

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

Школа ИШНКБ
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) отделение Электронной Инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Программно-корректируемое слежение углового положения двухосного гиросtabilизатора

УДК 629.73.054.7:531.383

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Фролов Руслан Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела систем управления АО «ПО УОМЗ»	Чехов Максим Анатольевич	-		
Доцент	Баранов Павел Фёдорович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков Артем Георгиевич	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОЭИ ИШНКБ	Нестеренко Т.Г.	к.т.н.		

Томск – 2018 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»**

Школа ИШНКБ
 Направление подготовки 12.04.01 приборы ориентации, стабилизации и навигации
 Отделение школы (НОЦ) отделение Электронной Инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Фролов Руслан Андреевич

Тема работы:

Двухосный гиростабилизатор с программно-корректируемым слежением углового положения
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p><i>Условия эксплуатации – максимальная барометрическая высота не более 6000 м.</i></p> <p><i>Проектирование системы управления программно-корректируемого слежения положением двухосного гиростабилизатора по сигналам бесплатформенной инерциальной навигационной системы и лазерного дальномера.</i></p> <p><i>Максимальная масса блока чувствительных элементов БИНС – не более 1 кг,</i></p> <p><i>Температурный режим – от минус 60 до +60°С,</i></p>
<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,</i></p>	<p><i>Разработке подлежат: выбор чувствительных элементов блока инерциальных навигационных датчиков (БИНД), разработка математической модели системы программно-корректируемого слежения углового положения двухосного гиростабилизатора, моделирования системы управления ПКС, анализ инструментальных и методических ошибок стабилизации с помощью ПКС, разработка структуры БИНД, создание трехмерной модели блока чувствительных</i></p>

<i>конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<i>элементов БИНД, разработка методики юстировки блока чувствительных элементов БИНД.</i>
--	---

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Сборочный чертеж блока чувствительных элементов БИНД, рабочий чертеж одной из деталей</i>
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков Артем Георгиевич
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1. Теория гироскопических стабилизаторов
2. Описание кинематической схемы двухосного гиростабилизатора
3. Структурная схема
4. Разработка БИНД (4.1 и 4.2)
7.4. Компоновка БИНД

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник отдела систем управления АО «ПО УОМЗ»	Чехов Максим Анатольевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Фролов Руслан Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6В	Фролову Руслану Андреевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Проведение предпроектного анализа; выявление потребностей заказчика; анализ конкурентно-технических решений с позиций ресурсоэффективности и ресурсосбережения; проведение Fast-анализа;</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Определение цели и результата проекта. Организация структуры проекта.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление иерархической структуры работ проекта; составление календарного плана проекта; составление диаграммы Ганта; Определение бюджета НТИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности НТИ</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Сегментирование рынка</i>
3. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
4. <i>Диаграмма FAST</i>
5. <i>Календарный план</i>
6. <i>Диаграмма Ганта</i>
7. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
8. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков Артем Георгиевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Фролов Руслан Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1БМ6В	ФИО Фролову Руслану Андреевичу
-----------------	-----------------------------------

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i></p>	<p>Объектом исследования является двухосный гиросtabilизатор, необходимый для постоянной стабилизации линии визирования на обзорно-прицельной станции, применяемой на малоскоростных летательных аппаратах. Большинство деталей гиросtabilизатора будут выполнены из инструментальной стали, а основная его часть из алюминиевого сплава для уменьшения массы общей конструкции. Областью применения данного оборудования является воздушное пространство высотой до 6 км. Рабочим местом является кабина пилота.</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности.</i></p>	<p><i>Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Отклонение показателей микроклимата; • Недостаточная освещенность; • Шум и вибрации; • Повышенный уровень электромагнитных излучений; • Повышенная напряженность труда.
<p><i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности.</i></p>	<p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Электрический ток
<p><i>3. Охрана окружающей среды.</i></p>	<p><i>Работа с бортовыми приборами не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.</i></p>
<p><i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях.</i></p>	<p><i>Единственной возможной чрезвычайной ситуацией может стать возникновение пожара.</i></p>
<p><i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</i></p>	<p><i>Контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Фролов Руслан Андреевич		

Реферат

Пояснительная записка содержит 163 стр., 35 таблиц, 47 рисунков, 32 источников, 13 приложений.

Ключевые слова: летательный аппарат, линия визирования, гиростабилизатор, динамически настраиваемый гироскоп, система стабилизации, программно-корректируемое слежение, блок инерциальных навигационных датчиков.

Объектом разработки является математическая модель двухосного гиростабилизатора с программно-корректируемым слежением углового положения.

Основной целью дипломной работы является проектирование системы управления программно-корректируемого слежения положения двухосного гиростабилизатора с повышением точности наведения линии визирования за счёт моделирования новой элементной базы при уменьшении массогабаритных характеристик гиростабилизированной обзорно-прицельной станции.

В процессе работы были проведены необходимые расчёты; смоделирован двухосный индикаторный гиростабилизатор; проведен анализ устойчивости системы стабилизации; построены кинематические, структурные схемы двухосного гиростабилизатора; произведен выбор чувствительных элементов для блока инерциальных навигационных датчиков (БИНД); разработана компоновка БИНД и спроектирована его 3D-модель; проведен расчёт погрешностей и точности БИНД; рассмотрена работа режима программно-корректируемого слежения и составлена структурная схема его алгоритма работы.

В результате исследования все цели и задачи были достигнуты: получена устойчивая система двух контуров стабилизации двухосного индикаторного гиростабилизатора, спроектирован компактный блок инерциальных навигационных датчиков с погрешностью измерения в 3 раза меньшей по сравнению с его предшественниками.

Основными эксплуатационными характеристиками БИНД являются:

- Габариты 76×83×69 мм;
- Масса 983 г;
- Максимальное энергопотребление 60 Вт;
- Ресурс - 15 лет;
- температурный режим работы – от минус 60 до +60°С.

Данный прибор предназначен для применения на малоскоростных летательных аппаратах, который помещается под фюзеляж носителя и отвечает за непрерывное слежение цели вне зависимости от положения ЛА в пространстве. Соответственно областью применения данного прибора является воздушное пространство высотой до 6 км.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, математическое моделирование и анализ системы стабилизации произведено в среде MatLab, а выполнение проектирования и создание чертежей – в программе SolidWorks.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 19705-89 «Системы электроснабжения самолетов и вертолетов»

ГОСТ 12.0.002-80 «Система стандартов безопасности труда. Техника безопасности»

ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

ГОСТ 12.0.004-15 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда»

ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»

ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность»

ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»

ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

ГОСТ 14.205-83 «Технологичность конструкции изделия. Термины и определения»

ГОСТ 23286-78. «Кабели, провода и шнуры. Нормы толщины изоляции, оболочек и испытаний напряжением»

СанПиН 2.5.1.2423-08 «Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации»

СанПин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалом, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Гиростабилизатор: гироскопическое устройство, предназначенное для стабилизации объектов или приборов, а также для определения угловых отклонений объекта.

Индикаторный гиростабилизатор: один из видов гиростабилизаторов, в котором гироскоп выполняет исключительно функцию измерителя (индикатора) отклонения платформы от требуемого положения.

Программно-корректируемое слежение (ПКС): сопровождение цели визирными устройствами по сигналам вычисленным программным методом.

Линия визирования (ЛВ): это луч, направленный из прицела на объект (цель).

Лазерный дальномер (ЛД): прибор, служащий для измерения дальности до объекта (цели).

Динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ): датчик первичной информации, получивший широкое применение в качестве датчика угловых скоростей благодаря своей высокой точности, небольшой стоимости и малому времени готовности.

Стабилизация: изменение поведения системы, с тем чтобы после возникших нарушений побудить её вернуться в исходное положение

Блок инерциальных навигационных датчиков (БИНД): совокупность чувствительных элементов, установленных на объекте с целью измерения угловой скорости и ускорении носителя.

Обозначения и сокращения

ПКС – программно-корректируемое слежение;

ЛА – летательный аппарат;

БИНД – блок инерциальных навигационных датчиков;

ДНГ – динамически настраиваемый гироскоп;

ДУ – датчик угла;

ЭДУ – электроника датчика угла;

ИИБ – инерциальный измерительный блок;

ЛД – лазерный дальномер;

ВСС – вычислитель системы стабилизации;

УМ – усилитель мощности;

ДМ – датчик момента;

КУ – контроллер управления;

ТГ – тахогенератор;

ДВ – двигатель;

Р – редуктор;

ЛВ – линия визирования;

ДУС – датчик угловых скоростей;

ЛАЧХ – логарифмическая амплитудно-частотная характеристика;

ЛФЧХ – логарифмическая фазово-частотная характеристика;

ЧЭ – чувствительные элементы;

МЛА – малоскоростные летательные аппараты;

ПГ – погрешность;

Оглавление

Введение.....	15
1. Теория гироскопических стабилизаторов	16
1.1. Силовые гиростабилизаторы	17
1.2. Индикаторно-силовые гиростабилизаторы.....	19
1.3. Индикаторные гиростабилизаторы.....	20
1.4. Непосредственные гиростабилизаторы.....	21
2. Описание кинематической схемы двухосного гиростабилизатора	23
3. Структурная схема	25
3.1. Описание структурной схемы	25
4. Разработка БИНД	27
4.1. Основные технические требования к БИНД.....	27
4.2. Выбор ЧЭ.....	28
4.3. Математическое описание модели движения ДНГ	31
4.3.1. Уравнения движения ДНГ в режиме свободного гироскопа.....	31
4.3.2. Уравнения движения ДНГ в режиме ДУС	33
5. Математическая модель индикаторного гиростабилизатора	36
5.1. Стабилизация платформы	36
5.2. Стабилизация корпуса.....	43
6. Математическое моделирование осей стабилизации	50
6.1. Анализ математической модели канала Y	51
6.2. Анализ математической модели канала Z.....	53
7. Режим программно-корректируемого слежения	55
7.1. Структурная схема алгоритма работы режима ПКС	59
7.2. Анализ погрешностей БИНД.....	60
7.2.1. Начальные погрешности.....	60
7.2.2. Инструментальная погрешность.....	61
7.2.3. Методическая погрешность	63
7.3. Анализ точности БИНД	67

7.4. Компоновка элементов БИНД.....	68
8 Инструкция по проверке и юстировке БИНД.....	69
8.1 Краткие сведения об изделии.....	69
8.2 Параметры, по которым производится проверка.....	69
8.3 Указание мер безопасности.....	70
8.4 Вспомогательные технические данные.....	70
8.5 Требования к рабочему месту.....	70
8.6 Подготовка к работе.....	72
8.7 Методы проверки и юстировки.....	73
9 Оценка технологичности детали.....	80
Обоснование выбора материала.....	80
10 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	84
10.1 Предпроектный анализ.....	85
10.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	85
10.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	86
10.2 Fast-анализ.....	87
10.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	93
10.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	93
10.3.3 Бюджет научного исследования.....	97
11 Социальная ответственность.....	102
11.1 Производственная безопасность.....	103
11.1.1 Гигиенические требования к рабочим местам летного состава воздушных судов гражданской авиации. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата.....	103
11.1.2 Гигиеническое нормирование уровней звука, ультразвука, инфразвука и вибрации.....	105
11.1.3 Гигиеническое нормирование освещенности.....	108
11.1.4 Психоэмоциональное воздействие.....	110
11.1.5 Электрический ток.....	111
11.2 Экологическая безопасность.....	113

11.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	114
11.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..	115
	Заключение	118
	Список используемых источников.....	119
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	122
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	140
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	151
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г	155
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д	156
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	157
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	158
	ПРИЛОЖЕНИЕ И	159
	ПРИЛОЖЕНИЕ К	160
	ПРИЛОЖЕНИЕ Л	162
	ПРИЛОЖЕНИЕ М	163
	ПРИЛОЖЕНИЕ Н	164

Введение

Уменьшение массы и габаритов всегда играло значительную роль в любой области приборостроения, поскольку это влечет за собой существенное снижение финансовых затрат не только на проектирование, но и эксплуатацию разных приборов. Именно поэтому прогресс современных науки и технологий не стоит на месте и с каждым годом выпускаемая аппаратура становится все более миниатюрной и компактной, не теряя при этом своего функционального назначения.

Благодаря этому прогрессу технологий при работе рассматриваемого гиросtabilизатора используется только один вычислитель систем стабилизации (ВСС) в отличие от его предшественников, где использовалось по 2-3 таких ВСС. Это значительно уменьшает габариты его размещения, а значит и массу всего изделия. При этом точность нацеливания обзорно-прицельной станции не уменьшается, а наоборот увеличивается.

Поэтому основной целью дипломной работы является проектирование системы управления программно-корректируемого слежения положения двухосного гиросtabilизатора с повышением точности наведения линии визирования за счёт моделирования новой элементной базы при уменьшении массогабаритных характеристик гиросtabilизированной обзорно-прицельной станции.

1 Теория гироскопических стабилизаторов

Благодаря достижениям в аэродинамике, двигателестроении и автоматизации процессов управления летательными аппаратами (ЛА), были достигнуты значительные технические успехи в области самолётостроения, ракетостроения и, конечно, в области космического кораблестроения.

С помощью гироскопических устройств и систем решаются основные задачи по управлению ЛА. В зависимости от точности работы этих приборов определяется эффективность действия всех типов ЛА. Помимо этого на гироскопические системы возлагаются сложные задачи по стабилизации и управлению целым рядом бортовых систем.

Подлежащие стабилизации на заданном направлении в пространстве бортовые системы обладают значительным весом и соответствующим моментом инерции; при этом на гироскопическую стабилизацию приходится существенные динамические нагрузки во время интенсивных колебаний. Необходимость в высокой точности стабилизации таких бортовых систем и побудила создание гиросtabilизаторов.

Стабилизация по своему существу сводится к определению параметров углового положения небольшой платформы с установленными на ней приборами и формированию соответствующих сигналов управления, обеспечивающих необходимое положение платформы в пространстве.

Для определения положения платформы в пространстве, а также для создания управляющих сигналов её стабилизации могут применяться разные приборы, однако до настоящего времени наибольшее распространение получили гироскопы.

Платформа с установленными на ней объектами стабилизации и гироскопами, которые обеспечивают её стабилизацию, принято называть гиросtabilизаторами (ГС) или гироскопическими стабилизаторами.

Помимо стабилизации объектов гиростабилизаторы также используют в качестве систем ориентации, т.е. для измерения угловых отклонений объектов, на которых они установлены.

По принципу стабилизации гиростабилизаторы бывают следующих типов:

- Силовой ГС;
- Индикаторно-силовой ГС;
- Индикаторный ГС;
- Непосредственный ГС.

Рассмотрим каждый из них подробнее.

1.1 Силовые гиростабилизаторы

В силовых гиростабилизаторах стабилизация осуществляется не только гироскопом, но и стабилизирующим двигателем. Двухстепенный гироскоп является чувствительным элементом силового ГС.

Введем некоторые понятия. Ось подвеса гироскопа будем называть осью прецессии, ось подвеса платформы – осью стабилизации, а ось гироскопа, которая перпендикулярна осям собственного вращения и прецессии – осью чувствительности.

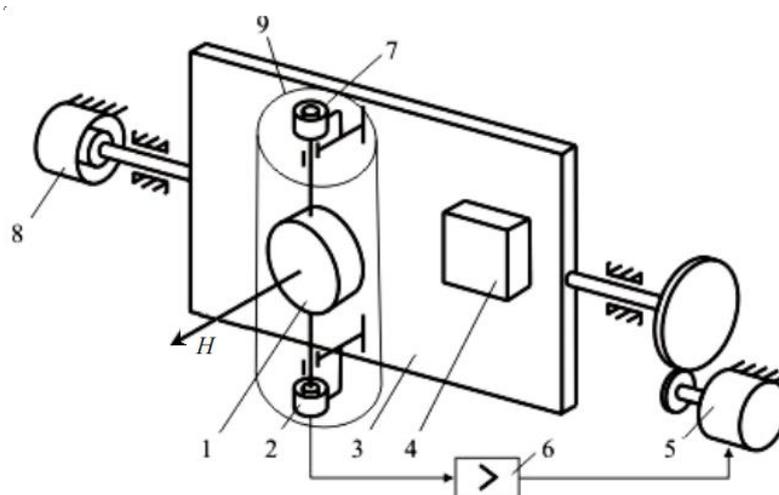


Рисунок 1 – Кинематическая схема одноосного силового ГС

На рисунке 1 приведена кинематическая схема одноосного силового гиростабилизатора. На платформе 3 расположен объект стабилизации 4 и

двухстепенной гироскоп 1, на оси прецессии которого помещены датчик угла 2 и датчик момента 7. При появлении отклонения гироскопа по оси прецессии, сигнал с датчика угла 2 подаётся на вход усилителя стабилизации 6, с выхода которого поступает на управляемую обмотку стабилизирующего двигателя 5. По оси вращения платформы, для необходимости измерять угловые колебания объекта, размещен датчик угла 8. Гироскоп совместно с датчиками углов, датчиками моментов, устройствами для балансировки, токоподводами и другими элементами обычно выполняют в виде отдельного прибора – гироблока 9.

Весь процесс стабилизации можно условно разбить на три этапа. На первом под действием внешнего момента гироскоп начинает поворачиваться вокруг оси прецессии с некоторой угловой скоростью. Вследствие этого появляется гироскопический момент, который по величине равен внешнему моменту, но по направлению противоположен ему. Поэтому суммарное действие этих моментов на платформу равно нулю. Таким образом, на этом этапе происходит стабилизация платформы непосредственно гироскопическим моментом.

