

Национальный технический университет Украины  
"Киевский политехнический институт"

*Методические указания*

к выполнению курсовой работы  
по дисциплине

**"НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ"**

для студентов  
специальности 7.05100303  
"Приборы и системы ориентации и навигации"

составитель доц. Мелешко В.В.

Киев 2011

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Цель курсовой работы (КР) - закрепить и углубить знания, полученные на лекциях, практических и лабораторных занятиях, укрепить навыки самостоятельного изучения отдельных вопросов, расчетов систем, умений связывать теоретические знания с решением практических вопросов.

Основные задачи курсовой работы : приобрести навыки самостоятельного изучения вопросов по учебникам, учебным пособиям, периодическим изданиям; научиться анализировать технические предложения по патентным материалам; развить навыки составления функциональных и структурных схем ИНС, их математических моделей; закрепить умение анализировать работу ИНС как аналитически, так и путем моделирования на ЭВМ; развить умение связывать полученные теоретические знания (с расчетом отдельных характеристик реальных систем) с результатами экспериментальных оценок, полученных в лабораторных исследованиях. Ориентировочное время, которое планируется студенту на выполнение работы, - 54 час. Планируемые расходы времени руководителя на разработку задания, консультации и проверку работы - 4 час. на одного студента.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ ТЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ**

Темы курсовой работы должны отвечать содержанию и заданиям курса "Навигационные системы", основной частью которого является изучение теории, конструкций, методик проектирования ИНС. Поскольку в настоящее время акцент в образовании переносится на укрепление навыков самостоятельной работы, целесообразно, чтобы задания были индивидуальными, требующими самостоятельного изучения отдельных вопросов. Рекомендуется разрабатывать темы, связанные с реальными разработками, например, по тематике научных исследований кафедры или по запросам предприятий. Курсовая работа может быть составной частью исследования, расчета или проекта, который выполняется студентом в течение одного или нескольких семестров. Курсовая работа может быть комплексной, когда разные исполнители выполняют отдельные части комплексной задачи. Однако в каждом варианте задания на курсовую работу должен быть отдельным. Оформляется работа отдельной запиской согласно стандартам, принятым для оформления дипломных проектов. При подборе

тем КР руководителю необходимо учитывать особенности студентов. Студенты, которые имеют достаточные потенциальные возможности, могут выступать в качестве руководителя комплексной работы.

### 3. ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЕ ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Исследование характеристик инерциальной курсовертикали ИКВ- 72 в режиме аналитического гирокомпасирования. Алгоритмы гирокомпасирования. Расчет возможных характеристик.

2. Начальная выставка БИНС на неподвижном основании. Алгоритм выставки. Расчет характеристик при заданных условиях.

3. Структурная схема, алгоритмы функционирования БИНС при использовании параметров Родрига - Гамильтона.

4. Расчет погрешностей ИНС МИС- 2. Составление математической модели ИНС, расчет погрешностей.

5. Расчет параметров режима гирокомпасирования ИНС МИС- 2.

6. Калибровка ИНС полуаналитического типа. Схемы, алгоритмы калибровки. Оценки достигаемой точности.

7. Демпфирование ИНС с помощью внутренних связей. Разработка математической модели ИНС полуаналитического типа с демпфированием. Оценки эффективности демпфирования.

8. Исследование характеристик ИНС МИС- 2 в режиме двойного гирокомпасирования. Схема, алгоритм гирокомпасирования, уравнение ошибок, расчет характеристик, их зависимостей от параметров системы.

9. Исследование погрешностей ИНС полуаналитического типа от пренебрежением в алгоритмах управления горизонтальным каналом вращением Земли.

10. Расчет и исследование режима горизонтирования ИНС / ИКВ /. Оценка динамических параметров системы. Исследование возможных переходных процессов.

11. Структурная схема, алгоритмы функционирования БИНС с использованием уравнения Пуассона.

12. Расчет параметров режима ускоренной выставки курсовертикали. Схемы ускоренной выставки. Оценка параметров системы. Расчеты переходных процессов.

