

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет авіаційних і космічних систем**

ЗАТВЕРДЖУЮ

декан факультету

авіаційних і космічних систем
(назва інституту/факультету)

_____ О.В. Збруцький
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2017 р.

_____ О.В. Збруцький
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 20__ р.

Курсовий проект ПП.В.21/3
(код кредитного модуля)

з навчальної дисципліни ЧУТЛИВІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ
КЕРУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ
(назва навчальної дисципліни)

**РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля**

підготовки першого (бакалаврського) рівня
(назва рівня вищої освіти)

напряму (спеціальності) 6.051103 "Авіоніка" (173 "Авіоніка")
(шифр і назва)

програми професійного спрямування (спеціалізації) "Системи
керування літальними апаратами та комплексами"
(назва)

форми навчання денна _____
(денна/заочна)

Ухвалено методичною комісією
факультету авіаційних і
космічних систем
(назва інституту/факультету)

Протокол від _____ 20__ р. № _____

Голова методичної комісії

_____ Ю.В. Бобков
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 20__ р.

Київ – 2017

Робоча програма курсового проекту складена відповідно до програми навчальної дисципліни Чутливі елементи систем керування літальних апаратів
(назва навчальної дисципліни)

для студентів за напрямом підготовки 6.051103 "Авіоніка", програми професійного спрямування (спеціалізації) "Системи керування літальними апаратами та комплексами", рівня вищої освіти першого (бакалаврського), за денною формою навчання.

Розробник робочої програми:

доцент, к.т.н., доцент Черняк М.Г.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри приладів та систем керування літальними апаратами
(повна назва кафедри)

Протокол від « 14 » 06 20 17 року № 11

В.о. завідувача кафедри

В.В. Сухов
(ініціали, прізвище)

« » 20 17 р.

© НТУУ «КПІ», 20 17 рік

© НТУУ «КПІ», 20 рік

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань <u>0511 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (шифр і назва)	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>Чутливі елементи систем керування літальних апаратів</u>	Форма навчання <u>денна</u> (денна / заочна)
Напрямок підготовки <u>6.051103 Авіоніка</u> (шифр і назва)	Кількість кредитів ECTS <u>1,5</u>	Статус кредитного модуля за вибором <u>ВНЗ</u> (нормативний або за вибором ВНЗ/студентів)
Спеціальність <u>8.05110302, 7.05110302 Системи керування літальними апаратами та комплексами</u> (шифр і назва)		Цикл до якого належить кредитний модуль професійної та практичної підготовки <u>підготовки</u>
Спеціалізація _____ (назва)		Рік підготовки _____ <u>4</u> _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень <u>бакалавр</u>		Семестр _____ <u>7</u> _____
	Загальна кількість годин <u>45</u>	Практичні ¹ _____ год.
	Тижневих годин: аудиторних – _____ СРС – <u>2,5</u>	Самостійна робота <u>45</u> год
		Вид та форма семестрового контролю _____ (екзамен / залік / диф. залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Кредитний модуль “ Чутливі елементи систем керування літальних апаратів-3. Курсове проектування ” дисципліни “ Чутливі елементи систем керування літальних апаратів ” формує практичні знання та навички студентів з самостійного проектування за відповідним технічним завданням (ТЗ) сучасних чутливих елементів (ЧЕ) систем керування літальними апаратами (СК ЛА) таких, як мікромеханічні акселерометри (ММА), лазерні гіроскопи, низькочастотні лінійні акселерометри (НЛА) прямого виміру (ПВ) та компенсаційного типу (КНЛА) на

різних фізичних принципах дії, для використання в різних за призначенням в системах навігації, орієнтації, стабілізації та керування рухом літальних апаратів (ЛА).

Вивчення кредитного модуля базується на знаннях, отриманих студентами з курсів вищої математики (МПН.Н.04), фізики (МПН.Н.08), технічної механіки (МПН.Н.07), опору матеріалів (ПП.В.20), електротехніки (ПП.Н.09), теорії автоматичного керування (МПН.Н.06), електроніки і основ схмотехніки (ПП.Н.02), метрології, стандартизації та сертифікації (ПП.Н.06), інформаційно-вимірювальних пристроїв (ПП.Н.03), мікроконтролерних обчислювачів (ПП.Н.07), а також з кредитних модулів “ Чутливі елементи систем керування літальних апаратів-1. Теорія гіроскопів. Гіроскопічні чутливі елементи.” (ПП.В.21/1) та “ Чутливі елементи систем керування літальних апаратів-2. Акселерометри. Лазерні гіроскопи ” (ПП.В.21/2).