На втором этапе стабилизации в ходе прецессии гироскоп поворачивается на некоторый угол и с датчика угла начинает поступать сигнал рассогласования, который через усилитель стабилизации поступает на стабилизирующий двигатель (СД). После этого СД прикладывает к платформе момент противоположно направленный внешнему моменту. Поэтому суммарный момент, который действует на платформу, будет определяться разностью трёх моментов: гироскопического, внешнего и стабилизирующего двигателя.

На третьем этапе стабилизации при дальнейшем увеличении угла прецессии момент СД возрастёт до величины внешнего момента. В этом случае прецессия гироскопа прекратится, гироскопический момент станет равным нулю, а внешнее воздействие на платформу целиком уравнивается стабилизирующим двигателем.

1.2 Индикаторно-силовые гиростабилизаторы

Стабилизация в ГС индикаторно-силового типа осуществляется в основном стабилизирующим двигателем. Чувствительным элементом такого ГС могут выступать: поплавковый интегрирующий гироскоп, датчик угловой скорости или интегро-дифференцирующий гироскоп.

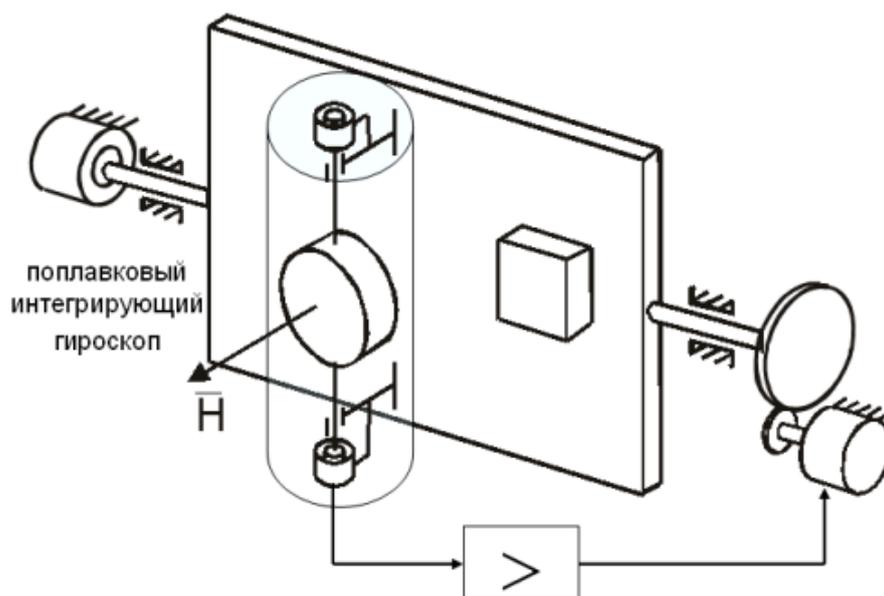


Рисунок 2 – Кинематическая схема индикаторно-силового ГС

Интегрирующий гироскоп измеряет малые углы поворота основания. Применительно к ГС это означает, что угол поворота платформы вокруг оси стабилизации будет пропорционален углу прецессии гироскопа.

Допустим, что на ГС действует постоянный внешний момент M_1 . Под действием этого момента платформа начинает поворачиваться относительно оси стабилизации, отклоняясь от первоначального положения на угол α . В свою очередь интегрирующий гироскоп начнёт прецессировать и повернётся на угол $\beta = k\alpha$ (k – коэффициент передачи интегрирующего гироскопа). Тогда с датчика угла по оси прецессии будет подан электрический сигнал на стабилизирующий двигатель, который создаст противодействующий момент к оси стабилизации, и уравновесит внешний момент.

При таком способе стабилизации установленный на платформе гироскоп только «чувствует» поворот платформы. Поэтому формируется сигнал об отклонении этой платформы, но гироскоп в её стабилизации не принимает непосредственного силового участия.

Так как силовое воздействие со стороны гироскопа всё-таки имеется (хоть и незначительное), то ГС выполненные на основе интегрирующего гироскопа принято называть индикаторно-силовыми.

1.3 Индикаторные гиросtabilизаторы

В ГС такого типа стабилизация происходит благодаря стабилизирующему двигателю, а гироскоп выполняет функцию измерителя (индикатора) отклонения платформы от требуемого положения. Чувствительным элементом этого ГС может выступать динамически настраиваемый гироскоп или трёхстепенной гироскоп.

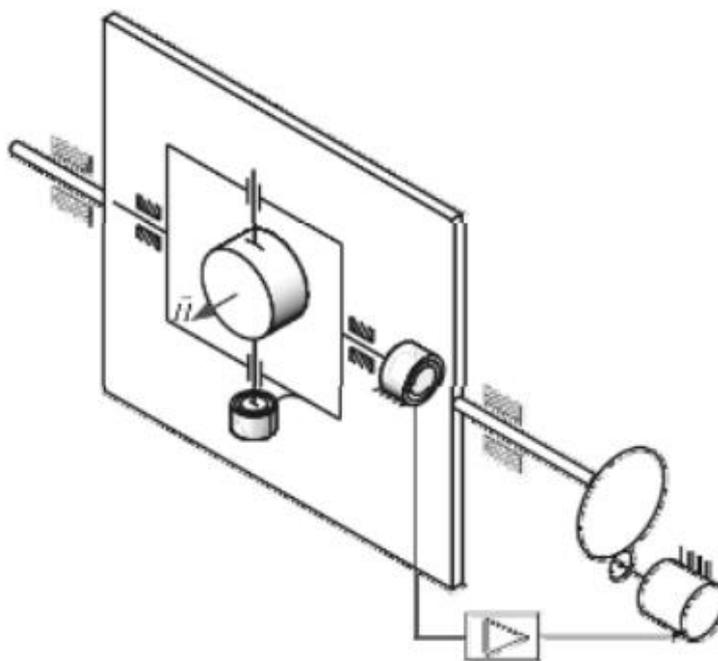


Рисунок 3 – Кинематическая схема одноосного индикаторного ГС

Трёхстепенной гироскоп умеет сохранять заданное направление оси собственного вращения в инерциальном пространстве. Благодаря этому свойству его используют для формирования стабилизирующего момента и измерения угловых отклонений платформы от требуемого положения.

На рисунке 3 представлена кинематическая схема одноосного индикаторного ГС. В данном случае ось наружной рамки гироскопа параллельна оси стабилизации. Датчик угла установлен на оси наружной рамки гироскопа. С этого датчика сигнал рассогласования поступает на вход усилителя, где он усиливается и приходит на стабилизирующий двигатель. Также гиростабилизатор имеет систему привода, датчик моментов которой помещён на внутренней оси рамки гироскопа.

Гироскоп и платформа находятся в исходном положении. По оси стабилизации возникает возмущающий момент и заставляет платформу поворачиваться вокруг своей оси на некоторый угол. С датчика угла снимается сигнал и через усилитель поступает на стабилизирующий двигатель, который в свою очередь создаёт к оси стабилизации момент, противоположный внешнему возмущающему моменту.

Гироскоп в процессе стабилизации не оказывает никакого силового воздействия на платформу, поэтому такие ГС называют индикаторными.

1.4 Непосредственные гиростабилизаторы

Гиростабилизаторы непосредственного типа стабилизируются непосредственно гироскопом; такие ГС, как правило, одноосные и представляют собой трехстепенный гироскоп с большим кинетическим моментом.

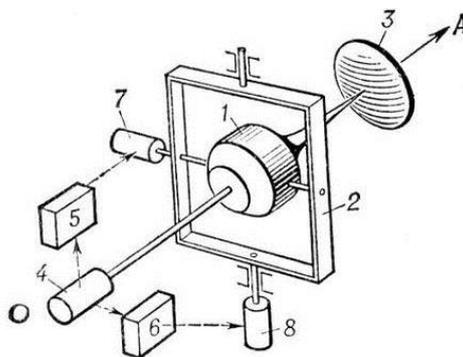


Рисунок 4 – Кинематическая схема гироскопической следящей системы на основе непосредственного ГС.

Подобные ГС имеют весьма существенный вес и габариты, поэтому применяются в качестве успокоителей бортовой качки корабля, стабилизаторов чувствительных элементов систем управления, стабилизаторов вагона однорельсовой железной дороги и др. На рисунке 4 ГС состоит из гирокамеры 1 с ротором, которая закреплена в наружном кардановом кольце 2. Этот ГС осуществляет непосредственную стабилизацию антенны 3 и координатора 4. Координатор формирует сигналы, которые пропорциональны углам отклонения оси антенны от требуемого положения. Эти сигналы усиливаются, проходя через усилители-преобразователи 5 и 6, а затем поступают на датчики моментов 7 и 8. Системы коррекции осуществляют автоматическое слежение оси антенны за требуемым направлением.

10 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целями данной дипломной работы является создание математической модели двухосного гиросtabilизатора и проектирование блока инерциальных навигационных датчиков (БИНД) с повышением точности наведения линии визирования за счёт моделирования новой элементной базы при уменьшении массогабаритных характеристик гиросtabilизированной обзорно-прицельной станции.

Поэтому объектом исследования является двухосный индикаторный гиросtabilизатор, необходимый для постоянной стабилизации линии визирования на обзорно-прицельной станции. Данный прибор предназначен для применения на малоскоростных летательных аппаратах, который помещается под фюзеляж носителя (рис.39) и отвечает за непрерывное слежение цели вне зависимости от положения ЛА в пространстве. Соответственно областью применения данного прибора является воздушное пространство высотой до 6 км.

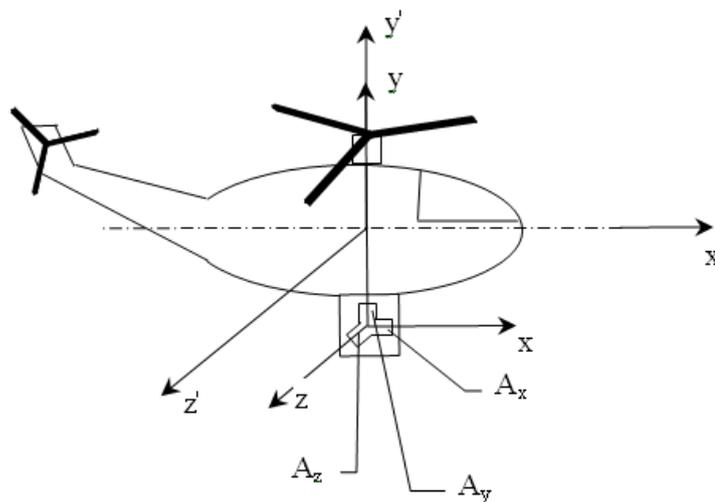


Рисунок 39 – Схематичное размещение изделия

Целями данного раздела являются оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований.

10.1 Предпроектный анализ

10.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

На сегодняшний день в авиационной технике для решения вопросов ориентации, навигации и стабилизации специальных приборов нашли широкое применение индикаторные гиростабилизаторы на основе миниатюрных динамически настраиваемых гироскопов.

С каждым годом области применения таких систем расширяются, а значит, и возрастают требования к ним по стоимости, точности, массе, габаритам и т.д.

Проведем сегментирование рынка услуг разных типов гиростабилизаторов по областям применения. Карта сегментирования представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Карта сегментирования рынка услуг

		Области применения ГС				
		Авиация	Космос	Морфлот	Сухопутные войска	Гражданская техника
Типы ГС	Индикаторные ГС					
	Силовые ГС					
	Индикаторно-силовые ГС					

По таблице 7 можно сделать вывод, что Индикаторные гиростабилизаторы используются в тех же областях, что и Силовые (за исключением космоса). В данном случае нас интересует воздушная авиация, в которой массо-габаритные характеристики играют весомую роль. А благодаря использованию миниатюрных динамически настраиваемых гироскопов Индикаторные ГС получаются в несколько раз меньше Силовых. Поэтому в данном случае Индикаторные ГС превосходят Силовые.

10.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения (таблица 8).

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _и	Б _с	Б _{ис}	К _и	К _с	К _{ис}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергопотребление	0,1	5	1	3	0,5	0,1	0,3
2. Масса	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
3. Габариты	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
4. Большой ресурс	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
5. Конкурентоспособность продукта	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
6. Послепродажное обслуживание	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
7. Финансирование научной разработки	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
8. Цена	0,15	2	5	5	0,3	0,75	0,75
Итого	1				4,3	3,75	3,95

Исходя из произведенного анализа, представленного в таблице, конкурентоспособность данного метода проведения выше натуральных испытаний, поскольку является более выгодным хоть и самым затратным. Но для заказчиков в данной области ценовой фактор не играет высокой роли.

10.2 Fast-анализ

Fast-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

Стадия 1. Выбор объекта Fast-анализа.

Объектом исследования является двухосный индикаторный гиростабилизатор, необходимый для постоянной стабилизации линии визирования на обзорно-прицельной станции. Данный прибор предназначен для применения на малоскоростных летательных аппаратах, который помещается под фюзеляж носителя (рис.39) и отвечает за непрерывное слежение цели вне зависимости от положения ЛА в пространстве.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Главной функцией называют функцию, определяющую назначение, сущность и главную цель создания объекта в целом. Поэтому главной функцией гиростабилизатора является стабилизация телевизионной камеры (линии визирования).

Основная функция представляет собой внутреннюю функцию объекта, обеспечивающую принцип работы объекта и создающую необходимые условия для осуществления главной функции. В данном случае, основной функцией является преобразование возмущающих моментов в электрический сигнал.

Вспомогательная функция способствует реализации основных функций.

Таблица 9 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Двухосный индикаторный гиросtabilизатор	-	Обеспечивает стабилизацию телевизионной камеры (линии визирования)	X		
Динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ)	3	1. Основной элемент гиросtabilизатора; 2. Сохраняет неизменное положение оси при любых положениях вращающегося прибора.		X	
Акселерометр (А)	3	Измеряет кажущееся ускорение в проекц. на определенные направления		X	
Лазерный дальномер (ЛД)	1	С помощью него получают расстояние до объекта		X	
Платформа	1	Служит для крепления ДНГ и ЛД			X
Корпус	1	1. Служит для герметизации; 2. Выполняет защитную функцию.			X

Наружная рама	1	Предназначена для закрепления на ней корпуса			X
Фланец	1	Служит для крепления наружной рамы к неподвижному основанию			X
Редуктор	2	Передает и преобразует крутящий момент		X	
Стабилизирующий двигатель	2	Уравновешивает возмущающие моменты		X	
Тахогенератор	2	Преобразует мгновенное значение частоты вращения вала в электрический сигнал		X	
Двухкоординатный моментный двигатель	1	Уравновешивает возмущающие моменты		X	
Датчик угла поворота	3	Преобразует изменение угла поворота в электрический сигнал		X	
Неподвижное основание	1	Служит для закрепления фланца и блока чувствительных элементов			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

На первом этапе необходимо построить матрицу смежности (Таблица Б.4 Приложение Б).

Второй этап состоит в преобразовании Таблицы Б.4 в матрицу количественных соотношений функций (Таблица Б.5 Приложение Б).

В рамках третьего этапа происходит определение значимости функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям.

$20,5/196 = 0,104$	$14,5/196 = 0,073$
$19,5/196 = 0,099$	$13,5/196 = 0,068$
$18,5/196 = 0,094$	$12,5/196 = 0,063$
$17,5/196 = 0,089$	$10,5/196 = 0,053$
$16,5/196 = 0,084$	$9,5/196 = 0,048$
$15,5/196 = 0,079$	$8,5/196 = 0,043$

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Определим стоимость функций, выполняемых объектом исследования, и занесём данные в таблицу Б.6 Приложения Б.

Рассчитаем себестоимость покупных изделий. Информация о стоимости материалов, сырья и покупных изделий взята по счетам-фактурам “Поставщиков”.

Таблица 10 – Покупные изделия

Наименование	Кол-во, шт	Стоимость за ед., руб.	Общая сумма, руб.
Гироскоп ДНГ-4	3	271700	815100
Акселерометр А-15	3	60000	180000
Лазерный дальномер	1	17980	17980
Тахогенератор	2	11930	23860
Стабилизирующий двигатель	2	18500	37000
Двухкоординатный моментный двигатель	1	70400	70400
Датчик угла поворота	3	9500	28500
Редуктор	2	14340	28680
			Итого: 1201520

Общие материальные затраты состоят из затрат на основные материалы и сырье, а также из затрат на покупные детали, полуфабрикаты и транспортно-заготовительные расходы, которые составляют 2,4% от суммарных затрат на материалы и покупные изделия.

Транспортно-заготовительные расходы:

$$ТЗР=1201520 \cdot 0,024=28836,48 \text{ руб}$$

Таким образом всего общие материальные затраты составили 1238248,48 руб.

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и её анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (ФСД), которая указана на рис.40.