13. Математическое моделирование погрешностей инерциальной курсовертикали ИКВ- 802. Математическая модель. Программа и результаты моделирования.

14. Математическое моделирование погрешностей ИНС со свободной в азимуте ориентацией акселерометра.

15. Математическое моделирование ИНС с ограниченными (приближенными) алгоритмами.

16. Исследование поведения в полете физического маятника. Математическая модель. Погрешности определения вертикали маятником.

17. Структурная схема, алгоритмы функционирования ИНС аналитического типа для определения навигационных параметров относительно географического сопровождающего трехгранника. Структурная схема. Кинематическая схема платформы. Алгоритмы функционирования.

18. Структурная схема, алгоритмы функционирования ИНС геометрического типа для определения навигационных параметров по отношению к географическому сопровождающему трехграннику. Структурная схема. Кинематическая схема платформы. Алгоритмы функционирования.

19. Структурная схема, алгоритмы функционирования БИНС с коррекцией от измерителя линейной скорости движения. Способы и схемы построения ИНС, алгоритмы функционирования для навигации в полярных районах.

20. Ускоренная выставка курсовертикали по курсу от индукционного датчика магнитного курса. Структурная схема. Математическая модель. Расчет параметров (моментов инерции, параметров двигателя, времени выставки). Электрическая схема азимутного канала.

Из-за того, что лекции и курсовая работа запланированы в одном семестре, рекомендуется выдавать темы по разделу начальной выставки ИНС, который представляется в первой половине курса лекций.

#### **4. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗАПИСКИ**

В начале записки надо привести задание на КР, постановку задачи КР и краткий аналитический обзор литературы, включая периодические издания и печатные материалы, ссылки на документы Интернет, указать, какие патентные материалы наиболее близко отвечают поставленной задаче, предлагаемые пути ее решения. В работах должны быть представлены исследуемая математическая

модель, структурная схема алгоритма моделирования, программа с расшифровкой обозначений, результаты моделирования. Там, где это предусмотрено заданием, представляются электрические схемы, выполненные в соответствии со стандартами. Работа должна заканчиваться выводами. В них должно быть отражено, как выполнено поставленное задание, какие вытекают из результатов работы предложения по дальнейшим расчетам или исследованиям о цели совершенствования систем. Записку целесообразно представлять с разделением на параграфы и отражением их в содержании. Обязательны ссылки на использованные источники.

Текст записки набирается гарнитурой Times New Roman, кегль 14, форматирование по ширине, поля страницы 25 мм - левое, по 20 мм верхнее и нижнее, 15 мм - правое. Текст печатается на одной стороне листа формата А4.

Рисунки и схемы рекомендуется выполнять в программе CorelDraw, чертеж - в программах Autocad или Solidworks. Программы для моделирования работы прибора рекомендуется выполнять в пакете Matlab. Допускается использования и других программных продуктов. При выполнении моделирования могут быть полезными программы из лабораторных работ.

В конце работы даются выводы, в которых подчеркиваются основные результаты и показывается, как удалось выполнить заданные условия на разработку.

## 5. ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Работа подается в переплетенном виде на проверку руководителю работы. После проверки и устранения сделанных замечаний студент защищает работу перед комиссией в составе руководителя работы и ведущего преподавателя дисциплины. Работа оценивается по рейтинговой системе с максимальной оценкой 100 баллов. При оценке можно руководствоваться следующими компонентами рейтинга.

