

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"  
Приладобудівний факультет  
Кафедра приладів і систем орієнтації та навігації

Рекомендовано кафедрою приладів і  
систем орієнтації та навігації

Протокол № 7/11 від 9 червня.2011 р.

Завідувач кафедри ПСОН

\_\_\_\_\_ Бурау Н.І.

## ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

Методичні вказівки  
до виконання курсових проектів з дисципліни  
для напряму підготовки 051103 – «Приладобудування»,  
спеціальність 705100303 «Прилади і системи орієнтації і навігації»  
Освітньо- кваліфікаційний рівень - спеціаліст

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	2
1. Мета і завдання курсового проектування .....	3
2. Технічне завдання на курсове проектування.....	3
2.1. Загальні відомості.....	3
2.2. Форма і зміст технічного завдання .....	3
3. Зміст проекту .....	5
4. Організація курсового проектування .....	8
5. Порядок захисту курсових проектів.....	8
6. Література .....	8
7. Додатки.....	10
Додаток 1. Варіанти завдань на курсове проектування .....	10
Додаток 2. Бланк завдання на курсове проектування .....	16
Додаток 3. Бланк завдання на курсове проектування .....	18

## **1. Мета і завдання курсового проектування**

Виконання курсового проекту з курсу "Проектування приладів і систем" є важливою самостійною розрахунково-конструкторською роботою студента за профілем спеціальності. Курсовий проект дає можливість студенту проявити свої здібності та нахили до самостійної творчої роботи, дозволяє глибоко вивчити процес створення проектно-конструкторської документації та підготуватися до виконання дипломного проекту.

Курсове проектування ставить за мету:

1. Закріпити і навчити використовувати знання, отримані при вивченні спеціальних дисциплін;
2. Прищепити студентам навички проектування гіроскопічних приладів та елементів систем орієнтації та навігації;
3. Навчити студентів користуватися спеціальною і довідковою літературою.

Завдання проектування полягають у розрахунку основних параметрів і похибок гіроскопічного приладу або системи, розробці конструкторської документації виробу середньої складності, що має самостійне експлуатаційне значення в рамках конкретної системи орієнтації та навігації.

## **2. Технічне завдання на курсове проектування**

### **2.1. Загальні відомості**

Офіційним документом, на підставі якого виконується курсовий проект, є технічне завдання, підписане керівником-консультантом.

Технічне завдання має передбачати розробку студентом документації, достатньої для матеріального здійснення поставленого завдання. Слід уникати ставити перед студентами завдання, що носять проблемний характер або загальні закономірності вирішення яких ще не виявлені. Постановку задачі, рішення якої пов'язане з науковим пошуком, слід розглядати як форму індивідуального завдання для найбільш підготовлених студентів, які проявили схильність до наукової роботи. Таке завдання оформляється у вигляді курсової роботи.

### **2.2. Форма і зміст технічного завдання**

Технічне завдання повинно містити:

- чітко сформульоване– завдання (тему);
- призначення проєктованого виробу;
- вихідні принципіві вимоги та документацію, на основі яких буде вестися розробка;
- технічні умови та вимоги;
- перелік рекомендованої літератури та довідкових матеріалів.

Технічне завдання має чітко визначати коло питань, що підлягають вирішенню, і обсяг документації, представленої до захисту. При цьому проект (робота) повинні бути завершеними розробками.

При складанні технічних завдань рекомендується наступні різновиди тем курсових проектів.

### **Розробка принципу дії приладу або системи**

У технічному завданні вказується тема, призначення виробу, технічні умови і вимоги. Ніякі обмеження за принципом дії виробу не ставляться. Студент повинен самостійно ознайомитися зі станом питання, знайти можливі варіанти вирішення поставленого завдання, проаналізувати їх, вибрати оптимальний варіант і принцип дії, що найбільш задовольняє цим варіантом, розробити документацію по ескізному або робочому проектуванню.

Тема формулюється як розробка конструкторської документації дослідного зразку виробу середньої складності. Рекомендується для студентів з відмінною теоретичною підготовкою, аналітичної формою мислення або добре знайомих зі станом питання стосовно запропонованої теми.

### **Модернізація виробу**

Видається документація на виріб, іноді і сам виріб. Ставляться нові вимоги, спрямовані на поліпшення його технічних характеристик: підвищення точності, надійності, терміну служби, зменшення ваги, габаритів і т.д.

Студент повинен виявити граничні можливості приладу (пристрою), знайти причини, що обмежували ці можливості та шляхи їх розширення, розробити технічно досконаліші вузли приладу, що забезпечують рішення поставленого завдання. У ряді випадків можлива зміна принципів дії приладу. Проект завершується розробкою технічної документації щодо змін.