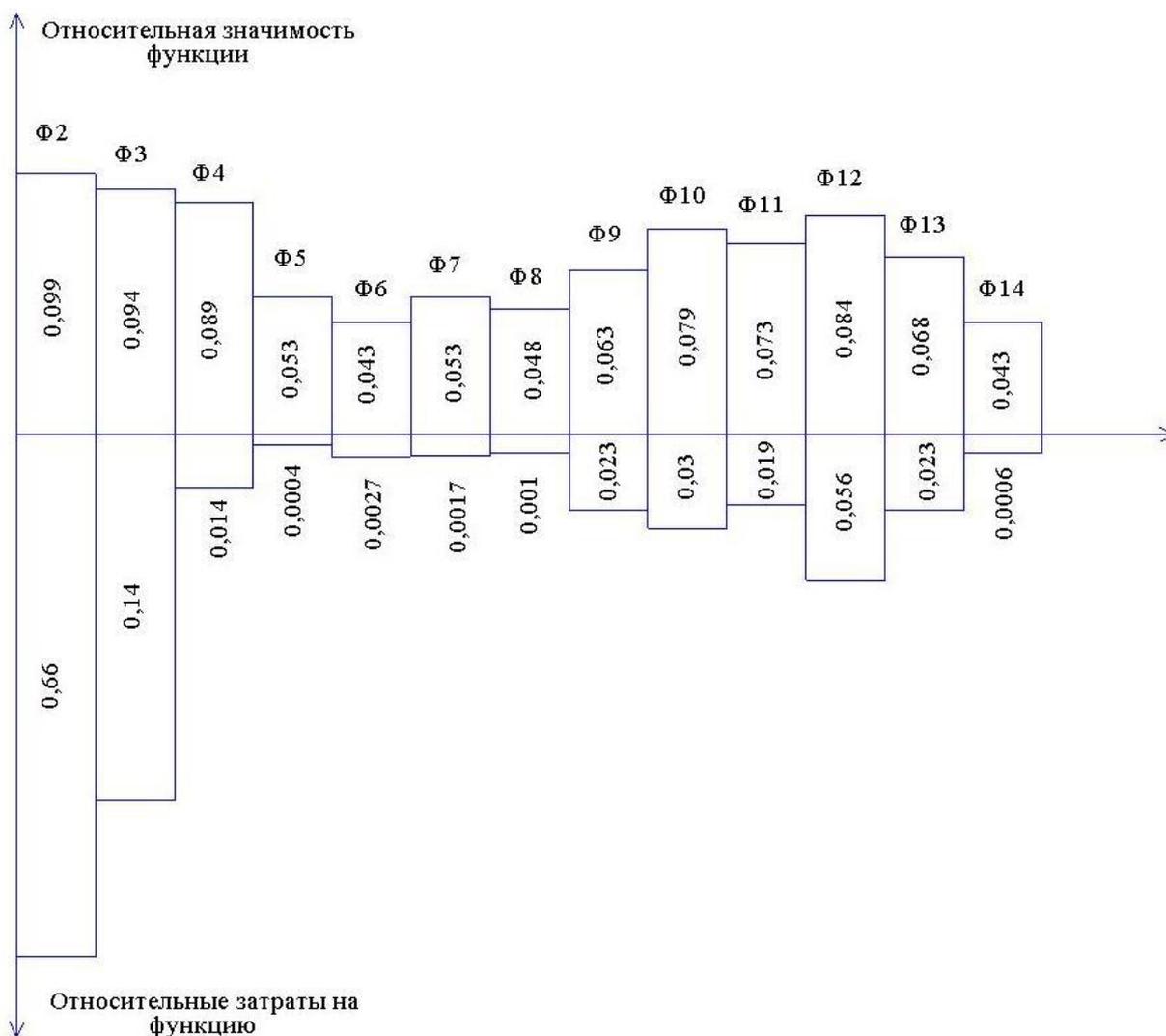


Рисунок 40 – Функционально-стоимостная диаграмма

Построенная функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить диспропорции между важностью и затратами на них. Анализ приведённой выше ФСД показывает явное наличие рассогласования по функциям 2 и 3. Но если рассмотреть тот факт, что 2 и 4 функция в принципе имеют самое большое соотношение значимости относительно остальных функций, и без них было бы невозможно создать гиросtabilизатор, то это оправдывает их высокую стоимость.

10.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

10.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис.41 представлена иерархическая структура работ данного проекта.

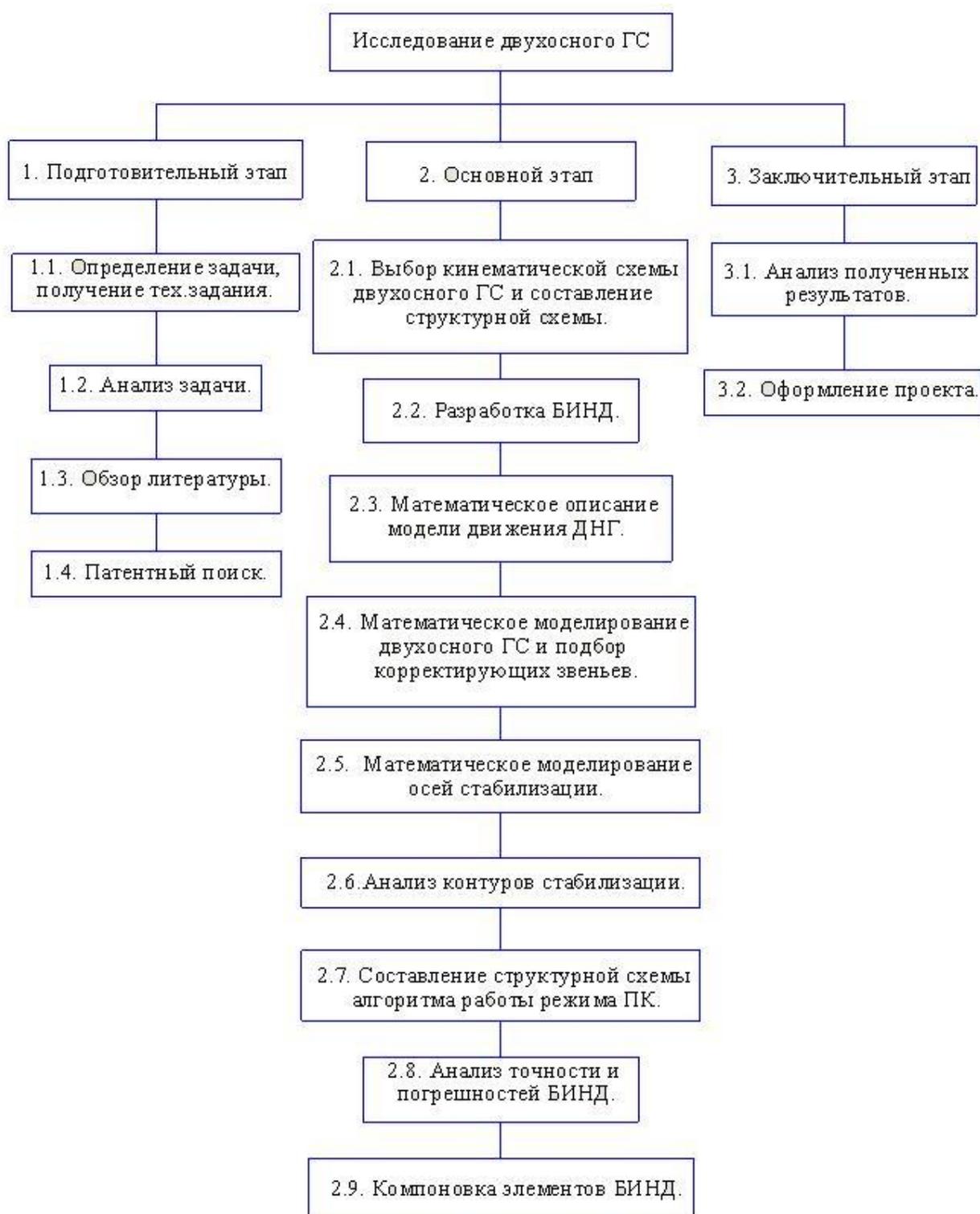


Рисунок 41 – Иерархическая структура работ проекта

10.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Таблица 11 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1.1	Определение задачи, получение технического задания	3	11.11.17	13.11.17	Руководитель Исполнитель
1.2	Анализ задачи	5	14.11.17	18.11.17	Исполнитель
1.3	Обзор литературы	20	19.11.17	09.12.17	Исполнитель
1.4	Патентный поиск	31	10.12.17	09.01.18	Исполнитель
2.1	Выбор кинематической схемы двухосного ГС и составление структурной схемы	14	10.01.18	23.01.18	Руководитель Исполнитель
2.2	Разработка БИНД	11	24.01.18	04.02.18	Исполнитель
2.3	Математическое описание модели движения ДНГ	15	05.02.18	19.02.18	Исполнитель
2.4	Математическое моделирование двухосного ГС и подбор корректирующих звеньев	15	20.02.18	06.03.18	Исполнитель
2.5	Математическое моделирование осей стабилизации	15	07.03.18	21.03.18	Исполнитель
2.6	Анализ контуров стабилизации	3	22.03.18	24.03.18	Исполнитель
2.7	Составление структурной схемы алгоритма работы режима ПКС	11	25.03.18	04.04.18	Исполнитель
2.8	Анализ точности и погрешностей БИНД	14	05.04.18	18.04.18	Исполнитель
2.9	Компоновка элементов БИНД	10	19.04.18	28.04.18	Исполнитель
3.1	Анализ полученных результатов	5	29.04.18	03.05.18	Исполнитель
3.2	Оформление проекта	18	04.05.18	21.05.18	Исполнитель
3.3	Подготовка демонстрационных материалов и доклада для защиты	5	22.05.18	26.05.18	Исполнитель
	Итого	195			

Далее необходимо построить диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Диаграмма представлена в таблице Б.7 (Приложение Б).

10.3.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3% от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сырье, материалы и покупные изделия

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Лицензионный программный продукт				
SolidWorks	мест	1	10000	10000
MatLab	мест	1	13000	13000
Всего за материалы				23 000
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				920
Итого по статье C_m				23 920

Специальное оборудование для экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Специальное оборудование для экспериментальных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	Компьютер	1	40 000	40 000
Норма амортизации, 15%				6 000
Итого				46 000

Основная заработная плата

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	Должность	Трудоёмкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Руководитель	Доцент, к.т.н	17	1013,3	30400
2	Инженер-дипломник	Студент	195	61,8	1854

В статью включена основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительная заработная плата.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (инженера-дипломника) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 14).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней (таблица 15).

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	52
- праздничные дни	10	10
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	56
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	227	247

Месячный должностной оклад работника:

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

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

В ТПУ премии, доплаты и надбавки включены в базовый оклад. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	30400	1,3	39 520	1 949,9	17	33148,3
Исполнитель	1854	1,3	2410,2	80,34	195	15666,3
Итого						48814,6

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

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

где Z_{доп} – дополнительная заработная плата, руб.;

k_{доп} – коэффициент дополнительной зарплаты;

Z_{осн} – основная заработная плата, руб.

Коэффициент дополнительной заработной платы k_{доп} = 0,15, который исходит из 15% от основной заработной платы. В таблице 17 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 17 - Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата, руб.	33148,3	15666,3
Дополнительная зарплата, руб.	4972,2	2349,9
Зарплата, руб.	38120,5	18016,2
Итого по статье C _{зп}	56136,7	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (составляет 30%).

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 56136,7 = 16841,01 \text{ руб}$$

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Накладные расходы составляют 70 – 90 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,9 \cdot 56136,7 = 50523,03 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости НТИ и приведена в таблице 18.

Таблица 18 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	23 920
2	Специальное оборудование для экспериментальных работ	46 000
3	Основная заработная плата	48814,6
4	Дополнительная заработная плата	7322,1
5	Отчисления на социальные нужды	16841,01
6	Накладные расходы	50523,03
7	Итого плановая себестоимость	193421

11 Социальная ответственность

Основными целями данной дипломной работы является создание математической модели двухосного гиросtabilизатора и проектирование блока инерциальных навигационных датчиков (БИНД) с повышением точности наведения линии визирования за счёт моделирования новой элементной базы при уменьшении массогабаритных характеристик гиросtabilизированной обзорно-прицельной станции.

Поэтому объектом исследования является двухосный гиросtabilизатор, необходимый для постоянной стабилизации линии визирования на обзорно-прицельной станции. Данный прибор предназначен для применения на малоскоростных летательных аппаратах, который помещается под фюзеляж носителя (рис.39) и отвечает за непрерывное слежение цели вне зависимости от положения ЛА в пространстве.

Основная часть гиросtabilизатора будет выполнена из инструментальной стали 14X17H2, которая обладает высокой прочностью и тем самым сможет обеспечить жесткость при вибрациях.

Областью применения данного оборудования является воздушное пространство высотой до 6 км. Полученная информация с прибора обрабатывается на микрокомпьютере, встроенном в сам прибор. А визуализация и управление происходит в кабине пилота, поэтому выполняемые работы сводятся к взаимодействию с экраном монитора и джойстиком. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении. Отсюда рабочее место представляет собой кабину пилота, оснащенной монитором, джойстиком и всеми необходимыми приборами, следовательно, можно выделить следующие психофизиологические факторы, влияющих на здоровье человека: длительное неизменное положение тела, нервно-психические перегрузки, напряжение глаз.

В данной главе будет разработан комплекс мероприятий, который позволит свести к минимуму или ликвидировать негативные влияния факторов, возникающие при работе с прибором.

11.1 Производственная безопасность

Во время работы пилота на его организм влияет целый ряд негативных физических и психологических факторов. К выявленным вредным факторам по ГОСТ 12.0.003-15 относятся:

- Отклонение параметров микроклимата;
- Шум\вибрация;
- Недостаточная освещенность;
- Длительное неизменное положение тела, нервно-психические перегрузки, напряжение глаз.

К выявленным опасным факторам по ГОСТ 12.0.003-15 относятся:

- Электрический ток.

Все эти факторы по отдельности и в комплексе влияют на человека, его самочувствие, а также снижают работоспособность.

Далее более подробно рассмотрим вредные и опасные факторы, воздействующие на пилота, управляющего данным прибором. Для этого воспользуемся СанПиН 2.5.1.2423-08 «Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации».

11.1.1 Гигиенические требования к рабочим местам летного состава воздушных судов гражданской авиации. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата

Под метеорологической производственной средой понимают сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, надежность работы.

В кабинах воздушных судов нормируются следующие оптимальные и допустимые показатели микроклимата: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, а также температура ограждающих поверхностей.

Оптимальные параметры микроклимата, обеспечивающие поддержание оптимального теплового состояния организма человека без напряжения механизмов терморегуляции, должны обеспечиваться на проектируемых и реконструируемых воздушных судах с герметичными кабинами.

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на этапе горизонтального полета во всех ожидаемых условиях эксплуатации должны соответствовать нормативным величинам, указанным в Таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные параметры микроклимата для кабин воздушных судов

Зона измерения	Температура воздуха Т °С	Относительная влажность %	Скорость движения воздуха м/сек
Кабина летного экипажа	21.0 - 24.0	40.0 - 60.0	не более 0.15
Пассажирская кабина	21.0 - 24.0	40.0 - 60.0	не более 0.10
Грузовая кабина, буфет-кухня	21.0 - 24.0	40.0 - 60.0	не более 0.20
Примечание: минимальная относительная влажность воздуха соответствует максимальной температуре воздуха, максимальная относительная влажность воздуха соответствует минимальной температуре воздуха.			

Допустимые параметры микроклимата, вызывающие напряжение механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей и при систематическом воздействии не приводящие к нарушению состояния здоровья, должны обеспечиваться на эксплуатирующихся воздушных судах с герметичными кабинами и на проектируемых, реконструируемых, строящихся и эксплуатирующихся судах

с негерметичными кабинами (Таблица 20).

Таблица 20 – Допустимые параметры микроклимата для кабин воздушных судов

Зона измерения	Температура воздуха T °С	Относительная влажность %	Скорость движения воздуха м/сек
Кабина летного экипажа	20.0 - 25.0	30.0 - 70.0	не более 0.30
Пассажирская кабина	20.0 - 25.0	не нормируется	не более 0.40
Грузовая кабина, буфет-кухня	17.0 - 25.0	30.0 - 70.0	не более 0.40

Примечание: минимальная относительная влажность воздуха соответствует максимальной температуре воздуха, максимальная относительная влажность воздуха соответствует минимальной температуре воздуха.

Температура ограждающих поверхностей, при соблюдении оптимальных норм микроклимата, не должна отличаться от температуры воздуха в кабине более чем на 2 °С, а при обеспечении допустимых норм - более чем на 5 °С.

Предельная температура ограждающих поверхностей не должна быть ниже +5 °С и выше +45 °С.

Перепад температур по высоте рабочей зоны допускается не более 3 °С, а по горизонтали - не более 4 °С.

11.1.2 Гигиеническое нормирование уровней звука, ультразвука, инфразвука и вибрации

Уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука, воздействующие на летный состав в полете, не должны превышать допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука для рабочих мест летного состава (Таблица 21).

Таблица 21 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука для рабочих мест летного состава воздушных судов

Нормируемый параметр: уровни звука, дБ	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквивалентный уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оптимальные	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Допустимые	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Оптимальные уровни звука предназначены для разработки и реконструкции воздушных судов в целях улучшения условий труда летного состава.

Акустическую нагрузку на летный состав в полетах следует оценивать по эквивалентному уровню звука, состоящему из внутрикабинного шума и дополнительной звуковой нагрузки в результате прослушивания эфира и речевого радиообмена.

Допускается в качестве характеристики непостоянного шума на рабочих местах летного состава использовать дозу шума или относительную дозу шума.

Уровни ультразвукового давления на рабочих местах членов экипажей воздушных судов не должны превышать допустимые уровни ультразвука на рабочих местах (Таблица 22).