### Компоненты рейтинга курсовой работы

	<i>Характеристика работы</i>	<i>Баллы</i>
1	Получение задания своевременно	5
2	Посещение консультаций 0,5*10	5
3	Выполнение календарного плана	10
4	Обзор состояния вопроса	10
5	Уровень технического решения	20
6	Самостоятельность в работе	15

7	Уровень моделирования	15
8	Уровень оформления	10
9	Качество защиты	10
	<b>Всего</b>	<b>100</b>

### Таблица перевода рейтинговой оценки

Оценка в баллах	Оценка по национальной шкале	Оценка за шкалой ECTS	
		Оценка	Объяснение
95-100	<i>Отлично</i>	<b>A</b>	<b>Отлично</b> ((отличное выполнение лишь с незначительным количеством ошибок)
85 - 94		<b>B</b>	<b>Очень хорошо</b> ((выше среднего уровня с несколькими ошибками)
75 - 84	<i>Хорошо</i>	<b>C</b>	<b>Хорошо</b> ((в общем верное выполнение с определенным количеством существенных ошибок)
65 - 74		<b>D</b>	<b>Удовлетворительно</b> ((неплохо, но со значительным количеством недостатков)
60 - 64	<i>Удовлетворительно</i>	<b>E</b>	<b>Достаточно</b> ((выполнение удовлетворяет минимальным критериям)
30 - 59		<b>FX</b>	<b>Неудовлетворительно</b> ((с возможностью повторного складывания)
1 - 29	<i>Неудовлетворительно</i>	<b>F</b>	<b>Неудовлетворительно</b> <b>((с обязательным повторным курсом))</b>

## 6. АННОТИРОВАННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Кроме обычных библиографических данных, в указателе указаны тираж издания / т. . / и количество экземпляров в библиотеке института / б. .. /.

1. Андреев В.Д. Теория инерциальной навигации. Автономные системы. - М.: Наука, 1956. - 580 с, т.5600, б..31.

Первая часть фундаментальной монографии. Дана общая характеристика метода инерциальной навигации. Рассмотрены чувствительные элементы ИНС. Приведены данные о форме Земли, ее гравитационном поле, движении Земли. Получены уравнения идеальной работы ИНС, выведены уравнения ошибок, проведен их анализ. Рассмотрены зависимости ошибок определения координат от инструментальных ошибок и погрешностей начальной выставки. Рассмотрены особенности инерциальной навигации у поверхности Земли, подготовки ИНС к работе.

2. Андреев В.Д. Теория инерциальной навигации. Корректируемые системы. - М.: Наука, 1967. - 643 с, т.550, .30.

Вторая часть фундаментальной монографии. Содержатся необходимые сведения из теории автономных ИНС. Рассмотрены системы с коррекцией от высотомера, от доплеровского измерителя скорости, лага, от астрономиче-

ских навигационных устройств. Изучены возможности упрощений уравнений идеальной и возмущенной работы. Рассмотрена динамика ИНС с учетом случайного характера инструментальных погрешностей.

3. Анучин О. Н., Емельянец Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. -СПб: ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор", 2003. - 390 с.

4. Бабич О. А. Обработка информации в навигационных комплексах. - М.: Машиностроение, 1991. - 512 с.

Даны алгоритмы вычисления координат летательного аппарата (ЛА) по сигналам радиосистем ближней, дальней и спутниковой навигации, бортовых визиров наземных ориентиров. доплеровских и инерциальных систем, а также стохастические модели и методы статистической фильтрации погрешностей указанных измерителей.

Изложены принципы построения и алгоритмы функционирования навигационных комплексов.

5. Боронахин А.М., Лукьянов Д.П., Филатов Ю.В. Оптические и микромеханические инерциальные приборы. СПб.: ООО "Техномедиа"/ Изд-во "Элмор", 2008, 400с. (монография)

6. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию платформенных инерциальных навигационных систем. - М.: Наука. Гл. редакция физ.-мат. лит. 1992. - 280с.

7. Бромберг П. В. Теория инерциальных систем навигации. - М. :Наука, 1979. - 296 с, т.2400, б.14.

Монография. Описана фигура Земля, поле силы тяжести. Рассмотрено представление ускорения в различных системах координат. Раскрыты принципы построения чувствительных элементов ИНС. Представлены алгоритмы работы ИНС различных типов, приведены их уравнения ошибок.

8. Горенштейн И.А., Шульман И.А. Инерциальные навигационные системы. - М.: Машиностроение, 1970. - 232 с, т.2300, 6.7.