Тема формулюється як розробка конструкторської документації з модернізації дослідного зразка. Рекомендується для студентів з відмінною та доброю теоретичною підготовкою, схильних до винахідницької діяльності, здатних до критичного аналізу.

### **Конструкторська розробка виробу**

Вказується призначення виробу, дається його функціональна схема (або кінематична) і принцип дії головного функціонального вузла. Вказується технічні вимоги та умови. Наводиться перелік готових вузлів та елементів.

Студент вивчає матеріали, пов'язані з реалізацією зазначеного принципу дії стосовно до функціональної схеми приладу, вирішує конкретні задачі по розробці документації окремих вузлів, елементів, деталей.

Проект завершується розробкою технічної документації на виріб.

Тема формулюється як розробка конструкторської документації дослідного зразка.

Рекомендується для студентів з високою або середньою теоретичною підготовкою, відмінною графікою, схильних до конструкторської діяльності.

### **Відновлення конструкторської документації**

Видається виріб і технічний опис з короткими відомостями про його призначення, принцип дії та конструкції. Студент вивчає функціональну та елект-

ричну схеми, особливості конструкції. Виконує перевірочні розрахунки окремих елементів і вузлів для оцінки граничних параметрів і характеристик приладу. Готує конструкторську документацію, включаючи загальний вигляд і деталювання, і рекомендації щодо удосконалення окремих елементів приладу з метою підвищення його експлуатаційних характеристик.

### 3. Зміст проекту

Курсовий проект складається з двох частин – текстової документації (розрахунково-пояснювальної записки) та конструкторської документації (креслень та ілюстративного матеріалу).

Розрахунково-пояснювальна записка повинна мати приблизний обсяг 20-25 сторінок рукописного тексту.

Зміст записки має чітко і ясно відображати всі етапи проектування, починаючи з загальної постановки завдання і закінчуючи всіма необхідними розрахунками, а також описом розроблених схем та конструкції проектного приладу.

У зв'язку з цим рекомендується наступний приблизний зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Введення.
2. Розрахунково-теоретична і конструкторська частина
3. Технологічна частина.
4. Висновок.
5. Бібліографія.

У вступі студент повинен викласти загальну постановку задачі, огляд існуючих і можливих рішень цієї задачі, вибір і обґрунтування конкретного методу рішення поставленого завдання.

Розрахунково-теоретична і конструкторська частина є основною в курсовому проекті. У цьому розділі пояснювальної записки проводиться складання математичної моделі проектного приладу з обґрунтуванням прийнятих допущень і спрощень, проводиться аналіз моделі на предмет вибору і розрахунку необхідних параметрів і похибок приладу, обґрунтовується вибір стандартизованих елементів, проводиться чисельний розрахунок основних параметрів приладу, а також похибок проектного приладу при заданих умовах роботи.

Розрахунково-теоретична і конструкторська частина містить, як правило, такі підрозділи:

1. Складання співвідношень для вибору і розрахунку основних параметрів приладу;
2. Розрахунок точності, аналіз стійкості і якості перехідного процесу;
3. Розробка принципової електричної та кінематичної схем приладу;
4. Вибір та обґрунтування застосування стандартних і нормалізованих елементів і деталей (гіромоторів, електричних датчиків кута і датчиків моменту, шарикопідшипників, струмопідводів і т.п.);
5. Розрахунки нестандартних деталей і вузлів (пружних елементів, демпфуючих пристроїв, редукторів тощо);
6. Опис кінематичної та електричної схеми приладу;

## 7. Техніко-економічна оцінка спроектованого приладу.

Всі необхідні розрахунки повинні виконуватися на основі сучасних математичних методів. Чисельні розрахунки повинні проводитися в міжнародній системі одиниць. Для проведення чисельних розрахунків і досліджень доцільно користуватися ЕОМ.

При оформленні розрахунково-теоретичної та конструкторської частини особлива увага повинна бути звернена на змістовність і лаконічність викладу. При розрахунку необхідно приводити необхідні формули, літературні джерела, з яких вони запозичені, розмірності або одиниці вимірювань величин і коефіцієнтів, що входять до формули. Якщо розрахункові формули отримані самим студентом, то необхідно привести короткий їх висновок.

Об'єктом технологічної розробки може бути розробка технологічного процесу складання виробу, пристосування для регулювання випробування вузла або приладу.

Пояснювальна записка повинна бути оформлена на комп'ютері на окремих стандартних аркушах формату А4 (14 кегль шрифту Times New Roman, через 1,5 інтервалу). Друкувати слід на одному боці аркуша.