Таблица 22 – Допустимые уровни ультразвука на рабочих местах летного состава воздушных судов

Нормируемый параметр: уровни ультразвука, дБ	Третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами, кГц								
	12,5	16	20	25	31	40	63	80	100
Допустимые	80	90	100	105	110	110	110	110	110

Уровни инфразвукового давления на рабочих местах членов экипажей воздушных судов не должны превышать допустимые уровни инфразвука на

рабочих местах летного состава (Таблица 23).

Таблица 23 – Допустимые уровни инфразвука на рабочих местах летного состава воздушных судов

Нормируемый параметр: уровни инфразвука, дБ	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ Лин
	2	4	8	16	
Допустимые	105	105	105	105	110

Уровни общей вибрации для кабин экипажей воздушных судов не должны превышать допустимые уровни общей вибрации на рабочих местах (Таблица 24).

Таблица 24 – Уровни общей вибрации в третьоктавных полосах частот на рабочих местах членов экипажей воздушных судов

Допустимые значения виброускорения				
Частоты	Самолеты		Вертолеты	
	Вертикальная дБ	Горизонтальная дБ	Вертикальная дБ	Горизонтальная дБ
1.60	114	107	116	109
2.00	113	107	115	109
2.50	112	109	114	111
3.15	111	111	113	113
4.00	110	110	112	112
5.00	110	110	112	112
6.30	110	110	112	112
8.00	110	110	112	114
10.00	112	112	114	116
12.50	114	114	116	118
16.00	116	116	118	120
20.00	118	118	120	122
25.00	120	120	122	124

Продолжение Таблицы 24.

31.50	122	122	124	126
40.00	124	124	126	128
50.00	126	126	128	130
63.00	128	128	130	132
80.00	130	130	132	134
100.00	132	132		
125.00	134	134		
160.00	136	136		

11.1.3 Гигиеническое нормирование освещенности

Остекление кабины экипажа должно обеспечивать в светлое время освещение приборной доски и органов управления за счет естественного света. Для создания оптимальных условий работы зрительного анализатора при большой интенсивности естественного светового потока световые проемы кабин экипажей должны оборудоваться защитными шторками и светофильтрами, а приборы управления и контроля - светозащитными козырьками.

Искусственное освещение должно обеспечивать:

- освещение всех приборов, оборудования и органов управления воздушным судном;
- возможность регулирования яркости и равномерности освещения от 0 до нормируемых величин.

Освещенность рабочих поверхностей в кабине экипажа должна соответствовать санитарно-гигиеническим нормативам (Таблица 25).

Таблица 25 – Нормы освещенности на рабочих местах членов экипажа воздушных судов

№ п/п	Рабочая поверхность	Освещенность лк, не менее	Равномерность освещения
1.	Надписи на щитках и пультах управления	27,0	1 : 10
2.	Подсветка шкал основных пилотажно-навигационных приборов, стрелки и элементы навигации	2,7	-
3.	Приборные доски пилотов для считывания информации при пролете грозовой облачности	300,0	1 : 3
4.	Рабочие столики членов летного экипажа (штурман, бортиженер, бортрадист)	300,0	1 : 3

Устройство и размещение осветительных приборов должны исключать возможность ослепления пилота и появления световых бликов на остеклении приборов и фонаря кабины.

Для подсвета приборных досок, пультов и других органов управления, на которых шкалы и обозначения покрыты светящимся составом, в кабине экипажа должны быть оборудованы ультрафиолетовые светильники. Светящаяся масса при облучении ультрафиолетом должна иметь ярко-зеленый цвет, за исключением аварийных сигналов, принимающих красную или оранжевую окраску.

Обзор из кабины самолета при горизонтальном полете должен быть следующим:

- вперед - вниз от линии горизонта - 15° ;
- вниз - в стороны в передней полусфере - не менее 35° ;
- вниз - вдоль крыла - 8° ;
- в верхней и задней полусфере - полный объем.

11.1.4 Психозмоциональное воздействие

Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

Причины появления:

- длительное пребывание в одном и том же (сидячем) положении и повторение однотипных движений, монотонность труда;
- умственное перенапряжение, обусловленное характером решаемых задач;
- большой объем перерабатываемой информации;
- нервно-эмоциональные и нервно-психические перегрузки, в особенности у начинающих пользователей; стресс при потере информации;
- утомление глаз, повышенная нагрузка на зрение;
- повышенная нагрузка на опорно-двигательный аппарат, в особенности на позвоночник и суставы верхних конечностей, главным образом – кистей.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

Помещения для предполетного отдыха летного состава должны быть изолированными от посторонних лиц. Спальные комнаты должны быть рассчитаны не более чем на двух человек.

Оконные проемы в помещениях для предполетного отдыха летного состава должны быть оборудованы звукопоглощающими устройствами и двойными шторами, одно из полотен которых следует предусматривать из

плотной, светонепроницаемой ткани, или специальными жалюзи.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования должны обеспечивать в помещениях для отдыха летного состава следующие микроклиматические параметры.

В отопительный сезон:

- температура воздуха - 20,0 - 22,0 °С;
- относительная влажность воздуха - 30,0 - 60,0%;
- скорость движения воздуха - не более 0,15 м/с.

В теплый период года:

- температура воздуха - 22,0 - 25,0 °С;
- относительная влажность воздуха - 30,0 - 60,0%;
- скорость движения воздуха - не более 0,25 м/с.

Помещение для отдыха летного состава, а также коридоры, холлы должны иметь естественное освещение. Допускается без естественного освещения оборудование помещений санузлов, туалетов, душевых, кладовых и др. вспомогательных помещений с кратковременным пребыванием людей. Уровень освещенности мест для чтения и настольных игр с учетом общего и местного искусственного освещения должен быть не менее 200 лк для люминесцентных ламп и 100 лк для ламп накаливания.

11.1.5 Электрический ток

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от воздействия электрического тока. Положением о соблюдении электробезопасности является ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Для исключения поражения людей электрическим током все приборы, используемые в процессе работы, должны быть заземлены. Требования к заземлению устанавливаются в соответствии с ГОСТ 23286-78. Защитным заземлением называется намеренное соединение не токоведущих частей,

которые могут случайно оказаться под напряжением с заземляющим устройством.

Защитное заземление может быть эффективно только в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления. Это возможно в сетях с изолированной нейтралью, где при глухом замыкании на землю или на заземленный корпус ток не зависит от величины проводимости и сопротивления заземления.

В сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000В заземление неэффективно, так как даже при глухом замыкании на землю ток зависит от сопротивления заземления и с уменьшением последнего ток возрастает. Поэтому защитное заземление применяется в сетях с напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и в сетях напряжением выше 1000В как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Металлические корпуса приборов присоединяются к шине заземления при помощи заземляющего проводника.

Для присоединения заземляющего проводника должны применяться сварные или резьбовые соединения в соответствии с ГОСТ 12.0.002-80. Не допускается использование для заземления болтов, винтов, исполняющих роль крепежных изделий. Болт для присоединения заземляющего проводника должен быть выполнен из металла, стойкого в отношении коррозии, или покрыт металлом, предохраняющим его от коррозии, и не должен иметь поверхностной окраски. Болт для заземления должен быть расположен на изделии в безопасном и удобном месте. Возле места, в котором должно быть осуществлено присоединение заземляющего проводника, должен быть помещен, нанесенный любым способом, не стираемый при эксплуатации знак заземления. Вокруг болта должна быть площадка для присоединения, заземляющего проводника. Площадка должна быть защищена от коррозии.

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети прибор и устранить неисправность;

- запрещается при включенной прибора одновременно прикасаться к устройствам, имеющим естественное заземление.

11.2 Экологическая безопасность

За последние 20 лет вопрос об охране окружающей среды (ОС) набрал колоссальную значимость, от чистоты ОС зависит жизнь всего человечества. «Санитарной охране подлежат воздух, поверхностные и грунтовые воды, почва и грунт», - так гласит закон об охране природы в нашей стране.

Поэтому одной из важнейших общегосударственных задач стала проблема охраны ОС, решение которой неразрывно связано с охраной здоровья нынешних и будущих поколений людей, с обеспечением неуклонного роста их благосостояния.

В связи с бурным развитием радиотехнической и электронной промышленности и широким внедрением механизации и автоматизации производства, к аппаратуре предъявляются многообразные требования по обеспечению техники безопасности, охраны труда и экологичности производства. Согласно СанПин 2.2.2.542-96 техника безопасности есть система организованных и технических мероприятий, средств, предотвращающих воздействие на рабочих в опасных производственных факторах.

Если рассматривать работу сотрудника с компьютером во время моделирования (исследования) проектируемого решения, то она не влечет за собой негативных воздействий на ОС, поэтому создание санитарно-защитной

зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Рассмотрим работу пилота, управляющего данным оборудованием во время полета. Внутри двухосного гиросtabilизатора с программно-корректируемым слежением не имеется никаких устройств, производящих выбросы топлива. Аппарат полностью работает от питания сети, которая вырабатывается на борту малоскоростного летательного аппарата. Поэтому он не оказывает никакого негативного влияния на внешнюю среду.

Однако у каждого аппарата есть свой срок службы. По техническим требованиям ресурс подобных приборов составляет около 25 лет. За это время происходит устаревание элементной базы, и они не подлежат ремонту. Так как такие приборы не имеют токсичных материалов, то и в специальной утилизации они не нуждаются. Поэтому после окончания срока службы их не возвращают на завод изготовителя, а вопросом утилизации непосредственно занимается сам потребитель.

11.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Противопожарная защита представляет собой комплекс инженерно-технических мер, разрабатываемых при проектировании, которые направлены на уменьшение возможности возникновения пожара и защиту людей в случае пожара.

Степень огнестойкости зданий принимается в зависимости от их назначения, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека.

Так как вся исследовательская работа связана с работой за ПЭВМ, то пожар в помещении может возникнуть в результате нарушения правил пожарной безопасности, при перегрузках и коротком замыкании установок. Для устранения причин возникновения пожара и его тушения при возгорании в аудитории проводится комплекс профилактических противопожарных мероприятий:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

11.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Контроль условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Данный контроль заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявление отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы.

Рабочее место – это часть пространства, в котором инженер осуществляет трудовую деятельность, и проводит большую часть рабочего

времени. Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места инженера должны быть соблюдены следующие основные условия:

- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;
- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
- необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
- уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

Основным рабочим положением является положение сидя. Поэтому для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью работника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз. Также необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми “отвлекающими” мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

Компоновка кабины должна обеспечивать членам экипажа:

- удобное их размещение с учетом антропометрических данных;
- возможность эффективно выполнять функциональные обязанности во всех режимах полета.

Конструкция кресла пилота должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы и позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц.

Кресло пилота должно быть регулируемым по углам наклона спинки и перемещаться в продольном направлении, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов кресла должна быть полумягкой, с неэлектризуемым и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Заключение

В ходе выполнения дипломной работы выполнено проектирование системы управления программно-корректируемого слежения положения двухосного гиросtabilизатора: проведены необходимые расчёты и анализ устойчивости системы стабилизации; смоделирован двухосный индикаторный гиросtabilизатор; построены кинематические, структурные схемы двухосного гиросtabilизатора; произведен выбор чувствительных элементов для блока инерциальных навигационных датчиков (БИНД); разработана компоновка БИНД и спроектирована его 3D-модель; проведен расчёт погрешностей и точности БИНД; рассмотрена работа режима программно-корректируемого слежения и составлена структурная схема его алгоритма работы.

В данной системе управления точность наведения линии визирования по теоретическим расчётам в 3 раза больше чем у её предшественников. Это реализовано за счёт моделирования новой элементной базы при уменьшении массогабаритных характеристик гиросtabilизированной оптической станции.

Полученная оптическая станция предназначена для использования на малоскоростных летательных аппаратах, которая помещается под фюзеляж носителя и отвечает за непрерывное слежение цели вне зависимости от положения ЛА в пространстве. Соответственно областью применения данного прибора является воздушное пространство высотой до 6 км.

Компактный блок инерциальных навигационных датчиков получился со следующими габаритными размерами: 76×83×69 мм. Его масса составила – 983 г, максимальное энергопотребление – 60 Вт, ресурс – 15 лет, а температурный режим его работы – от минус 60 до + 60°С. Отличительной особенностью конструкции двухосного гиросtabilизатора является применение только одного вычислителя системы стабилизации (ВСС) вместо двух, что соответственно уменьшает габариты и массу изделия.

Список используемых источников

- 1) Теория гироскопических стабилизаторов: учебное пособие/ А.Н. Лысов, А.А. Лысова – Челябинск: ЮУрГУ, 2009 г. – 117 с.
- 2) Прикладная теория и принципы построения гироскопических систем: учебное пособие/ В.В. Серёгин – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007 – 78 с.
- 3) Прикладная теория гироскопов/ Л.Н. Милехин – Казань.: КНИТУ-КАИ, 2013 – 91 с.
- 4) Прикладная теория гироскопов: учебное пособие/ А.Н. Лысов, Н.Т. Винниченко, А.А. Лысова – Челябинск: ЮУрГУ, 2009 г. – 259 с.
- 5) Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: учебное пособие/ Ю.Ф. Лазарев. – Кировоград: ПОЛИМЕД-Сервис, 2011 – 171 с.
- 6) Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем/ В.В. Матвеев, В.Я. Распопов/ Под общ. ред. В.Я. Распопова. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009 – 280 с.
- 7) Системы управления с обратной связью/ перевод с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001 – 616 с.
- 8) Гироскопические системы ориентации и стабилизации. Справ.пособие. – М.: Машиностроение, 1982 – 165 с.
- 9) Индикаторные гироскопические платформы/ А.Д. Александров, Е.А. Правоторов; Под ред. А.Д. Александрова. – М.: Машиностроение, 1979 г. – 233 с.
- 10) Кинематика инерциальных систем навигации/ М.И. Захарин, Ф.М. Захарин – М.: Машиностроение, 1968 г. – 232 с.
- 11) Динамический синтез систем гироскопической стабилизации/ В.А. Бесекерский, Е.А. Фабрикант – Л.: Судостроение, 1968 – 351 с.
- 12) Теория гироскопических стабилизаторов/ Д.С. Пельпор – М.: Машиностроение, 1964 – 438 с.

- 13) Гироскопические системы ориентации и стабилизации/ Д.С. Пельпор – М.: Машиностроение, 1982 г. – 165 с.
- 14) Теория гироскопических устройств: монография: в 2-х кн./ С.С. Ривкин. – Л.: Судостроение, 1964 г. – Т.2. – 546 с.
- 15) Курс Теории Автоматического управления/ Р. Палю де Ла Барьер; перевод с франц. под ред. П.И. Кузнецова – М.: Машиностроение, 1973 г. – 386 с.
- 16) Инерциальная навигация/ В.Л. Леонидова, И.Я. Лехтман; Под ред. Н.П. Буканова. – М.: Наука – 1989 г. – 572 с.
- 17) Курсовое проектирование по технологии приборостроения/ А.Н. Гормаков; НИ ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 120 с.
- 18) Inertial Navigation. Analys and Desing/ J.M. Slater, L.C. Dozier, D.B. Duncan; Edited by C.F. O'Donnell. – McGraw-Hill Book Company, 1999 – 501 p.
- 19) Feedback control systems. Fourth Edition/ Charles L. Phillips, Royce D. Harbor – Prentice Hall, 2000 –541 p.
- 20) ГОСТ 19705-89 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. – М.: Госстандарт СССР, 1989 г. – 47 с.
- 21) ГОСТ 12.0.002-80 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. – М.: Госстандарт СССР, 1989 г. – 6 с.
- 22) ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Госстандарт СССР, 1976 г. –3 с.
- 23) ГОСТ 12.0.004-15 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. – М.:Стандартинформ, 2015 г. - 82 с.
- 24) ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.:Стандартинформ, 2014 г. – 11 с.

25) ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Госстандарт СССР, 1988 г. – 95 с.

26) ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. – М.: Госстандарт СССР, 1982 г. – 7 с.

27) ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: Госстандарт СССР, Переиздание 2001 г. – 7 с.

28) ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: Госстандарт СССР, Переиздание 2001 г. – 7 с.

29) ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2010 г. – 32 с.

30) ГОСТ 14.205-83 Технологичность конструкции изделия. Термины и определения. – М.: Госстандарт СССР, 1983 г. – 4 с.

31) ГОСТ 23286-78 Кабели, провода и шнуры. Нормы толщины изоляции, оболочек и испытаний напряжением. – М.: Госстандарт СССР, 1978 г. – 7 с.

32) СанПиН 2.5.1.2423-08 Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2009 г. – 23 с.

33) СанПин 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996 г. – 53 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Раздел (1, 2, 3, 4 и 7.4)

1. Теория гироскопических стабилизаторов
(Theory of gyroscopic stabilizers)
2. Описание кинематической схемы двухосного гиросtabilизатора
(Description of the kinematic scheme of a two-axial gyrostabilizer)
3. Структурная схема
(Structural schematic)
4. Разработка БИНД (4.1 и 4.2)
(Development of the BIND)
- 7.4. Компоновка БИНД
(Grouping of the BIND components)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6В	Фролов Руслан Андреевич		

Руководитель ВКР школы отделения (НОЦ) ИШНКБ, отделение электронной инженерии:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение электронной инженерии, доцент	Баранов П.Ф.	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист отделения ИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение иностранных языков, старший преподаватель	Квашнина О.С.	К.Т.Н.		

1. Theory of gyroscopic stabilizers

Achievements in aerodynamics, engine building and automation of aircraft control processes have allowed significant technical advances in the field of aircraft construction, missile engineering and, of course, in the field of space shipbuilding.