Даны теоретические основы инерциальной навигации. Приведен пример схем ИНС, рассмотрены алгоритмы функционирования ИНС. Даны способы и алгоритмы начальной выставки ИНС. Вторая часть книги посвящена изложению принципов работы элементов ИНС. В приложении дан один из первых в литературе примеров применения метода Калмана в задаче коррекции ИНС.

9. Дмитриевский А.А., Иванов Н.И., Лысенко Л. Н., Богодистов С.О Баллистика и навигация ракет /Под редакторши А.А .Дмитриевского. - М.: Машиностроение, 1985. - 312 с, г.3000, 6.5.

Учебник. Изложены основные положения теории ИНС. Дан вывод векторных уравнений ошибок платформенных ИНС. Рассмотрена задача инерциального управления дальностью и направлением полета, инерциально-доплеровская ИНС.

10. Дмитроченко Л. А., Савинов Г.Ф., Гора В.П. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. - М.: МАИ, 1984. - 64 с, т.500, б.-

Представлены основные вопросы теории БИНС: проектирование функциональных алгоритмов определения навигационных параметров и параметров ориентации; использование избыточного количества измерительных элементов; способы начальной выставки. Рассмотрено использование методов оптимальной фильтрации при начальной выставке.

11. Дмитроченко Л. Л., Тювин А.В., Савинов Г.Ф., Гора В.П. Анализ точности и основы проектирования бесплатформенных инерциальных навигационных систем. - М.: МАИ, 1935. - 53 с, т.500, б.-.

Является продолжением учебного пособия 10. Дана качественная характеристика источников погрешностей БИНС. Показаны возможные пути исследования погрешностей БИНС. Представлены численные алгоритмы решения задачи определения параметров ориентации. Приведены методики оценки погрешностей определения параметров, " в том числе путем моделирования на ЭВМ. Даны также алгоритмы контроля отказов и идентификаций отказавшего элемента.

12. Епифанов А.Д. Избыточные системы управления летательными аппаратами. - М.; Машиностроение, 1973. - 144 с, т.1380, б.3.

Приведены векторно-матричные уравнения измерений и ошибок избыточного измерителя, рассмотрена оптимальная ориентация избыточного измерителя, обработка избыточной информации. Представлены решения за дач идентификации отказавших избыточных измерителей, адаптации при отказах. Рассмотрены избыточные управляющие комплексы.

13. Захарин Н.И., Захарин Ф.М. Кинематика инерциальных систем навигации. - М.: Машиностроение, 1958. - 236 с, т.2500, б.1.

Рассмотрены алгоритмы функционирования ИНС. Получены уравнения ошибок ИНС. Первая отечественная монография, где изложена теория бескарданных ИНС. Системы рассматриваются применительно к авиационной технике.

14. Иванченко А.И. Бесплатформенные инерциальные системы навигации. -К.: КВВАИУ, 1988. - 221 с, г.1450, б.2.

Учебное пособие. Систематизированы возможности использования различных систем координат, представлены виды уравнений ориентации. Получены уравнения ошибок. Оцениваются ошибки от приближенности методов вычислений. Изложена теория начальной выставки ШИС на неподвижном и подвижном основании. Рассмотрено комплексированные БИНС с измерителями скорости и координат, системы выявления неисправностей. Показаны особенности БИНС с различными чувствительными элементами, приводятся численные оценки.

15. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. - М.: Наука, 1376. - 672 с, т.7000, б.5.



В трех последних главах рассмотрена теория инерциальной навигации при движении по большому кругу или произвольной траектории. Приведены схемы и теоретические основы классических чувствительных элементов. Рассмотрены ИНС гирокомпасного типа, схемы ИНС без ньютометров. При описании задач кинематики инерциальной навигации рассмотрено использование параметров Родрига - Гамильтона, Эйлера - Крылова, Кейли-Клейна, навигация в высоких широтах с применением стереографической проекции.

16. Ишлинский А.Ю. Классическая механика и силы инерции. - М.: Наука, 1987. - 320 с, т.7000, 0.1.