Сторінки роботи повинні мати поля: ліве - 30 мм, верхнє - 20, праве - 10, нижнє - 25 мм. Усі сторінки повинні бути пронумеровані. Першою сторінкою вважається титульний аркуш, на ній цифра 1 не ставиться, на наступній сторінці проставляється цифра 2 і так далі. Порядковий номер друкується в правому нижньому полі сторінки.

У записку обов'язково входять принципові електричні, кінематичні та інші схеми та малюнки, графіки й таблиці. Ілюстрації бажано виконувати в пакеті Corel DRAW.

Графічна частина проекту містить 3 - 4 аркуша формату А1. У тих випадках, коли виконання креслення на зазначеному форматі неможливо, допускається застосування додаткових форматів згідно ГОСТ 2.301-68.

Вона виконуються з використанням методів САПР, бажано в середовищі Corel DRAW або "AutoCAD" та «Компас».

Приблизний обсяг конструкторської документації такий:

- креслення загального вигляду приладу – 1 аркуш ф. А1;
- кінематична схема приладу - 0,5 аркуша ф. А1;
- електрична схема приладу - 0,5 аркуша ф. А1;
- креслення основних деталей – 1 аркуш ф. А1;
- ілюстративний матеріал.

Креслення загального вигляду приладу розробляється за затвердженим керівником ескізним проектом і скелетною схемою приладу і являє собою остаточне технічне рішення, що дає повне уявлення про роботу приладу. Розробка креслень загального виду є самим трудомістким етапом процесу проектування. Креслення загального вигляду виконують відповідно до ГОСТ 2,120-73 і 2.119-73, але з урахуванням специфіки курсового проектування. За таким кресленням можна пояснити не тільки роботу приладу, взаємодію та способи з'єднання деталей, а й форму тих деталей, на які потрібно виконувати креслення.

Креслення загального вигляду виконується без спрощень. Фаски, проточки, збігаючи та інші елементи деталей зображуються повністю. Стандартні елементи конструкції показуються зовнішнім виглядом, але з докладною розробкою їх кріплення та монтажу. У той же час не рекомендується давати детальне зображення стандартних деталей, симетричні деталі слід давати в розрізі тільки з одного боку.

Кінематична схема - це умовне зображення всіх принципово важливих елементів, що дає уявлення про принцип роботи приладу. Схема виконується без дотримання масштабу. Розташування частин приладу враховується наближено.

Елементи й складальні одиниці на схемі зображують або умовно (ГОСТ 2.721-66) відповідно до правил ЄСКД, або в аксонометрії, якщо в ЄСКД відсутні умовні позначення застосовуваних елементів. Допускається кінематичну схему виконувати у вигляді скелетної схеми приладу. Специфікацію на схемах не завадять. На вільному полі схеми можна поміщати таблиці, діаграми, текстові матеріали, що пояснюють роботу приладу.

Принципова електрична схема приладу виконується відповідно до ГОСТ 2.702-69. На схемі зображують всі електричні елементи, необхідні для здійснення і контролю в приладі заданих електричних процесів, всі електричні зв'язки між ними, всі електричні елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні ланцюга. Схема виконується без дотримання масштабу і дійсного просторового розташування складових частин приладу.

Елементи на схемі виконують у вигляді умовних графічних позначень за ГОСТ 2.702-69, 2.705-70, 2.723-66. На полі схеми допускається поміщати необхідні дані елементів.

Робоче креслення деталі є технічним документом, що визначає форму, розміри, точність, матеріал, термообробку та інші відомості, необхідні для її виготовлення і забезпечують необхідну якість деталі. Креслення деталі повинен містити мінімальну кількість видів розрізів і перерізів, але достатня для визначення її форми і простановки всіх розмірів. При простановке допусків на виготовлення рекомендується використовувати єдину систему допусків і посадок РЕВ (за СТ СЕВ 144-75 і 555-75).

Кожен лист курсового проекту повинен мати кутовий штамп встановленого зразка.

Специфікація складається на окремих аркушах і поміщається в розрахунково-пояснювальну записку.

Приступаючи до виконання графічної частини проекту, необхідно керуватися наступним:

- Вихідним документом для розробки конструкції є завдання по курсовому проектуванню;
- Основним завданням конструювання є отримання гармонійної конструкції. Це означає, що всі вузли приладу повинні володіти однаковим ступенем відповідності вимогам надійності, точності, міцності і т.д.
- Необхідно забезпечити раціональну компоновку складальних одиниць, що забезпечує найменші габарити, зручність складання та регулювання;

- Широко використовувати стандартні вироби - підшипники, гіромотори, датчики кутів і моментів, штепсельні з'єднувачі і т.п

#### **4. Організація курсового проектування**

Завдання на курсове проектування видається студенту протягом перших двох тижнів семестру, в якому навчальним планом передбачено виконання курсового проекту.

