей необходимо направить наибольшее количество усилий и средств.

4.6. SWOT-анализ

Для проведения первого этапа SWOT-анализа необходимо определить сильные и слабые стороны проекта и выявить возможности и угрозы для реализации данного проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представим в форме матрицы (приложение Е таблица Е.1).

Для проведения второго этапа SWOT-анализа построим интерактивную матрицу проекта, в которой выявим соответствия и несоответствия сильных и

слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Построим интерактивную матрицу проекта (таблица 5).

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта										
		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	B1	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-
	B2	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
	B3	+	0	-	+	0	+	+	+	0	+
	B4	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
	B5	+	+	-	+	-	0	-	+	-	-
	У1	+	0	-	-	-	-	-	+	+	-
	У2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	У3	+	-	-	-	+	0	-	+	-	-
	У4	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-
	У5	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-

Были найдены наиболее коррелирующие стороны.

Взаимосвязь сильных сторон и возможностей: B1C1C5; B2B3C1C4; B4C1C2C3C5; B5C1C2C4.

Взаимосвязь слабых сторон и возможностей: B1Сл3; B2Сл5; B3Сл1Сл2Сл3Сл5; B4B5Сл3.

Взаимосвязь сильных сторон и угроз: У1C1C2; У2C1C2C3C4C5; У3C1C5; У4У5C1C3C5.

Взаимосвязь слабых сторон и угроз: У1Сл3Сл4; У2Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5; У3У5Сл3; У4Сл2Сл3.

Результаты анализа интерактивной матрицы и коррелирующих сторон проекта запишем в соответствующие поля таблицы Е.1 (приложение Е).

4.7. Заключение

Целью данного раздела являлась оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований посредством анализа рынка и анализа разработок конкурентов.

В результате исследования целевого рынка была обнаружена низкая конкуренция в сегменте недорогих стабилизаторов. В данной нише представлено наименьшее количество разнообразных моделей. На рынке совершенно отсутствуют устройства с низкой стоимостью для спортсменов. Именно на данную целевую аудиторию было решено нацелить научные исследования.

Была проведена оценка сравнительной эффективности конкурентных разработок с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Общим недостатком данных продуктов является высокая стоимость, слабый послепродажный сервис и узкая специализация. Конкурентным преимуществом нашей разработки является относительно низкая цена и универсальность.

Для определения качества новой разработки и ее перспективности на рынке была использована технология QuaD. Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки выше среднего. Необходимо увеличить финансирование проекта. В дальнейшем, для увеличения перспективности проекта необходимо поработать над улучшением эргономичности и уровнем шума стабилизатора.

По результатам проведения исследования можно сделать вывод, что разработка является актуальной и перспективной и имеет смысл продолжать исследования по данной теме.

Основываясь на результатах проведенных анализов, был намечен план дальнейших действий:

- увеличить финансирование проекта;
- улучшить эргономичность стабилизатора;
- уменьшить уровень шума стабилизатора;
- ускорить разработку и выведение готовой продукции на рынок.

Список публикаций студента

1. Татарников Е. В. Проектирование стабилизатора видеокамеры. Инженерия для освоения космоса : сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 327 с.