Рассматривается сущность абсолютного и относительного движения. Описаны подвижные системы координат. Рассмотрены основы построения ИНС, неустойчивость инерциального определения высоты, поведение физического маятника. Приведено аналитическое изложение некоторых вопросов кинематики.

17. Кавинов И.Ф. Инерциальная навигация в околоземном пространстве. - М.: Машиностроение, 1983. - 144 с, т.1230, б. -.

Рассмотрены вопросы ориентации и навигации космических летательных аппаратов. Приведена краткая информация по приборам первичной информации, рассмотрены вопросы навигации на участке выведения, определения параметров ориентации КА с помощью ГСП. Представлены алгоритмы астрокоррекции, алгоритмы БИНС. Исследованы погрешности ИНС.

18. Климов Д.М. Инерциальная навигация на море. - М.: Наука, 1984. - 118 с, т.1650, б.2.

Монография. Излагается теория корабельных ИНС. Даны схемы и уравнения работы. Изложены основные положения кинематики твердого тела с одной неподвижной точкой. Рассмотрены кинематические погрешности ИНС, демпфирование ее колебаний, особенности работы с учетом не сферичности Земли, применение оптимальной фильтрации. Изложена механика невозмущаемых систем. Приведены числовые примеры и результаты моделирования на ЭВМ.

19. Кузовков И.Т., Салычев О. С. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация. - М.: Машиностроение, 1982. - 216 с, т.1560, б.-.

Рассмотрены платформенные и бесплатформенные ИНС. Исследовано влияние неточностей структуры и параметров ИНС на точность выходных параметров. Рассмотрены схемы демпфирования. Представлены схемы коррекции ИНС, рассмотрены вопросы наблюдаемости и идентификации ошибок ИНС. Дан анализ применения оптимального фильтра Калмана и субоптимальных фильтров.

20. Лебедев Р. К. Стабилизация летательного аппарата бесплатформенной инерциальной системой. - М.: Машиностроение, 1977. - 141 с, т.2000, бы.1.

Рассмотрены основные кинематические параметры /Эйлера, Родрига - Гамильтона и др./, используемые в решении задачи ориентации, дан анализ

численных методов решения задачи. Показано применение БИНС в контуре управления летательным аппаратом. Имеются численные оценки.

21. Липтон А. Выставка инерциальных систем на подвижном основании. - М.: Наука, 3971 . - 167 с. /Под редакторши В.Л.Леонидова, т.3000, б.1.

Монография американского автора, практически единственная по системному изложению теории начальной выставки. Рассмотрены ошибки измерительных систем. Дан анализ способов выставки: горизонгирования, гироскопирования, выставки по звездам; способов фиксирования азимута, векторного согласования, согласования углов кардановых подвесов оптической выставки. Рассмотрена выставка ИНС ракет, подвешенных под самолетом-носителем. В приложении рассмотрены вопросы теории акселерометра, решения уравнений и др.

22. Лукьянов Д.И., Мочалов А.В., Одинцов А.А., Вайсгант И.Б. Инерциальные навигационные системы морских объектов. - Л.: Судостроение, 1989. - 184 с, т.1700. б.-.

Рассмотрены чувствительные элементы ИНС, приведена классификация ИНС, системы координат и их преобразование. Изложена теория ошибок ИНС. Приведены численные характеристики как ошибок чувствительных элементов, так и ИНС, графики их изменений. Отражает современное состояние морских ИНС.

23. Мак-Клур К.Л. Теория инерциальной навигации. - М.: Наука, 1964. - 300 с, т.4000, б.1.

Рассмотрена, в основном, одноканальная ИНС. Представлены сведения о фигуре Земли, о работе двухосной гироскопизированной платформы. Показано влияние гравитационных аномалий на работу ИНС. Рассмотрены варианты демпфирования ИНС.

24. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. - СПб.: ГНЦ РФ ОАО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор", 2009. - 280 с.

25. Мелешко В.В. Инерциальные навигационные системы. Начальная выставка. - К.: "Корнийчук", 1999. - 126с.