Студент повинен завершити роботу над курсовим проектом в 10-тижневий термін з моменту видачі завдання, але не пізніше, ніж за 2 тижні до початку екзаменаційної сесії. Рівномірна робота над проектом протягом відведеного терміну є необхідною умовою високої якості його виконання.

Консультації проводяться в день курсового проектування в години, визначені графіком консультації. Контроль за ходом виконання курсового проекту покладається на керівника - консультанта, який складає графік консультацій і при рубіжному контролі знань студентів подає відомості про хід проектування в деканат.

Загальний контроль за ходом курсового проектування здійснює керівник навчально-проектно-конструкторського напрямки кафедри. Явка студентів до керівники курсового проекту за графіком обов'язкове.

#### **5. Порядок захисту курсових проектів**

Виконаний і оформлений проект перевіряється керівником і при відповідності обсягу, змісту і якості оформлення всім вимогам до курсового проекту підписується із зазначенням дати захисту. Захист проектів проводиться в дні та години, встановлені графіком. Черговість захисту зумовлюється списком, який доводиться до відома студентів заздалегідь.

Для проведення захисту кафедра утворює екзаменаційну комісію у складі 2-3 викладачів. До складу комісії можуть входити аспіранти та інженери кафедри при обов'язковій участі керівника-консультанта.

Проект оцінюється усіма членами комісії, після чого узгоджена загальна оцінка заноситься до відомості деканату та на титульний лист проекту. Якщо у проектній документації буде виявлено більше чотирьох грубих порушень вимог ЕСКД або виявиться, що виріб неприцездатною або не може бути зібрано, то проект оцінюється оцінкою "незадовільно" і повертається на доопрацювання. Проекти, не представлені а термін, не затверджені або не захищені, представляються до захист тільки з дозволу деканату.

Текстова документація повинна бути зброшурована і разом з конструкторською документацією вкладена в окрему теку, на обкладинці якої наносяться дані для архівного зберігання проекту.

#### **6. Література**

1. Антипов Е.Ф., Жукова Н.И. Детали и узлы авиационных приборов и их расчет, "Машиностроение", 1966.
2. Армейский Е.В., Фалк Г.Б. Электрические микромашины, М., "Высшая школа", 1975, 239 с.



3. Ахметжанов А.А. Высокоточные системы передачи угла автоматических устройств, М., "Энергия", 1975.

4. Бабаева Н.Ф. и др. Расчет и проектирование элементов гироскопических устройств. Л., "Машиностроение", 1967, 480 с.

5. Белоконев И.М. Механика машин. Расчеты с применением ЭЦВМ. "Вища школа", 1978, 230 с.

6. Бесекерикий В.А., Фабрикант Е.А. Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. Л., "Судостроение", 1968.

7. Бегларян В.Х. Проектирование приборов, оптимальных по конструкторско-технологическим параметрам. М., «Машиностроение», 1977, 117 с.

8. Борисов В.И. Общая методология конструирования машин. М., "Машиностроение", 1978, 120 с.

9. Данилин В.П. Гироскопические приборы. М., "Высшая школа", 1965.

10. Брозгуль Л.И., Смирнов Е.Л. Вибрационные гироскопы, М., "Машиностроение", 1970, 213 с.

11. Гироскопические системы, ч. II. Гироскопические приборы и системы. Под ред. Пельпора Д.С., "Высшая школа", 1971, 488 с.

12. Гироскопические системы, ч. III, Элементы гироскопических приборов. М., "Высшая школа", 1972, 472 с.

13. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем, ч. I. Системы ориентации и навигации. М., "Высшая школа", 1977, 216 с.

14. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем, ч. II. Гироскопические стабилизаторы. Под ред. Пельпора Д.С., М., "Высшая школа", 1977, 233 с.

15. Методические указания к изучению курса "Проектирование гироскопических приборов и устройств":

– раздел 1 "Контурные схемы"/Сост. В.В. Кудрявцев. - Киев: КПИ, 1980.

– раздел 2. "Электролитические датчики угла"/Сост. В.В. Кудрявцев, В.Н. Рудык. - Киев: КПИ, 1981.

– раздел 3. "Гиросомоторы"/Сост. В.В. Кудрявцев, И.Е. Глазунов. - Киев: КПИ, 1983.

– раздел 4. "Моментные двигатели"/Сост. В.В. Кудрявцев. - Киев: КПИ, 1983.

– раздел 5. "Индукционные датчики углов поворота"/Сост. В.В. Кудрявцев, В.Н. Попов. - Киев: КПИ, 1984.