The main tasks for controlling the aircraft are solved with the help of gyroscopic tools and systems. The accuracy of their work determines the effectiveness of the action of an aircraft, missiles and spacecraft. In addition, gyroscopic systems are entrusted with the complex tasks to stabilize and manage a number of special airborne systems.

The airborne systems to be stabilized in a given direction in space have a significant weight and a corresponding moment of inertia. Gyroscopic stabilization undergoes considerable dynamic loads under the conditions of the intensive fluctuations of an aircraft. The need for high stabilization accuracy of such airborne systems prompted the creation of gyrostabilizers.

Stabilization is essentially the determination of the angular position parameters of a small platform with the tools installed on it, and the formation of appropriate control signals that provide the necessary position of the platform in space.

To determine the position of a platform in space, as well as to create the control signals for its stabilization, different tools can be used, but until now gyroscopes have been most widely used.

A platform with the installed stabilization objects and gyroscopes, which ensure its stabilization, is usually called gyrostabilizers (GS) or gyroscopic stabilizers.

In addition to stabilizing objects, gyrostabilizers are also used as orientation systems, i.e. to measure the angular deviations of the objects on which they are installed.

According to the principle of stabilization, gyrostabilizers are of the following types:

- Powered gyrostabilizer;
- Indicator-powered gyrostabilizer;
- Indicator gyrostabilizer;
- Direct-acting gyrostabilizer.

Let us consider each of them in more detail.

1.1. Powered gyrostabilizer

In powered gyrostabilizers, stabilization is performed not only by a gyroscope, but also by a stabilizing motor. The two-axle gyroscope is a sensitive element of the powered GS.

Let us introduce some notions. The suspension axis of a gyroscope will be called the precession axis, the suspension axis of a platform is the axis of stabilization, and the axis of the gyroscope, which is perpendicular to the axes of proper rotation and precession, is the axis of sensitivity.

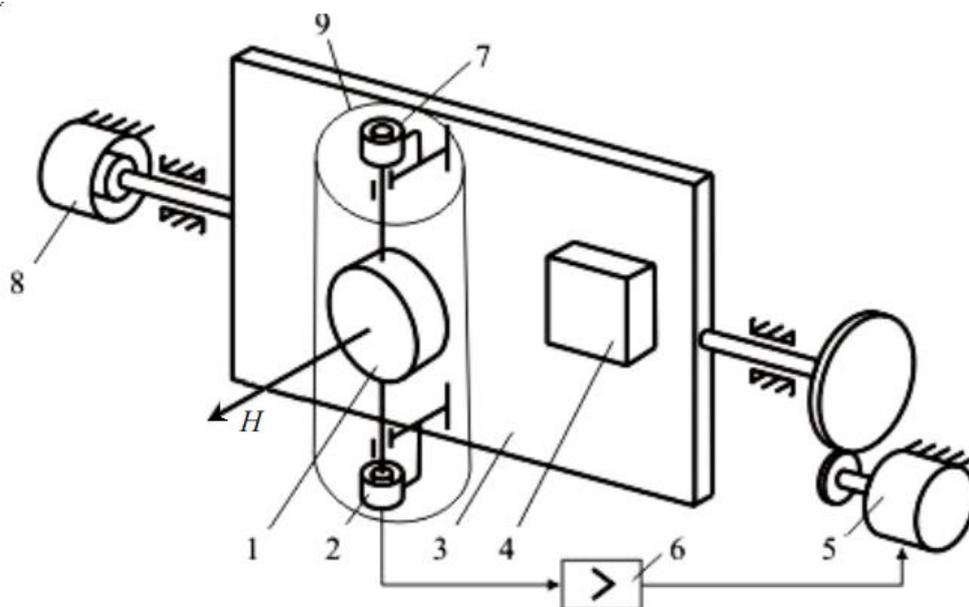


Figure 1 - Kinematic scheme of the one-axe powered GS

Figure 1 shows the kinematic scheme of a one-axe powered gyrostabilizer. On platform 3 there is a stabilization object 4 and a two-axle gyroscope 1, on the

precession axis of which there is an angular position sensor 2 and a torque-sensing device 7. When the deviation of a gyroscope appears along the precession axis, the signal from an angular position sensor 2 is fed to the input of the stabilization amplifier 6, from the output of which it goes to the controlled winding of the stabilizing motor 5. To measure angular fluctuations of the object there is an angular position sensor 8 on the axis of the platform rotation. The gyroscope together with the angular position sensors, torque-sensing device, balancing devices, current conductors and other elements are usually executed as a separate device - a gyroblock 9.

The whole process of stabilization can be divided into three stages. At first, under the action of an external torque, the gyroscope begins to rotate about the precession axis at a certain angular rate. This results in a gyroscopic torque which in magnitude is equal to the external torque, but in direction is opposite to it. Therefore, the total action of these torques on the platform is zero. Thus, at this stage, the platform is stabilized directly by the gyroscopic torque.

At the second stage of stabilization, during the precession, the gyroscope turns at some angle and an error signal starts to arrive from the angular position sensor, which passes through the stabilization amplifier to the stabilizing motor (SM). After this, the stabilizing motor applies a torque to the platform opposite to the external torque. Therefore, the total torque that acts on the platform will be determined by the difference of three torques: a gyroscopic, external and of the stabilizing motor.

At the third stage of stabilization, with a further increase in the precession angle, the torque of SM increases to the value of the external torque. In this case, the gyroscope precession stops, the gyroscopic torque becomes zero, and the external action on the platform is completely balanced by the stabilizing motor.

1.2. Indicator-powered gyrostabilizer

In the indicator-powered gyrostabilizer stabilization is performed mainly by a stabilizing motor. A sensitive element of such GS may be: floated integrating gyroscope, angular rate sensor or integro-differentiating gyroscope.

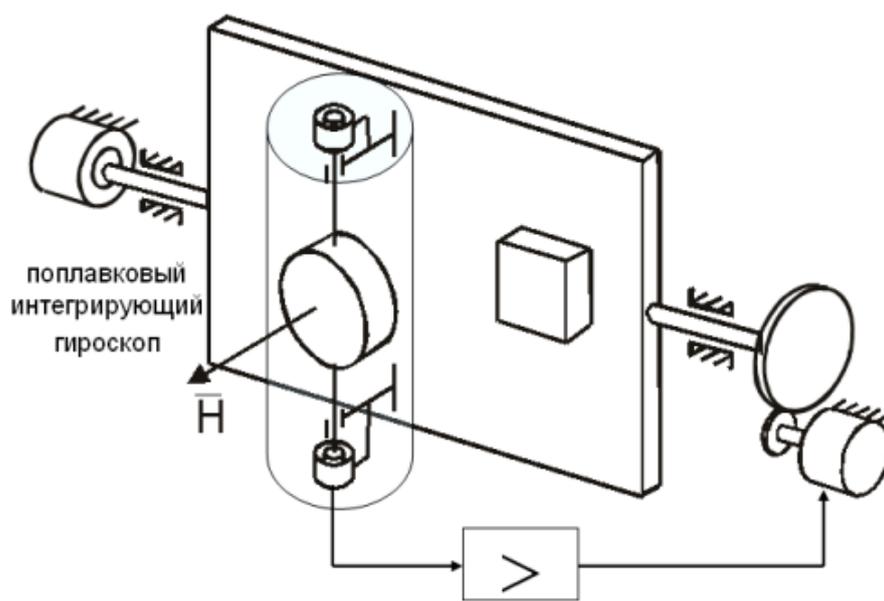


Figure 2 - Kinematic scheme of the one-axe indicator-powered GS

The integrating gyroscope measures small angles of rotation of the base. With respect to the gyrostabilizer, this means that the angle of the platform rotation around the stabilization axis will be proportional to the precession angle of the gyroscope.

Let us assume that a constant external torque acts on the gyrostabilizer. Under this action, the platform begins to rotate relative to the stabilization axis, deviating from the original position by an angle α . In turn, the integrating gyroscope will begin to precess and turn by an angle $\beta = k\alpha$ (k is the transfer coefficient of the integrating gyroscope). Then, from the angular position sensor along the precession axis, an electrical signal will be applied to the stabilizing motor, which will create an antagonistic torque to the stabilization axis, and balance the external torque.

With this stabilization method, the gyroscope mounted on the platform only "feels" the turn of the platform. Therefore, a signal is generated about the deviation of this platform, but the gyroscope does not directly participate in its stabilization.

Since the force action from the gyroscope still exists (albeit insignificantly), the GS performed on the basis of the integrating gyroscope is typically called an indicator-powered GS.

1.3. Indicator gyrostabilizer

In gyrostabilizers of this type, stabilization occurs due to the stabilizing motor, and the gyroscope performs the function of an instrument (indicator) that measures the platform deviation from the required position. A dynamically tuned gyroscope or a three-axle gyroscope can act as a sensitive element of this gyrostabilizer.

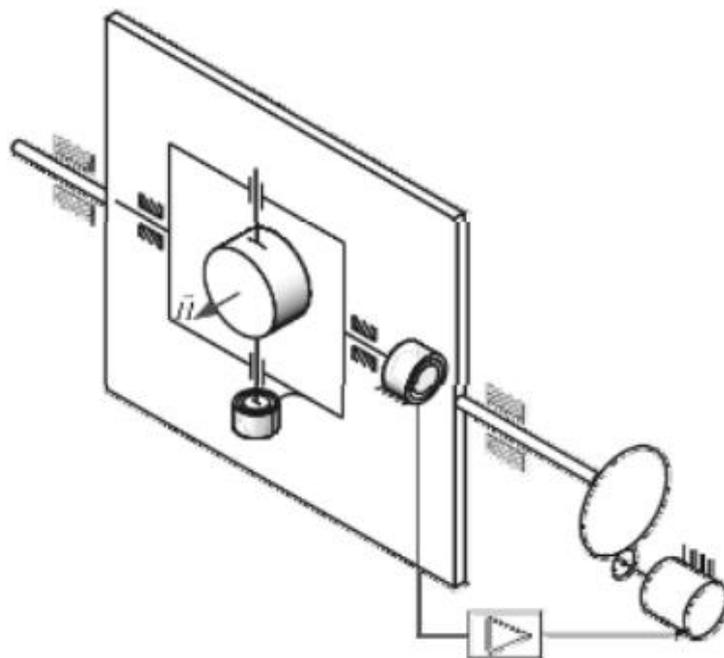


Figure 3 - Kinematic scheme of the one-axle indicator GS

A three-axle gyroscope can retain a given direction of the axis of its own rotation in the inertial space. Due to this property it is used to form a stabilizing torque and measure angular deviations of the platform from the required position.

Figure 3 shows the kinematic scheme of the one-axle indicator GS. In this case, the axis of the outer frame of the gyroscope is parallel to the axis of

stabilization. The angular position sensor is mounted on the axis of the outer frame of the gyroscope. From this sensor, the error signal goes to the input of the amplifier, where it gets amplified and, then, comes to the stabilizing motor. Also, the gyrostabilizer has a drive system, the torque-sensing device of which is placed on the inner axis of the gyroscope frame.

The gyroscope and the platform are in their original position. A disturbing torque appears on the stabilization axis and causes the platform to rotate about its axis by some angle. From the angular position sensor, the signal is removed and it goes through the amplifier to the stabilizing motor, which in turn creates a torque to the stabilization axis opposite to the external disturbing torque.

The gyroscope does not exert any force on the platform during the stabilization process, so these GS are called indicator GS.

1.4. Direct-acting gyrostabilizer

Gyrostabilizers of direct-acting type are stabilized directly by a gyroscope; such gyrostabilizers, as a rule, are one-axle and represent a three-axle gyroscope with a large kinetic torque.

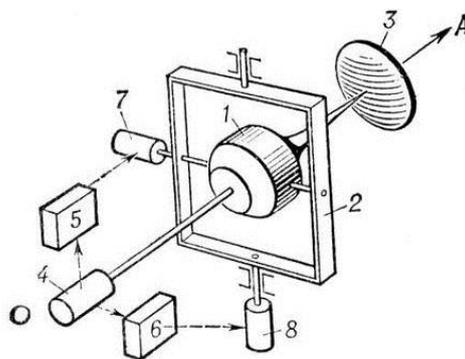


Figure 4 - Kinematic scheme of the gyroscopic follow-up system based on direct-acting GS.

Such GS have a significant weight and dimensions, that is why they are used as stabilizers for the ship's rolling, stabilizers for sensitive elements of control systems, stabilizers for a railcar of the monorail and etc.

In Figure 4, the GS consists of a gyroscopic chamber 1 with a rotor that is fixed in the outer frame 2. This GS provides the direct-acting stabilization of

antenna 3 and coordinator 4. The coordinator generates signals that are proportional to the angles of the antenna axis deviation from the required position. These signals are amplified passing through the amplifiers-converters 5 and 6; then they arrive at the torque-sensing device 7 and 8. The correction system performs automatic tracking of the antenna axis in the required direction.

2. Description of the kinematic scheme of a two-axial gyrostabilizer

The gyrostabilizer is a spherical housing 1 fixed in a gimbal. Inside the spherical housing 1 there is a gyrostabilized platform 2 with optical modules.

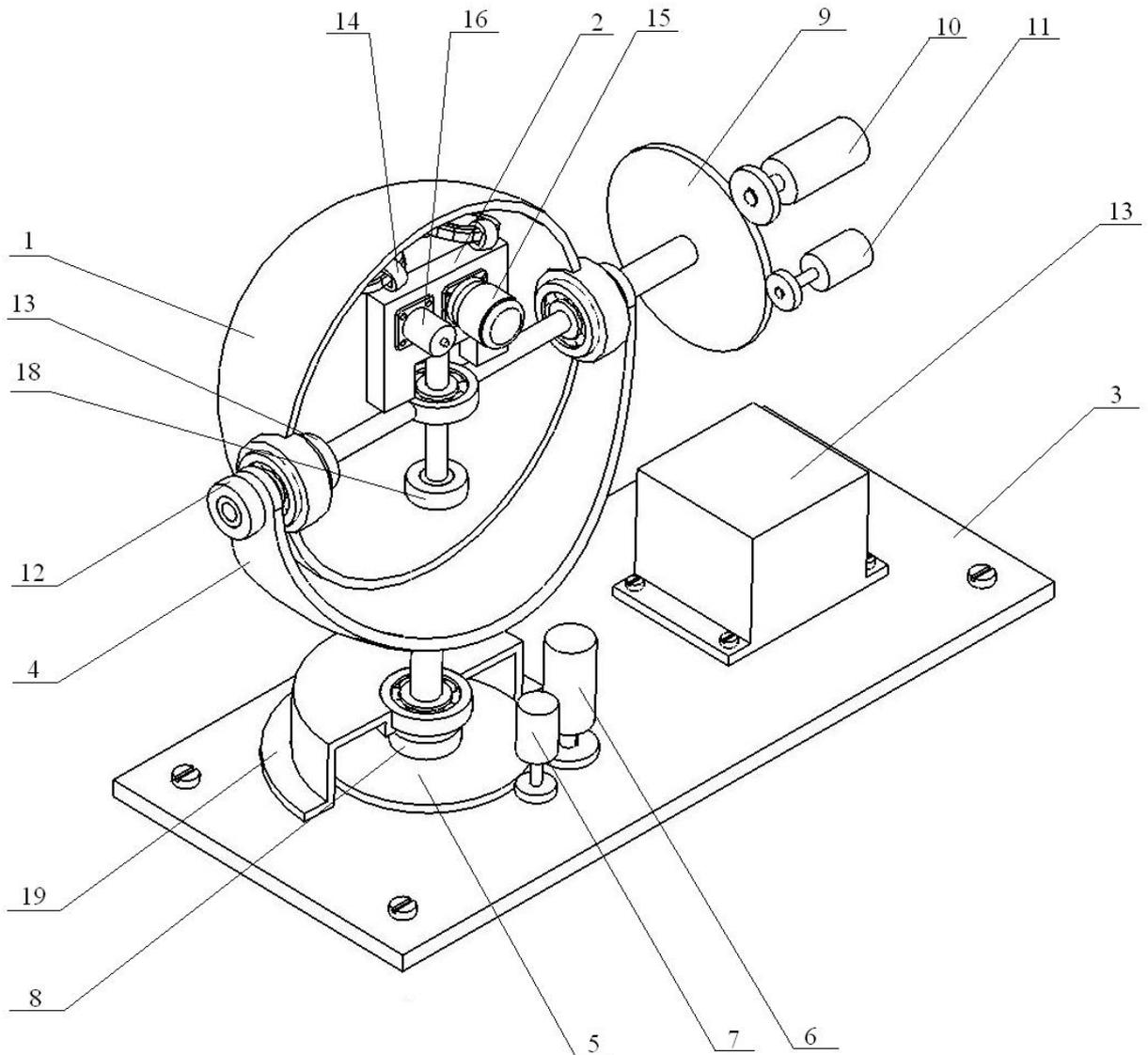


Figure 5 – Kinematic scheme of a two-axial gyrostabilizer

The gyrostabilizer is fixed to the object by means of a fixed base 3 and a flange 19. On the same base, the outer frame 4 of the gimbal is fixed, in which the housing 1 is mounted. The housing rotates relative to the Z axis by means of ball bearings.

Rotation of the outer frame 4 is done by the azimuth gear drive 5 and rotation of the inner frame (housing) is done by means of an angle gear drive 9.

These gear drives are equipped with stabilizing motors 6 and 10, in turn the stabilizing motors are kinematically connected to tachometer generators 7 and 11, respectively. The angular position of the outer frame is measured by the angular position sensor 8, and the angular position of the housing - by the angular position sensor 12.