Изложены общий обзор способов начальной выставки, примеры описания отдельных способов и схем. Представлены математические модели, формулы для оценки основных параметров режима. Рассмотрена выставка систем разных типов, включительно ИНС геометрического и аналитического с платформой типов. Приведены схемы и алгоритмы начальной выставки близких по структуре инерциальным платформам двухосных гироскопизаторов.

26. Мелешко В.В., Нестеренко О. И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие. - Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011. - 172с.

Приведены основные сведения для пояснения принципа работы, показаны разновидности уравнений ориентации, различные формы записи скоро-

стей и ускорений в подвижных системах координат. Представлены примеры возможных алгоритмов работы. Рассматривается начальная выставка. Значительное внимание уделено калибровке параметров чувствительных элементов как в производстве, так и в полете. Приведены алгоритмы коррекции от спутниковой навигационной системы и астровизиров. Приведены примеры моделирования.

27. Назаров Б.И., Хлебников Г.А. Гиросtabilизаторы ракет. - М.: Воениздат, 1975. - 216 с, т.6000, б.2.

Глава 4 посвящена системам автономного ориентирования /начальной выставки/ гиросtabilизаторов. Рассмотрены различные схемы горизонтирования и выставки в азимуте. Среди последних схемы: гирокомпасирования с использованием датчика угловой скорости; с использованием сигналов горизонтальной коррекции и др.

28. Некоторые задачи навигации и управления Под редакторши Н.А.Парусникова, В.М.Морозова. - М.: Изд-во Моск.ун-та, 1983. - 108 с, т.1000, б.3.

Сборник статей. Рассматриваются вопросы оценивания параметров ИНС, алгоритмы позиционной и скоростной коррекции ИНС, применение рекуррентного метода наименьших квадратов и другие математические вопросы теории фильтрации, идентификации.

29. О'Донелл К.Ф. редакторша Инерциальная навигация. - М.: Наука, 1969. - 592 с, т.5000, б.1.

Изложены принципы инерциальной навигации. Рассмотрены инерциальные и оптические элементы, инерциальные платформы. Представлены алгоритм инерциальной системы и анализ погрешностей, способы и схемы коррекции. Рассмотрена задача наведения баллистических снарядов. В ряде приложений даны отдельные вопросы математических методов. Составлена рядом американских специалистов.

30. Парусников И.А., Морозов В.М., Борзов В.Н. Задача коррекции в инерциальной навигации. - М.: Изд-во МГУ, 1982. - 174 с, т.1500, б.1.

Излагается теория, в основу которой положены представления современной теории наблюдаемости и оптимального оценивания. Рассмотрены оценивание вектора состояния линейных динамических систем, задача определения взаимной ориентации двух трехгранников по измерениям их относительной угловой скорости и единичного вектора в проекциях на оси обоих трехгранников. Приведены основные соотношения метода инерциальной навигации. Получены уравнения ошибок, алгоритмы коррекции ИНС, представлена математическая модель летательного аппарата в задачах навигации.

31. Пельпор Д.С., Михалев И.А., Бауман В.А. и др. Гироскопические системы, ч.2. Гироскопические приборы и системы. - М.: Высш. шк., 1988. - 424 с, т.5500, б.21.

Рассмотрена теория физического маятника, его поведение в условиях ускорений на Земле, а также курсовертикали на ДНГ, на поплавковых интег-

рирующих гироскопах. Приведены основы теории БИНС с ДУС, с ЭСГ. Изложены вопросы горизонтирования ГСП, начальной выставки бесплатформенной системы ориентации. Приведены основные сведения о гироскопических чувствительных элементах.

32. Пельпор Д.С., Ягодкин В.В. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем. ч.1. Системы ориентации и навигации /Под редактора Д.С.Пельпора. - М.: Высш. шк., 1977. - 216 с, т.8000, б.4.