– раздел 6. "Шарикоподшипниковые опоры гироскопов", Ч1, 2/ Сост. В.В. Кудрявцев. - Киев: КПИ, 1986.

– раздел 7. "Демпфирующие устройства"/Сост. В.В. Кудрявцев. - Киев: КПИ, 1989.

16. Матвеев В.А., Липатников В.И., Алехин А.В. Проектирование волнового твердотельного гироскопа: Учеб. Пособие для втузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 168 с.

17. Распопов В. Я. Микромеханические приборы. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.

## 7. Додатки

### Додаток 1. Варіанти завдань на курсове проектування

#### Завдання №1

#### Спроекувати гіроскоп напрямку

##### 1. Умовия експлуатації

Гироагрегат может експлуатироваться в следующих условиях:

- При воздействии вибрации в диапазонах частот и виброускорений:
- От 5 до 10 Гц с амплитудой смещения 1 мм.
- От 10 до 30 Гц с амплитудой смещения 0,7 мм.
- От 30 до 50 Гц с амплитудой смещения 0,5 мм.
- От 50 до 300 Гц с перегрузкой от ускорения 5g.

1.1. При воздействии ударного ускорения до 6g при частоте ударных импульсов 40-80 ударов в минуту.

1.2. Допустимые углы крена и тангажа ..... ; .....  $\pm 70^\circ$

##### 2. Технические данные

Гироагрегат имеет следующие технические данные:

- Кинетический момент гиromотора 4000 гссм
- Скорость вращения ротора гиromотора 24000 об/мин
- Дрейф гироскопа в азимуте не превышает:
- Переменная составляющая  $+0,5^\circ/\text{ч}$
- Постоянная составляющая  $+0,5^\circ/\text{ч}$
- ПРИМЕЧАНИЕ: В процессе эксплуатации допускается увеличение постоянной составляющей скорости дрейфа на величину не более 0,8 угл. мин за час работы гироскопа.

##### 3. Скорость согласования:

- Нормальная скорость согласования 2-4°/мин
- Большая скорость согласования Не менее 10°/с

## Завдання №2

Спроекувати акселерометр з сухим підвісом і механічною пружиною.

Вихідні дані для проектування

	Параметр	Позначення	Варіант			
			1	2	3	4
1	Мінімальне вимірюване прискорення	$w_{\eta\min}$ [g]	0,1			
2	Максимальне вимірюване прискорення	$w_{\eta\max}$ [g]	±55			
3	Рівень нульового сигналу	$w_{\eta 0}$ [g]	0 - 5			
4	Динамічна похибка	$\delta_{\text{дин}}$ [%]	0,5			
5	Максимальне відставання по фазі	$\mu$ [°]	5			
6	Максимальні перехресні прискорення	$w_{\xi(\zeta)\max}$ [g]	45			
7	Похибка від перехресного прискорення	$\delta w_{\xi}$ [%]	0,1			
8	Нелінійність вихідної характеристики	$\delta h_{\eta}$ [%]	5			
9	Час виходу на робочий режим	$t_a$ [с]	60			
10	Температурний режим роботи	$t_{c\max}$ [°C]	+60			
		$t_{c\min}$ [°C]	-60			
11	Вага приладу	G[H]	4			
12	Тип датчика переміщень					
	Конструктивна схема*					

Додатково задаються параметри джерел живлення, тип пружного елемента (пружний шарнір\* або торсіон\*\*), тип демфера. В залежності від цього та типу датчика переміщень можливі декілька варіантів побудови приладу:

1. Осьовий акселерометр;
  - з пружним шарніром і індукційним датчиком;
  - з мембранним пружним елементом і ємнісним датчиком.
2. Маятниковий акселерометр;
  - з пружним шарніром;
  - з перехресним пружним шарніром;
  - з автогенераторним датчиком на поверхневих акустичних хвилях.

Перелік питань

1. Вибір конструктивної схеми;
2. Математична модель обраної схеми;
3. Визначення основних параметрів приладу – габаритів, маси ЧЕ;
4. Вибір основних елементів – типу опор, датчика кутів, тощо;
5. Розрахунок основних параметрів – коефіцієнту передачі, демпфірування;
6. Оцінювання складових похибок вимірювача.

### Рекомендована література.

1. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем Ч.Ш. Акселерометры, датчики угловой скорости, интегрирующие гироскопы и гириноинтеграторы./ Коновалов С.Ф., Никитин Е.А., Селиванова Л.М. Под ред. Д.С.Пельпора. Учеб.пособие для вузов. - М.:Высш.школа, 1980.
2. Лук'янов Д.П., Скворцов В.Ю. Мікроакселерометри на періодичних структурах, Навігація і керування рухом, Матеріали II науково-технічної конференції молодих учених, ГНЦ РФ "Електроприлад", 28-31 березня, С-Петербург, С. 82-87, 2000.