There are the following elements of the stabilization system on the platform: a two-coordinate torque sensor 14; dynamically tuned gyroscope (DTG-4) 15; from the elements of the optical module - laser range device 16. The element of program-corrected tracking – a block of inertial navigation detectors – is fixed on the base 3. Deviations of the initial position of the gyrostabilized platform are carried out with the help of angular position sensors 13 and 18, which are located on two axes of the gyrostabilizer.

The two-coordinate torque sensor of the magnetoelectric type consists of windings, which are connected to the platform, and permanent magnets, which are connected to the housing of the internal frame of the gimbal.

The gyrosensor converts the angular rate of the platform rotation by the azimuth and elevation angle into electrical signals. These signals go to the inputs of the amplifiers, where they are processed and then used to close the stabilization circuits of the platform.

The laser range device measures the time of the beam in the path to the object of reflection and back, and thus determines the distance to this object.

Two gyro sensors whose main axes are mutually perpendicular, and three accelerometers, each of which is fixed on its axis, are located in the block of inertial navigation detectors.

3. Structural schematic

Figure 6 shows a structural schematic of a two-axle gyrostabilizer.

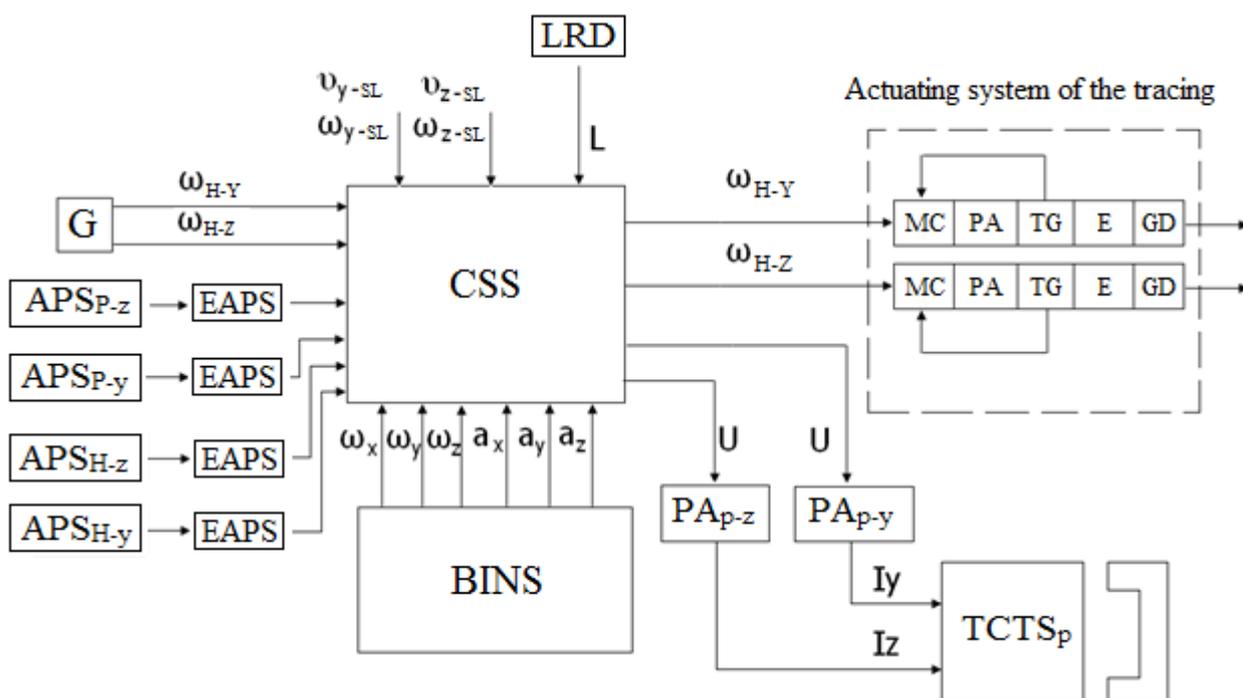


Figure 6 – Structural schematic of a two-axle gyrostabilizer

Designations: G – gyroscope, $APSP_p$ – angular position sensor of the platform along the Z and Y axes, $APSP_H$ – angular position sensor of the housing along the Z and Y axes, EAPS - electronics of the angular position sensor, BIND – block of inertial navigation detectors, LRD – laser range device, CSS – computer of the stabilization system, PA – power amplifier, TCTS – the two-coordinate torque sensor, MC – master controller, TG – tachometer generators, E – engine, GD - gear drive.

3.1. Description of the structural schematic

Stabilization mode

The signals from the gyroscope (G) enter the computer of the stabilization system (CSS), undergo frequency correction, and then are amplified through the platform power amplifier ($PA_{\Pi-Y}, PA_{\Pi-Z}$) and arrive at the two-coordinate torque sensor of the platform, which returns the platform to the starting position by the means for creating the counter-torque.

If the platform is deflected, signals from the angular position sensors of the platform (APS_{P-Y} , APS_{P-Z}) go to the CSS, pass a frequency correction, then they go to the master controller, get amplified and come to the engine where the rotor wheel of the tracking engine rotates the housing along the required axis following the platform by an angle calculated in the CSS.

Signals from the angular position sensors (APS_{H-Y} , APS_{H-Z}) are sent to the CSS to determine the angles of the sight line.

Program-Correcting Tracking Mode (PCT)

In the PCT mode, the angular rates (ω_Y , ω_Z , ω_X) and the relative acceleration (a_Y , a_Z , a_X) of an aircraft are transmitted to the CSS from the block of inertial navigation detectors (BIND), and the laser range device (LRD) yields the distance (L) to the tracking object. In CSS, the received signals are converted and calculated to automatically correct the angle of the sight line (SL) while the aircraft is moving.

Control mode

In the control mode, the operator sets the angular rates (ω_{SL-Y} , ω_{SL-Z}) and angles (ν_{SL-Y} , ν_{SL-Z}) of the sight line using the control joystick, which enter the CSS as well as the distance (L) to the tracking object. The obtained data are processed and calculated to determine the angle of the sight line (ν_{SL}).

4. Development of the BIND

The block of inertial navigation detectors (BIND) is designed to measure and digitize information about the angular rate and acceleration of the carrier.

BIND consists of:

- Sensor module;
- Module of the sensor's electronics.

Sensor module includes:

- angular rate sensors (dynamically tuned gyroscope (DTG)) designed to remove and convert information about the angular rate of the carrier into electrical signals - 2 pcs;

- linear acceleration pick-up (accelerometers A-15) designed to remove and convert information about the acceleration of the carrier into electrical signals – 2 pcs.

Module of the sensor's electronics includes:

- electronic components of gyroscopes designed to power and process the output signals of angular rate sensors;

- BIND designed to convert analog signals of the angular rate and acceleration into digital form.

4.1. Basic technical requirements for BIND

The sensor package is designed to measure the projection of the absolute angular rate vector on the measuring axis and linear acceleration along the measuring axes.

Table 1 - Requirements for the angular rate vector measuring tool

1. Quantity of the measuring axes along the orthogonal coordinates system	3
2. Measurement range of the angular rates	$\pm 70^\circ/\text{c}$
3. Random component of the error of the scaling coefficient, not more than	1"/c

Table 2 - Requirements for the linear acceleration measuring tool

1. Quantity of the measuring axes along the orthogonal coordinates system	3
2. Measurement range of the angular rates	$\pm 50 \text{ M/c}^2$
3. Random component of the error of zero signal, not more than	0.01 M/c^2

Measurement of angular rates and linear accelerations is carried out in the ranges of angles:

Pitch and roll $\pm 60^\circ$

Yawing $\pm 360^\circ$

General requirements for sensing elements:

1. Current supply is provided from the source of primary electric power of direct voltage $27\text{V} + (10-18)\%$ in accordance with GOST 19705-89;
2. Power consumption should be minimal;
3. Weight-and-size characteristics should be minimal. Design of construction should be a monoblock unit.
4. Placement of sensing elements is carried out in a geometric tool's compartment (container).

4.2. Selection of sensing elements

In Russia today, a sufficient quantity of gyroscopes and accelerometers are produced, which differ from each other in their characteristics. For the use of such sensing elements in the block of inertial navigation detectors, not only high accuracy and small weight-and-size characteristics are required, but also a large range of measured angular rates. These requirements significantly reduce the quantity of options of the sensing elements.

Of all the types of gyroscopes and accelerometers considered, taking into account the requirements (Table 1, 2), the best options for use in BIND are as follows. Let us consider the comparative table of gyroscopes (Table 3).

Table 3 - Characteristics of some types of gyroscopes

Characteristics		VG910D development of "Fizoptika" (Moscow)	DTG-4-2 development of PNPPK (Perm)	KEAF34-028A (Miass)
Mass		130 g	80 g	25 g
Size		Ø 82 mm, height 20 mm	Ø 26 mm, height 34 mm	Ø22 mm, height 25 mm
Random component of the error of zero signal		1"/s	0.2"/s	0.2"/s
Random component of the error of the scaling coefficient, not more than		0.1%	0.1%	0.001%
Systematic components of wander	Wander, independent of acceleration	4°/h	50°/h	600°/h
	Wander proportional to the acceleration along the measured axis	2°/h/g	6°/h/g	126°/h/g
	Wander proportional to the acceleration along the cross axis (quadrature component)	-	6°/ч/g	-
Measurement range of the angular rates		±240°/s	±100°/s	±90°/s

These types of gyroscopes were selected from the number of manufactured products at enterprises that work closely with the Yalamov AO “PO UOMZ”, for comparison, different types of gyroscopes were selected. As can be seen from Table 3, the characteristics of the first gyroscope VG951D satisfy the accuracy and range of the measured angular rates, but it is inferior to other types by mass and size. KEAF34 028A, on the contrary, has the most minimal mass-size characteristic, but it has a very large systematic error. The angular rate sensors based on miniature dynamically tuned gyroscope of the DTG-4-2 (the development of the PNPPK (Perm)) surpasses all previous ones. The distinctive features of this device are a good combination of mass-and-weight characteristics and precision parameters. In addition, it has a sufficient measuring range of the angular rates, high resistance to mechanical influences and good air-tightness.

Consider a comparative table of accelerometers:

Table 4 - Characteristics of some types of accelerometers

Characteristics	DA-9 development of PNPPK (Perm)	A-15 development of PNPPK (Perm)
Mass	38 g	40 g
Size	Ø24 mm, height 18 mm	Ø 24 mm, height 21 mm
The error of zero signal	$0,006 \pm 9 \cdot 10^{-5} \text{ M/c}^2/^{\circ}\text{C}$	$0.003 \pm 3 \cdot 10^{-5} \text{ M/c}^2/^{\circ}\text{C}$
Random component of the error of the scaling coefficient, not more than	$0,035\% \pm 0.002\%/^{\circ}\text{C}$	$0,02\% \pm 0.002\%/^{\circ}\text{C}$
Measurement range of the linear acceleration	$\pm 200 \text{ m/s}^2$	$\pm 200 \text{ m/s}^2$

DA-9 and A-15 are one-axle linear acceleration pick-ups developed by PNPPK (Perm). These types of detectors have similar weight and size

characteristics, but the A-15 is superior to DA-9 in accuracy. A distinctive feature of this type of tool is the stability of characteristics and high accuracy.

Proceeding from the above, the best option on technical parameters is the BIND based on the gyroscope DTG-4-2 and the accelerometer A-15 of the PNPPK.

7.4. Grouping of the BIND components

During the development of the grouping of the BIND components, the 3D-model of the block of inertial navigation detectors was created (Fig. 37), taking into account the technical requirements. In addition, an assembly drawing of the BIND and a fabrication drawing of the mirror support were developed; they are located in the annexes.

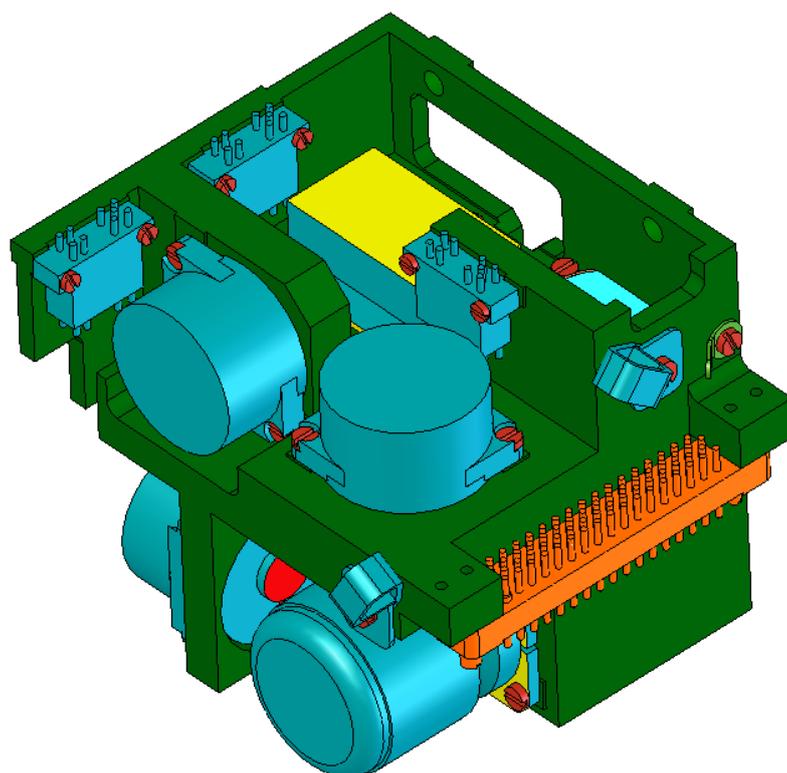


Figure 37 – Grouping of the BIND components

The product was obtained with the following over-all dimensions: length 76 mm; width 83 mm; height 69 mm.

The parts are attached to the mounting bracket position 1. Each of the dynamically tuned gyroscopes measures angular rates along two axes, one of them measures along the axes "X" and "Y", the second – on "X" and "Z".

Accelerometers are fixed so that each of them measures the angular acceleration along its axis. As a result, angular accelerations are measured in three axes "X", "Y", "Z".

Work on the production of design documents was carried out using the CAD-product SolidWorks in accordance with the GOST V20.39.308-76 requirements.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблицы

Таблица Б.1 – Характеристики некоторых типов гироскопов

Характеристики		ВГ910D разработка «Физоптика» (г.Москва)	ДНГ-4-2 разработка ПНППК (г.Пермь)	КЕАФ34-028А (г.Миасс)
Масса, г		130	80	25
Размер		Диаметр 82 мм, высота 20 мм	Диаметр 26 мм, высота 34 мм	Диаметр 22 мм, высота 25 мм
Случайная составляющая погрешности нулевого сигнала, "/с		1	0,2	0,2
Случайная составляющая погрешности масштабного коэффициента, не более, %		0,1	0,1	0,001
Систематические составляющие дрейфа	Дрейф, не зависящий от ускорения, °/ч	4	50	600
	Дрейф, пропорциональный ускорению по измеряемой оси, °/ч/g	2	6	126
	Дрейф, пропорциональный ускорению по перекрестной оси (квadrатурная составляющая)	-	6°/ч/g	-
Диапазон измеряемых угловых скоростей, °/с		±240	±100	±90

Таблица Б.2 – Траектория ПКС

Точка	1	2			3			4			5	6		
$A_x, \text{ м/с}^2$	-	10	0	-10	0	0	0	20	0	-20	0	20	0	-20
$A_y, \text{ м/с}^2$	-	0	0	0	20	0	-20	0	0	0	0	0	0	0
$A_z, \text{ м/с}^2$	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T, с	0	3	13,66	3	1	5	1	3	13,66	3	1	3	13,66	3
$T_{\text{общ}}, \text{ с}$	0	3	16,66	19,66	20,66	25,66	26,66	29,66	43,33	46,33	47,33	50,33	64	67
V, м/с	-	30			20			60			-	60		
$L_{\text{тек}}, \text{ м}$	500	45	410	45	10	100	10	90	820	90	-	90	820	90
$L_{\text{общ}}, \text{ м}$	500	500			120			1000			-	1000		
$L_{\text{цель}}, \text{ м}$	5024,94	4527,69			4539,82			3551,06			3551,06	3179,13		
Угол места цели	5,7392	6,3794			7,6623			9,8709			9,8709	11,08		
Азимут цели	0	0			0			0			60	76,1		

Таблица Б.3 – Значение параметров и характеристики

Наименование параметра, характеристики	Значение параметра, характеристики																		№№ пункта инструкции		
	номинальное						предельное						фактическое								
	№№ ориентации						№№ ориентации						№№ ориентации								
	1	5	9	13	17	21	1	5	9	13	17	21	1	5	9	13	17	21			
Сопротивление электрических цепей, Ом	Соответствует приложению Г																		8.7.1		
Сопротивление изоляции электрических цепей, Ом, не менее	20·10 ⁶																		8.7.2		
Время разгона двигателя гиromотора, с, не более	20																		8.7.4.1		
Выходные сигналы на неподвижном основании, мВ	$\omega - X1$	0																		±4,0	8.7.4.2
	$\omega - X2$																				
	$\omega - Y$																				
	$\omega - Z$																				
	a-X	0			2050	2050	±36			±270											
	a-Y	2050	2050	0			±270			±36											
	a-Z	0		2050	2050	0		±36	±270	±36											