Второй раздел учебного пособия посвящен основным задачам проектирования ИНС, в том числе для полетов по ортодромии. Учитывается несферичность Земли. Приведены методики расчета основных параметров, требуемой точности, инструментальных погрешностей. Описана методика обоснования требований, предъявляемых к элементам, в том числе к их динамическим параметрам. Рассмотрены особенности инерциального управления баллистическими ракетами. Приведены типовые схемы систем. Оцениваются их инструментальные погрешности.

33. Помыкаев И.И., Селезнев В.П., Дмитроченко Л. А. Навигационные приборы и системы. - М.: Машиностроение, 1983. - 456 с, т.4900, б.7. /Под редактора И.И. Помыкаева.

Построены общие алгоритмы функционирования ИНС. Из них получены различные варианты с учетом несферичности Земли. Рассмотрены ИНС аналитического и геометрического типов, бесплатформенные ИНС. Представлены векторные уравнения ошибок.

34. Рахтеенко В.Р. Гироскопические системы ориентации. - М.: Машиностроение, 1989. - 232 с, т.2630, б.2.

Четвертая глава монографии посвящена бескарданным системам ориентации. Рассмотрены системы на основе датчиков угловой скорости. Приведено детальное описание динамики ДУС.

35. Репников А.В. Начальная выставка гироскопических систем ориентации. - М.: МАИ, 1983. - 52 с, т.500, б.-.

Даны общие положения и рассмотрены способы выставки на неподвижном и подвижном основаниях. Содержит типовые примеры и анализ ошибок. Изложение основано на векторном представлении наблюдаемых и управляемых переменных. Проведена и проиллюстрирована классификация способов начальной выставки.

36. Репников А.В., Сачков ГЛ., Черноморский А.И. Гироскопические системы /Под редактора А.В. Репникова. - М.: Машиностроение, 1983. - 319 с, т.3700, б.6.

Рассмотрены основные алгоритмы работы бесплатформенных систем ориентации. Даны численные алгоритмы /глава 8/. Приведены основные положения способов начальной выставки гиросtabilизаторов /глава 9/.

37. Ривкин С.С. Теория гироскопических устройств. Ч.П. - Л.: Судостроение, 1964, - 548 с, т.5000, б.41.

В последнем параграфе изложены основы теории инерциальных систем.

38. Ривкин С, С, Ивановский Р. И., Костров А.В. Статистическая оптимизация навигационных систем. - Л.: Судостроение, 1976. - 280 с., г.3000, б.-

Представлены модели ИНС в пространстве состояний. Приведены примеры использования в ИНС фильтров Винера, Калмана, а также решения задач коррекции ИНС по позиционной, скоростной информации, применение фильтров Калмана в задачах начальной выставки. Приведены численные оценки.

39. Салычев О. С. Скалярное оценивание многомерных динамических систем. - М.: Машиностроение, 1987. - 215 с.

Представлены примеры возможных алгоритмов работы. Рассматривается начальная выставка. Значительное внимание уделено калибровке параметров чувствительных элементов как в производстве, так и в полете. Приведены алгоритмы коррекции от спутниковой навигационной системы и астровизиров. Приведены примеры моделирования.

40. Самотокин Б.Б., Мелешко В.В., Степанковский Ю.В. Навигационные приборы и системы. - К.: Высшая школа, 1986. - 343 с, т.1650, б.21.

Учебник. Рассмотрены общие принципы, схемы построения ИНС. Наиболее полно исследована ИНС полуаналитического типа. Рассмотрены схемы комплексирования ИНС с радио-, астронавигационными системами, лагами. Используются методы современной теории управления.

41. Селезнев В.П. Навигационные устройства. - М.: Машиностроение, 1974. - 600 с, т.6000, б.8.

В главе 12 рассмотрены схемы акселерометров, принципы построения инерциальных систем, их погрешности.

42. Селезнев В.П., Селезнева И.В. Навигационная бионика. - М.: Машиностроение, 1987. - 256 с, т.2200, б.5.

Рассмотрены инерциальные биодатчики и инерциальные системы живых организмов. Даны принципы работы, структурные схемы, математические модели, статические и динамические характеристики.