### Завдання №3

Спроектувати акселерометр компенсаційного типу.

Вихідні дані для проектування

	Параметр	Позначення	1	2	3
1	Мінімальне вимірюване прискорення	$w_{\eta\min}$ [g]	0,1		
2	Максимальне вимірюване прискорення	$w_{\eta\max}$ [g]	$\pm 55$		
3	Рівень нульового сигналу	$w_{\eta 0}$ [g]	0 - 5		
4	Динамічна похибка	$\delta_{\text{дин}}$ [%]	0,5		
5	Максимальне відставання по фазі	$\mu$ [°]	5		
6	Максимальні перехресні прискорення	$w_{\xi(\zeta)\max}$ [g]	45		
7	Похибка від перехресного прискорення	$\delta w_{\xi}$ [%]	0,1		
8	Нелінійність вихідної характеристики	$\delta h_{\eta}$ [%]	5		
9	Час виходу на робочий режим	$t_a$ [с]	60		
10	Температурний режим роботи	$t_{c\max}$ [°C]	+60		
		$t_{c\min}$ [°C]	-60		
11	Вага приладу	G[H]	4		
12	Тип датчика переміщень				
	Конструктивна схема*				

Додатково задаються параметри джерел живлення, тип підвісу (сухий або гідростатичний) конструктивна схема (осьовий або маятниковий), тип датчика переміщень (ємнісний, індукційний або інший), тип підвісу (шарикопідшипниковий, пружний шарнір\* або торсіон\*\*), тип демпфера. В залежності від цього та типу датчика переміщень можливі декілька варіантів побудови приладу:

1. Осьовий акселерометр;
  - з мембранним пружним елементом і індуктивним датчиком;
  - з мембранним пружним елементом і ємнісним датчиком.
2. Маятниковий акселерометр;
  - з пружним шарніром;
  - з каменевими або ШП підвісами;

Перелік питань

1. Вибір конструктивної схеми;
2. Математична модель обраної схеми;
3. Визначення основних параметрів приладу – габаритів, маси ЧЕ;
4. Вибір основних елементів – типу опор, датчика кутів, тощо;
5. Розрахунок основних параметрів – коефіцієнту передачі, демпфірування;
6. Оцінювання складових похибок вимірювача.

#### Рекомендована література.

1. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем Ч.Ш. Акселерометры, датчики угловой скорости, интегрирующие гироскопы и гироинтеграторы./ Коновалов С.Ф., Никитин Е.А., Селиванова Л.М. Под ред. Д.С.Пельпора. Учеб.пособие для вузов. - М.:Высш.школа, 1980.

2. Лук'янов Д.П., Скворцов В.Ю. Мікроакселерометри на періодичних структурах, Навігація і керування рухом, Матеріали II науково-технічної конференції молодих учених, ГНЦ РФ "Електроприлад", 28-31 березня, С-Петербург, С. 82-87, 2000.

## Завдання №4

Спроекувати гіроскопічний датчик кутової швидкості з механічною пружиною.  
Вихідні дані для проектування

	Параметр	Позначення	Варіант		
			1	2	3
1	Мінімальна вимірювана кутова швидкість	$\omega_{\eta\min}$ [°/с]	0,1		
2	Максимальна вимірювана кутова швидкість	$\omega_{\eta\max}$ [°/с]	±55		
3	Діапазон частот вимірюваної швидк	$F$ [Гц]	0 - 5		
4	Динамічна похибка	$\delta_{дин}$ [%]	0,5		
5	Максимальне відставання по фазі	$\mu$ [°]	5		
6	Максимальна перехресна кутова швидкість	$\omega_{\xi(\zeta)\max}$ [g]	45		
7	Похибка від перехресної кутової швидкості	$\delta\omega_{\xi}$ [%]	0,1		
8	Максимальні прискорення	$a_{\max}$ [g]	5		
9	Час виходу на робочий режим	$t_a$ [с]	60		
10	Температурний режим роботи	$t_{c\max}$ [°C]	+60		
		$t_{c\min}$ [°C]	-60		
11	Вага приладу	$G$ [Н]	4		
12	Габарити	мм			
	Конструктивна схема*				

Додатково задаються параметри джерел живлення, тип пружного елемента (пружний шарнір\* або торсіон\*\*), тип демфера. В залежності від цього можливі 4 варіанти побудови приладу:

3. З сухим шарикопідшипниковим підвісом і магнітоіндукційним демфером;
  - з пружним шарніром;
  - з торсіонним пружним елементом.
4. З гідростатичним підвісом та гідравлічним демфером;
  - з пружним шарніром;
  - з торсіонним пружним елементом.