Продолжение таблицы Б.3

Наименование параметра, характеристики			Значение параметра, характеристики															№№ пункта инструкции			
			номинальное						предельное						фактическое						
			№№ ориентации						№№ ориентации						№№ ориентации						
			1	5	9	13	17	21	1	5	9	13	17	21	1	5	9		13	17	21
Выходные сигналы на поворотном столе, В, $\omega = (60 \pm 1)\%$	$\omega - X1$.	+ 5,0						±0,85												8.7.4.4
		.	- 5,0																		
	$\omega - X2$.	+5,0																		
		.	- 5,0																		
	$\omega - Y$.	+ 5,0																		
		.	- 5,0																		
	$\omega - Z$.	+ 5,0																		
		.	- 5,0																		
Действующее значение пульсаций выходных сигналов, мВ.	$\omega - X1$	0						±150													
	$\omega - X2$																				
	$\omega - Y$																				
	$\omega - Z$																				

Таблица Б.4 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6	Функция 7	Функция 8	Функция 9	Функция 10	Функция 11	Функция 12	Функция 13	Функция 14
Функция 1	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
Функция 2	<	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
Функция 3	<	<	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
Функция 4	<	<	<	=	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
Функция 5	<	<	<	<	=	>	>	>	<	<	<	<	<	<
Функция 6	<	<	<	<	<	=	<	<	<	<	<	<	<	>
Функция 7	<	<	<	<	<	>	=	>	<	<	<	<	<	>
Функция 8	<	<	<	<	<	>	<	=	<	<	<	<	<	>
Функция 9	<	<	<	<	>	>	>	>	=	<	<	<	<	>
Функция 10	<	<	<	<	>	>	>	>	>	=	>	<	>	>
Функция 11	<	<	<	<	>	>	>	>	>	<	=	<	>	>
Функция 12	<	<	<	<	>	>	>	>	>	>	>	=	>	>
Функция 13	<	<	<	<	>	>	>	>	>	<	<	<	=	>
Функция 14	<	<	<	<	>	<	<	<	<	<	<	<	<	=

Таблица Б.5 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6	Функция 7	Функция 8	Функция 9	Функция 10	Функция 11	Функция 12	Функция 13	Функция 14	ИТОГО
Функция 1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	20,5
Функция 2	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	19,5
Функция 3	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	18,5
Функция 4	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	17,5
Функция 5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	10,5
Функция 6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	8,5
Функция 7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	10,5
Функция 8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	9,5
Функция 9	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	12,5
Функция 10	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	0,5	1,5	1,5	15,5
Функция 11	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1	0,5	1,5	1,5	14,5
Функция 12	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	16,5
Функция 13	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	1,5	13,5
Функция 14	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	8,5
															Σ=196

Таблица Б.6 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоёмкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб	Заработная плата, руб	Себестоимость, руб
Двухосный индикаторный гиросtabilизатор	-	Обеспечивает стабилизацию телевизионной камеры (линии визирования)	-	-	-	-	-
Платформа	1	Служит для крепления ДНГ и ЛД		0,02	324	217	541
Корпус	1	1. Служит для герметизации; 2. Выполняет защитную функцию.		1,85	2537	770	3307
Наружная рама	1	Предназначена для закрепления на ней корпуса		1,2	1554	521	2075

Продолжение Таблицы Б.6

Фланец	1	Служит для крепления наружной рамы к неподвижному основанию		0,5	880	362	1242
Неподвижное основание	1	Служит для закрепления фланца и блока чувствительных элементов		0,01	569	158	727
							Итого: 7892

Таблица Б.7 – Диаграмма Ганта

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнители	Т _к кал, дни	Продолжительность выполнения работ																				
				Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1	Определение задачи, получение технического задания	Руководитель Инженер (дипломник)	3		■																			
1.2	Анализ задачи	Инженер (дипломник)	5		■																			
1.3	Обзор литературы	Инженер (дипломник)	20		■	■	■	■																
1.4	Патентный поиск	Инженер (дипломник)	31				■	■	■	■	■													
2.1	Выбор кинематической схемы двухосного ГС и составление структурной схемы	Руководитель Инженер (дипломник)	14								■	■	■	■	■	■	■	■						
2.2	Разработка БИИД	Инженер (дипломник)	11									■	■	■										
2.3	Математическое описание модели движения ДИГ	Инженер (дипломник)	15										■	■	■	■	■	■						
2.4	Математическое моделирование двухосного ГС и подбор корректирующих звеньев	Инженер (дипломник)	15											■	■	■	■	■	■					
2.5	Математическое моделирование осей стабилизации	Инженер (дипломник)	15													■	■	■	■	■	■			

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Графические материалы

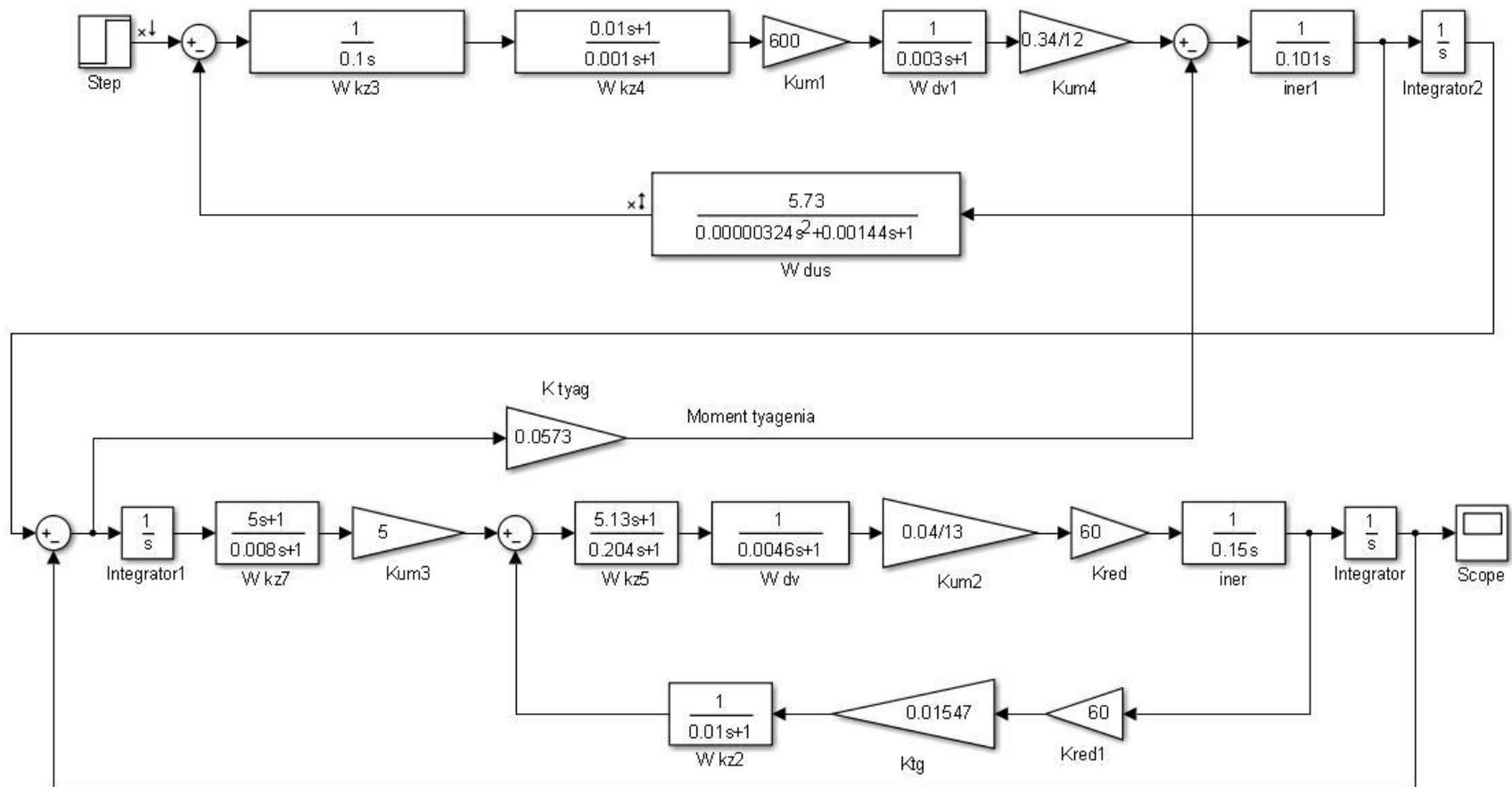


Рисунок В.1 – Математическая модель канала по оси Y

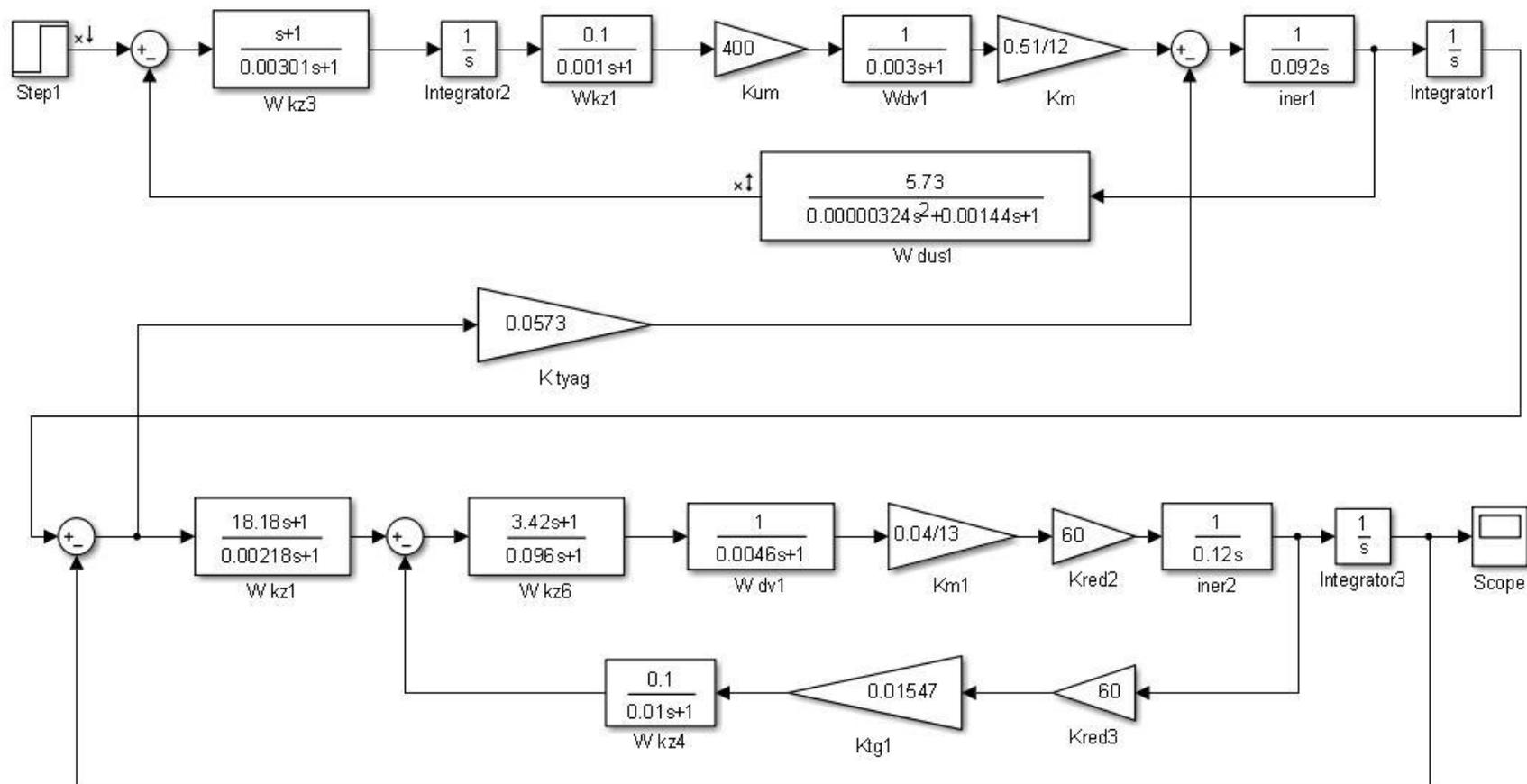


Рисунок В.2 – Математическая модель канала по оси Z

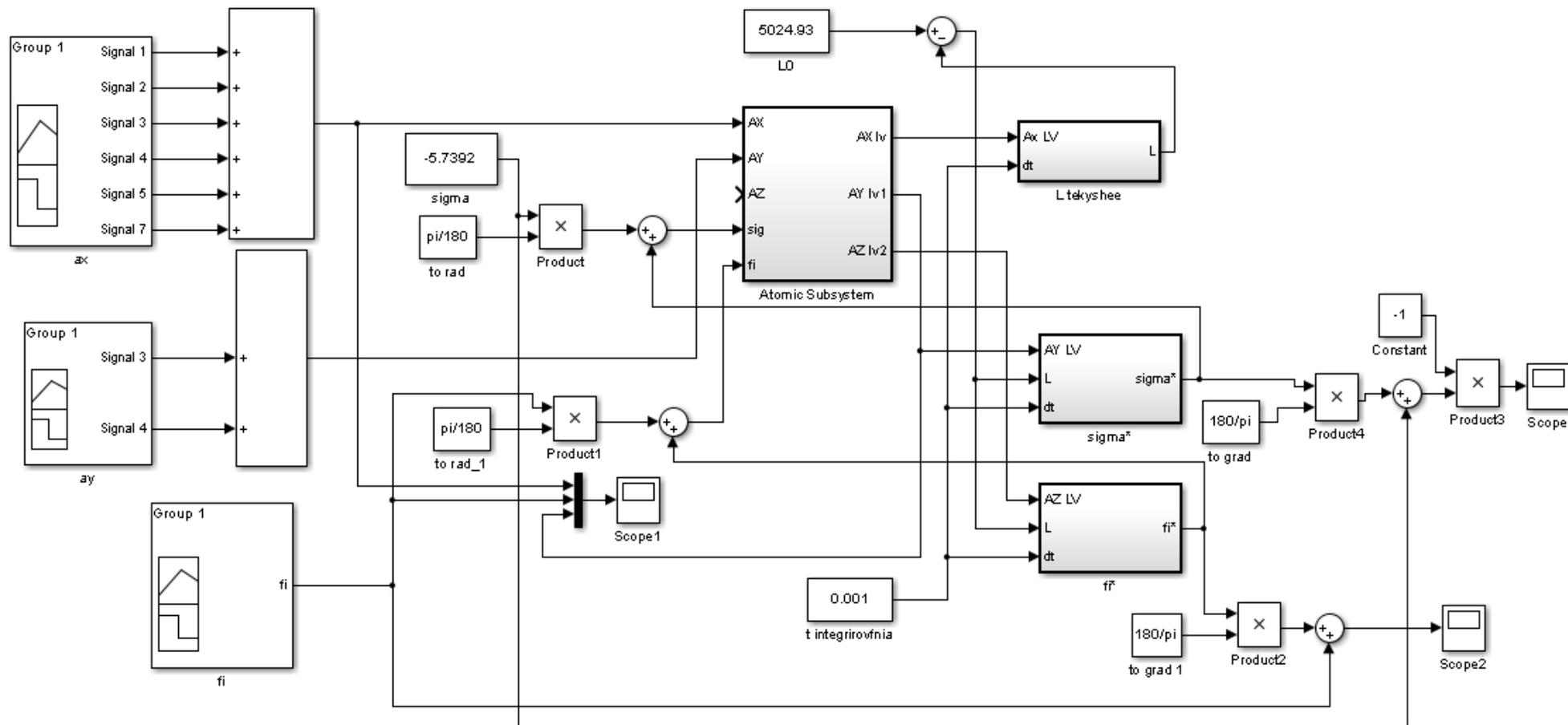


Рисунок В.3 – Математическая модель расчета угла места и азимута цели

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Перечень оборудования и средств контроля.

Таблица Г.1.

Наименование, Основные характеристики	Тип	Пункты методики
Вольтметр универсальный $U_{\text{пост}}=1000\text{В}$, $U_{\text{перем}}=1000\text{В}$ (20Гц-1000МГц) $R=1000\text{Ом}$, погр. 2,5%	В7-26	9.7.1, 9.7.2.
Вольтметр универсальный, $U_{\text{пост}}=1000\text{В}$, $U_{\text{перем}}=1000\text{В}$ (20Гц-50МГц), R 0,1 Ом-10МОм	В7-53/1	
Источник питания(4шт) $U_{\text{вых}}(0,1-29,9)\text{В}$, $J_{\text{н}}=(0,01-,99)\text{А}$, $U_{\text{пульс}}=\text{МВ}$ (эфф), $U_{\text{нест}}=0,01\%$	Б5-47	

Примечание – Указанные средства контроля могут быть заменены другими, обеспечивающими контроль в пределах допускаемых погрешностей измерений и соответствующим условиям применения и требованиям к методам испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Сопротивление электрических цепей блока.

Таблица Д.1.

Номер цепи	Номера контактов Разъема X 3.1.		Сопротивление, Ом		Примечание
	Начало цепи	Конец цепи	Номинальное значение	Предельное отклонение	
1	19	20	14	± 2	
2	21	22	20	± 3	
3		23	20	± 3	
4	22	23	20	± 3	
5	28	29	20	± 3	
6		30	20	± 3	
7	29	30	20	± 3	
8	31	32	14	± 2	
9	35	36	18	± 3	
10	37	38	18	± 3	
11	46	47	18	± 3	
12	48	49	18	± 3	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Цепи для проверки электрического сопротивления изоляции.