43. Слив Э.И. Прикладная теория инерциальной навигации. - Л.: Судостроение, 1972. - 120 с., т.1600, б.-.

Рассмотрены геометрические, аналитические, полуаналитические инерциальные системы с использованием аппарата операционного исчисления, их инструментальные погрешности.

44. Ткачев Л. И. Системы инерциальной ориентации.- М. : Московский энергетический институт. - 1973. - 213 с., т.2500, б.1.

Изложены основы теории ИНС. Приведенные алгоритмы ИНС аналитического и полуаналитического типов.

45. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под редакцией

М. Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 280 с. - ISBN 5-9221-0409-8.

Изложены основные подходы, методы и алгоритмы формирования вида интегрированных систем навигации и управление беспилотных маневренных летательных аппаратов разных классов. Понятие "вид" включает: состав, структуру и алгоритмы соответствующей интегрированной системы. В состав формируемых интегрированных систем входят безплатформенная инерциальная система и многоканальный GPS/ГЛОНАСС приемопередатчик. Обсуждаются вопросы комплексирования навигационных измерений, обработки изображений, включая формирование эталонов. Рассмотрена технология создания объектно-ориентированных программных комплексов для моделирования процессов функционирования данных интегрированных систем. Приведены результаты моделирования интегрированных комплексов беспилотных маневренных летательных аппаратов разных классов.

46. Філяшкін М. К., Рогожин В.О., Скрипець А.В., Лукінова Т.І. Инерциально-спутниковые навигационные системы. - К.: Изд-во Нац.авіац.ун-ту "НАУ-печать", 2009. - 272 с.
47. Бойко А.В., Клименко Ю.В., Корнейчук В.И. Курсовые и дипломные проекты. Требования к оформлению документации. - К.: "Корнийчук", 2003. - 175 с.
48. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М. В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. Справочник. - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 329 с.

## Пример задания на курсовую работу

НТУУ "Киевский политехнический институт"  
Кафедра приборов и систем ориентации и навигации  
Дисциплина "Навигационные системы"  
Специальность "Приборы и системы ориентации и навигации"

### Задание на курсовую работу

студенту \_\_\_\_\_

1. Тема работы : **Расчет параметров аналитического гироскопирования инерциальной курсовертикали**
2. Срок сдачи законченной работы 25.05.2011
3. Начальные данные к работе: См. методические указания к лабораторной работе "Инерциальная курсовертикаль ИКВ-72";
  - горизонтирование проводится по интегрально-пропорциональному закону;
  - зона нечувствительности акселерометра (10-5g ).
  - скорость отхода гироскопа : систематическая составляющая - 2 0/час., случайная составляющая - 0,1 0/час.
4. Содержание пояснительной записки
  1. Описание принципа работы системы, процесса выставки
  2. Обзор литературы и патентного фонда
  3. Математическая модель процесса
  4. Расчет параметров, результаты моделирования
  5. ЛитератураДополнения: Справочные материалы, программы моделирования
5. Перечень графического материала : рисунки, схемы в объяснительной записке
6. Дата выдачи задания 12.02.11
7. Литература:
  1. Методические указания к лабораторной работе "ИКВ-72" - Киев: КПИ, 2009. - 23 с.
  2. Мелешко В. В. Методические указания к курсовой работе по курсу "Навигационные системы" .- Киев : КПИ, 2011. - 14 с.
  3. Мелешко В. В. Инерциальные навигационные системы. Начальная выставка. - К.: "Корнийчук", 1999. - 126с.

#### Календарный план выполнения

- |   |          |
|---|----------|
| 1. Изучение материала, описание принципа работы | 01.03.11 |
| 2. Обзор литературы и патентного фонда          | 15.03.11 |
| 3. Складывание математической модели            | 15.04.11 |
| 4. Выполнение расчетов, моделирования на ЭВМ    | 10.05.11 |
| 5. Оформление записки                           | 20.05.11 |

Руководитель работы

Мелешко В. В.

Студент \_\_\_\_\_