Перелік питань

1. Вибір конструктивної схеми;
2. Математична модель обраної схеми;
3. Визначення основних параметрів приладу – габаритів, кінетичного моменту;
4. Вибір основних елементів – гіромотора, типу опор, датчика кутів;
5. Розрахунок основних параметрів – коефіцієнту передачі, демпфірування;
6. Оцінювання складових похибок вимірювача.

### Рекомендована література.

1. Гироскопические системы: Элементы гироскопических приборов; Учеб. для вузов по специальности “Гироскопические приборы и устройства”/Е.А.Никитин, С.А.Шестов, В.А.Матвеев; Под ред. Д.С.Пельпора. - 2-е изд., перер. и доп. - М:Высш. шк., 1988. -432 с.
2. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем Ч.Ш. Акселерометры, датчики угловой скорости, интегрирующие гироскопы и гириноинтеграторы./ Коновалов С.Ф., Никитин Е.А., Селиванова Л.М. Под ред. Д.С.Пельпора. Учеб.пособие для вузов. - М.:Высш.школа, 1980.
3. Теория и расчет гироскопических приборов / Одинцов А.А. - Киев: Вища школа, головное издательство, 1986. - 382 с.

## Завдання №5

Спроекувати гіроскопічний датчик кутової швидкості компенсаційного типу.  
Вихідні дані для проектування

1	Параметр	Позначення	Варіант		
			1	2	3
2	Мінімальна вимірювана кутова швидкість	$\omega_{\eta\min}$ [°/с]	0,1		
3	Максимальна вимірювана кутова швидкість	$\omega_{\eta\max}$ [°/с]	±55		
4	Діапазон частот вимірюваної швидк	$F$ [Гц]	0 - 5		
5	Динамічна похибка	$\delta_{дин}$ [%]	0,5		
6	Максимальне відставання по фазі	$\mu$ [°]	5		
7	Максимальна перехресна кутова швидкість	$\omega_{\xi(\zeta)\max}$ [g]	45		
8	Похибка від перехресної кутової швидкості	$\delta\omega_{\xi}$ [%]	0,1		
9	Максимальні прискорення	$a_{\max}$ [g]	5		
10	Час виходу на робочий режим	$t_a$ [с]	60		
11	Температурний режим роботи	$t_{c\max}$ [°C]	+60		
		$t_{c\min}$ [°C]	-60		
12	Вага приладу	$G$ [Н]	4		
	Габарити	мм			
	Конструктивна схема*				

Додатково задаються параметри джерел живлення, тип підвісу (сухий\* або гідростатичний\*\*), тип демпфера. В залежності від цього можливі 3 варіанти побудови приладу:

1. З сухим шарикопідшипниковим підвісом і магнітоіндукційним демпфером;
  2. З гідростатичним підвісом та гідравлічним демпфером;
- з шарикопідшипниковими опорами;
  - з опорами на камнях.

Перелік питань

1. Вибір конструктивної схеми;
2. Математична модель обраної схеми;
3. Визначення основних параметрів приладу – габаритів, кінетичного моменту;
4. Вибір основних елементів – гіромотора, типу опор, датчика кутів;
5. Розрахунок основних параметрів – коефіцієнту передачі, демпфірування;
6. Оцінювання складових похибок вимірювача.

### Рекомендована література.

1. Гироскопические системы: Элементы гироскопических приборов; Учеб. для вузов по специальности "Гироскопические приборы и устройства"/Е.А.Никитин,С.А.Шестов, В.А.Матвеев; Под ред. Д.С.Пельпора. - 2-е изд., перераб. и доп. - М:Высш. шк., 1988. - 432 с.
2. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем Ч.Ш. Акселерометры, датчики угловой скорости, интегрирующие гироскопы и гиринонтеграторы./ Коновалов С.Ф., Никитин Е.А., Селиванова Л.М. Под ред. Д.С.Пельпора. Учеб.пособие для вузов. - М.:Высш.школа, 1980.
3. Теория и расчет гироскопических приборов / Одинцов А.А. - Киев: Вища школа, головное издательство, 1986. - 382 с.