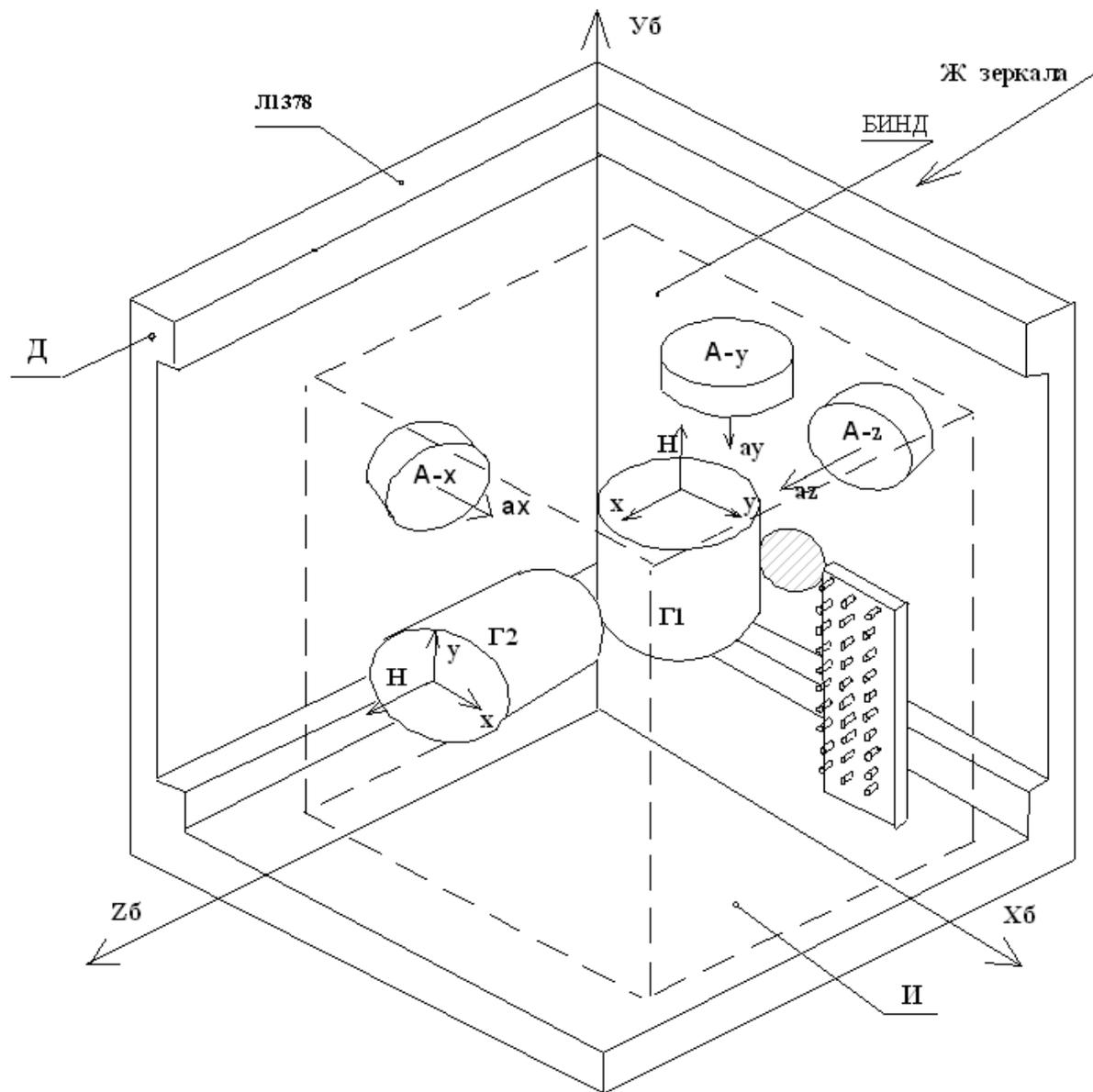
Таблица Е.1.

Номера контактов разъема X 3.1.	
Начало цепи	Конец цепи
66	21,22,23,28,29,30
	19,20
	31,32
	35,36
	37,38
	46,47
	48,49

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

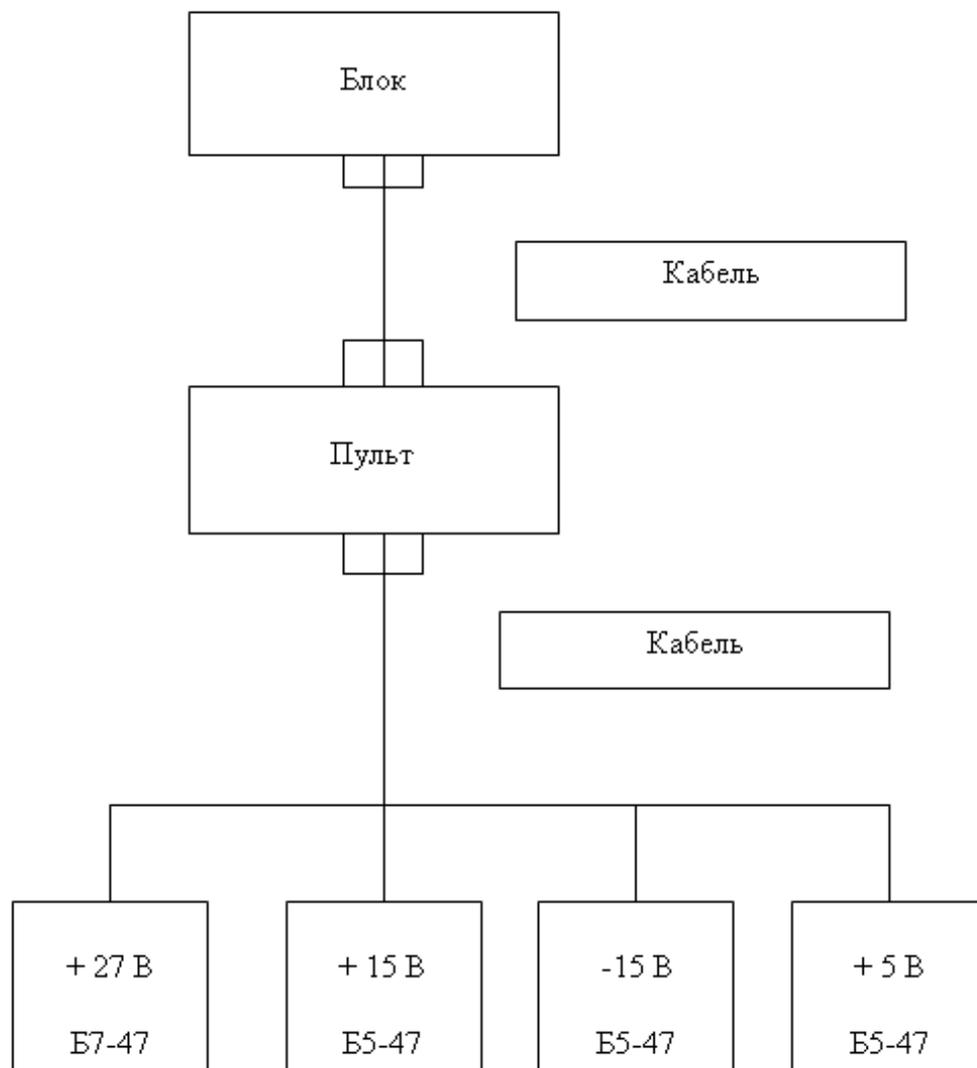
(Обязательное)

Расположение блока на технологическом приспособлении Л1378



ПРИЛОЖЕНИЕ И

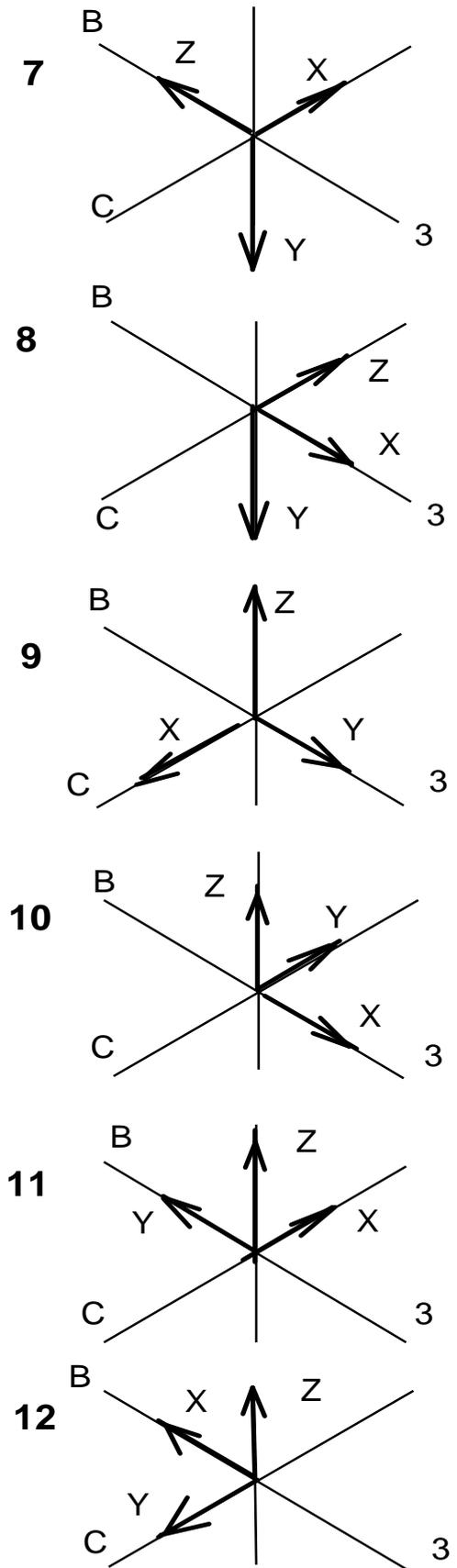
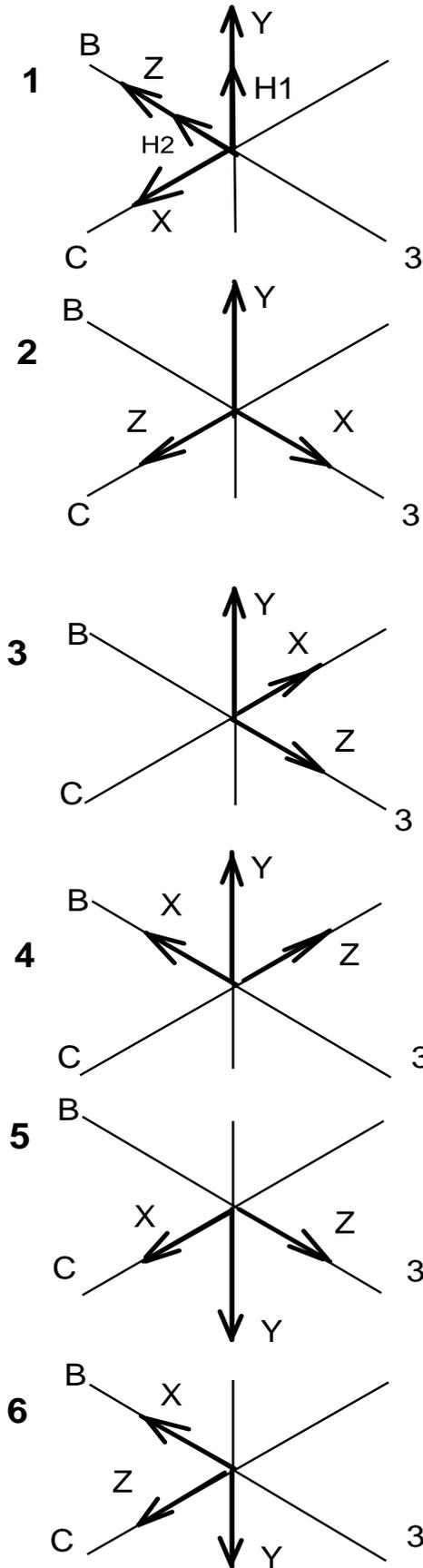
Схема подключения блока к пульту.

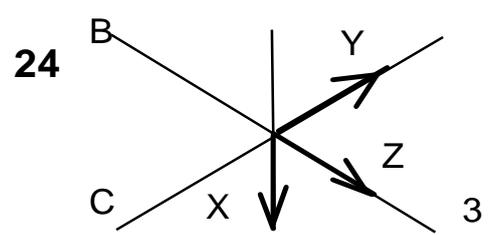
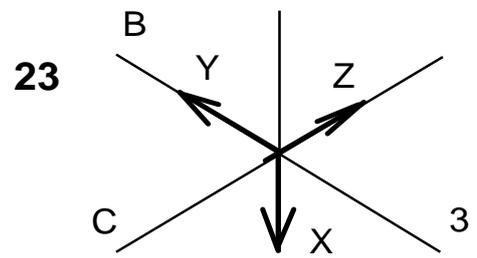
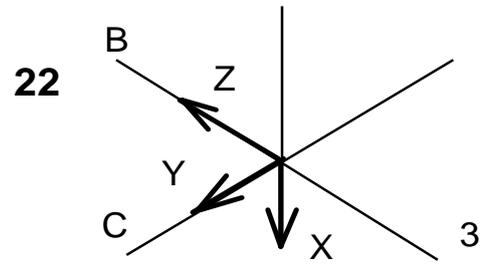
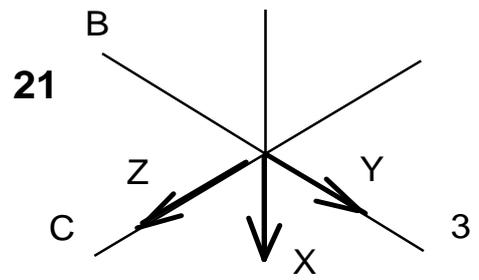
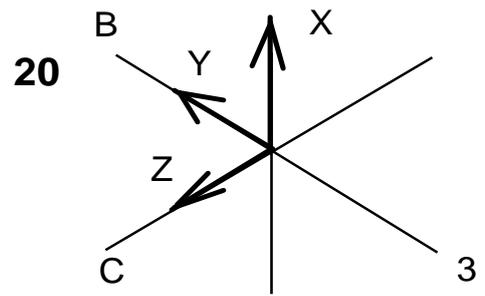
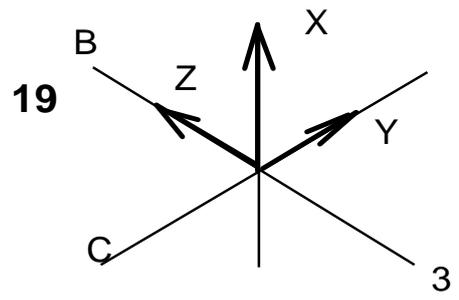
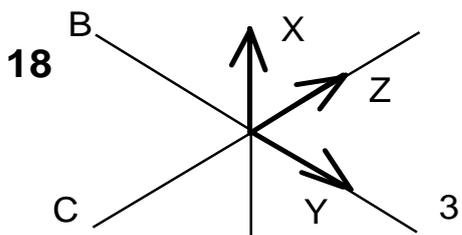
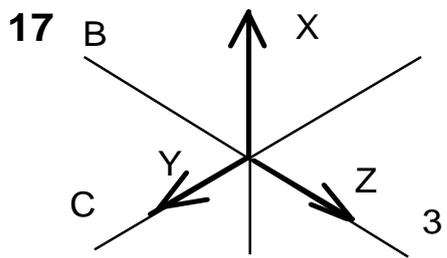
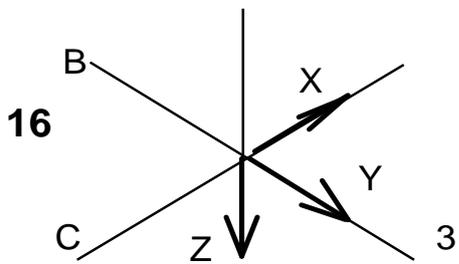
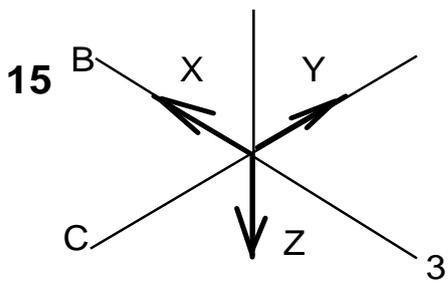
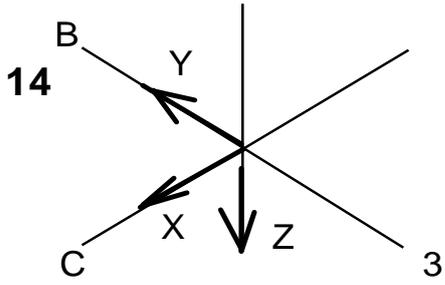
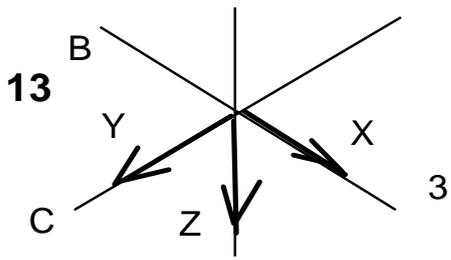


ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

Ориентация блока при испытаниях.





ПРИЛОЖЕНИЕ Л

АМНК.402138.100 СП Блок инерциальных навигационных датчиков

ПРИЛОЖЕНИЕ М

АМНК.402138.100 СБ Блок инерциальных навигационных датчиков

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

АМНК.731311.029 Оправа зеркала