### Завдання №6

Спроекувати гіроскопічний інтегратор лінійних прискорень (ГІІП) системи керування дальністю ракети

Вихідні дані для проектування:

	Параметр	Позначення	Варіант			
			1	2	3	4
1	Похибка вимірювання лінійної швидкості	$\delta V$ [%]	$10^{-4}$			
2	Мінімальне поздовжнє прискорення	$a_{\eta\min}$ [g]	12			
3	Максимальне поздовжнє прискорення	$a_{\eta\max}$ [g]	2			
4	Максимальна лінійна швидкість	$V_{\eta}$ [м/с]	$4 \cdot 10^3$			
5	Максимальне поперечне прискорення	$a_{z\max}$ [g]	2			
6	Час активної частини руху ракети	$t_a$ [с]	200			
7	Параметри кутового руху основи					
8	Кутові коливання відносно поздовжньої осі					
	Амплітуда	$\gamma_{\max}$ [°]	1			
	Частота	$f_{\gamma}$ [Гц]	1			
9	Кутові коливання відносно поперечних осей					
	Амплітуда	$\theta(\psi)_{\max}$ [°]	1,5			
	Частота	$f_{\theta}$ [Гц]	0,2			
10	Вага приладу	G[H]	20			
11	Габарити	мм	120× 100			
	Конструктивна схема*					

Додатково задаються параметри джерел живлення, час виходу на робочий режим, діапазон температур, тощо.

#### Перелік питань

1. Вибір конструктивної схеми;
2. Математична модель обраної схеми;
3. Визначення основних параметрів приладу – масштабного коефіцієнта, добротності;
4. Вибір основних елементів – гіромотора, типу опор, датчика кутів;
5. Розрахунок системи міжрамкової корекції;
6. Оцінювання складових похибок вимірювача.

## Додаток 2. Бланк завдання на курсове проектування

НТУУ “Київський політехнічний інститут”  
Кафедра приладів і систем орієнтації та навігації

Дисципліна	<u>Проектування приладів і систем</u>	
Спеціальність –	Прилади і системи орієнтації і навігації	
Курс V	Група ПГ-71	Семестр 9

### ЗАВДАННЯ на курсовий проект студента Маринкевич Іван Анатолійович

1. Тема проекту **Малогабаритна гіровертикаль**

---

2. Строк здачі студентом закінченого проекту 25.12.2011

3. Вихідні дані до проекту

Кінетичний момент  $H=0,2$  Нмс; Датчики дистанційного виходу – СКТ 232; Датчики моментів – двофазні індукційні; Датчики горизонту – типу ДЖМ або мікро акселерометр-нахиломір. Параметри руху основи: Швидкість до 200 м/с; широта  $30 - 60^\circ$ ; Хитавиця основи з частотою до 3 1/с, амплітудою до  $5^\circ$ ; максимальні прискорення до  $3 \text{ м/с}^2$ ; віраж з кутовою швидкістю до 0,1 1/с.

---

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

1. Аналіз схем побудови ГВ.
2. Математична модель ГВ з узагальненою системою корекції.
3. Порівняльний аналіз похибок ГВ з двома типами корекції.
4. Вибір основних елементів та вузлів.
5. Розрахунок точності приладу.
6. Математичне моделювання основних режимів роботи ГВ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Кінематична і електрична схеми ГВ;
  2. Креслення загального виду;
  3. Креслення основних вузлів та деталей;
  4. Ілюстративний матеріал.
- Загалом 4 – 5 арк. ф. А1.

Дата видачі завдання " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2011 р.



## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

п	Назва етапів курсового проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
	Ознайомлення з учбовою та науково-технічною літературою	до 30.09	
	Аналіз схем побудови гіроветикалей	до 15.10	
	Вибір схеми гіровертикалі і розрахунок параметрів систем корекції	до 01.12	
	Вибір параметрів підвісу	до 15.12	
	Оформлення текстової документації	до 20.12	
	Оформлення конструкторської документації	до 25.12	

### Рекомендована література

Теория и расчет гироскопических приборов / Одинцов А.А. - Киев: Вища школа, головное издательство, 1986. - 382 с.
Методические указания по составлению дифференциальных уравнений движения гироскопических систем. / Составители Лазарев Ю.Ф., Бондарь П.М. - Киев: КПИ, 1985. - 84 с.
Теория гироскопов и гироскопических приборов. Практикум./ Одинцов А.А. и др. Под ред. Б.А. Рябова. - Киев: Вища школа, головное издательство, 1976. - 264 с.
Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем, ч. I. Системы ориентации и навигации. М., "Высшая школа", 1977, 216 с.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2011 р.

### Додаток 3. Титульний лист пояснювальної записки

Форма № Н-6.01

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра приладів і систем орієнтації та навігації  
(повна назва кафедри, циклової комісії)

### КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни "Проектування приладів і систем"  
(назва дисципліни)

на тему: \_\_\_\_\_  
(тема проекту)

Студента V курсу групи ПГ-81  
напряму підготовки 051003 -  
приладобудування спеціальності  
6. 05100303 – прилади і системи  
орієнтації та навігації

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_

Члени комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ - 2013 рік