Успішне виконання курсового проекту підготовлює студентів до самостійного виконання дипломного проекту за напрямом підготовки 6.051103 “Авіоніка”.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- розробляти конструкції, розрахункові математичні моделі, кінематичні, структурні, функціональні та принципальні схеми ЧЕ СКЛА та їх базових функціональних вузлів на різних фізичних принципах дії за заданими технічними вимогами до них;

- застосовувати знання єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) для розробки відповідних креслень, схем та текстових конструкторських документів (пояснювальна записка) ЧЕ СКЛА за заданими технічними вимогами до них;

- проектувати відповідно до вимог ЄСКД (стадія проектування "ескізне проектування") ЧЕ СКЛА що розробляється за заданими технічними вимогами до нього;

- продуктивно виконувати дипломний проект за напрямом підготовки 6.051103 “Авіоніка” та відповідні наступні курсові проекти спеціальностей 8.05110303 і 7.05110302 “Системи керування літальними апаратами та комплексами”.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- вимог ЄСКД до конструкторських документів стадії розробки виробу "ескізне проектування";

- базових конструкцій, варіантів побудови функціональних та принципальних схеми сучасних ЧЕ СКЛА, які є аналогами виробу, що розробляється за технічними вимогами до нього;

– методів розрахунку ЧЕ СКЛА та їх функціональних вузлів за технічними вимогами до них;

– методів проектування ЧЕ СКЛА та їх функціональних вузлів за технічними вимогами до них;

уміння:

– розробляти, відповідно до вимог ЄСКД (стадія розробки виробу "ескізне проектування") з використанням програм комп'ютерного проектування, креслення загального вигляду, кінематичні, структурні, функціональні та принципальні схеми ЧЕ СКЛА та їх базових функціональних вузлів на різних фізичних принципах дії за заданими технічними вимогами до них;

– розраховувати конструктивні параметри та здійснювати проектування пружних чутливих елементів (ПЧЕ), вторинних перетворювачів (ВтП), вимірювальних ланок ВтП та нормуючих ланцюгів ЧЕ СКЛА (на операційних підсилювачах) ЧЕ СКЛА на різних фізичних принципах дії та різних за призначенням, оформлювати ці розрахунки, відповідно до вимог ЄСКД, у вигляді пояснювальної записці до курсового проекту;

- здійснювати публічний захист виконаної розробки у межах вимог ЄСКД (стадія розробки виробу "ескізне проектування");

досвід:

- розрахунку та проектування ЧЕ СКЛА на різних фізичних принципах дії та різних за призначенням відповідно до вимог ЄСКД (стадія розробки виробу "ескізне проектування");

– практичного виконання відповідно до вимог ЄСКД конструкторських (креслення загального вигляду виробу та його складових частин, схем функціональної, структурної, принципальної виробу та його складових частин, креслень найбільш відповідальних деталей виробу) та текстових (пояснювальна записка проекту) документів відповідно до вимог технічного завдання на проектування;

– самостійної роботи з патентною, технічною, навчально-методичною та довідковою літературою в галузі об'єкту розробки відповідно до вимог технічного завдання на проектування.

Технічне завдання (ТЗ) на курсовий проект (КП) передбачає розробку, за заданими викладачем технічними вимогами, ЧЕ СКЛА, або дослідження, за заданими викладачем вимогами, математичних або метрологічних моделей ЧЕ СКЛА.

Курсовий проект є базовим проектом для підготовки бакалаврського дипломного проекту. Тематика курсового проекту має бути узгоджена з тематикою дипломного проекту бакалавра. Завдання на курсовий проект за обсягом виконаної розробки повинно складати не менше 40 ... 50 відсотків від обсягу розробки передбаченої завданням на дипломний проект бакалавра.

Для виконання курсового проекту як консультанти залучаються керівники дипломних проектів бакалаврів.

3. Графік виконання курсового проекту

Тиждень семестру	Назва етапу роботи	Навчальн. час	
		Ауд ² .	СРС
1	Отримання теми КП та технічного завдання на КП. Обговорення та підписання ТЗ на КП.		2
2	Аналіз патентної інформації та науково-технічної літератури за темою КП. Вибір принципу його дії, базової конструкції та функціональної схеми ЧЕ СКЛА, що розробляється відповідно до вимог ТЗ.		4
3	Виконання розділу 1 КП "Вибір та обґрунтування варіанту побудови ЧЕ СКЛА що розробляється". Здача 1 розділу КП на перевірку викладачу-керівнику КП.		4
4	Розробка першого варіанту креслення загального вигляду (КЗВ) та схеми функціональної (СхФ) ЧЕ СКЛА що розробляється. Погодження з керівником КП КЗВ та СхФ.		5
5	Виконання необхідних за вимогами ТЗ розрахунків ЧЕ СКЛА що розробляється та вибір на підставі цих розрахунків конструктивних параметрів базових функціональних вузлів ЧЕ СКЛА (первинного перетворювача (ПП), вторинного перетворювача (ВтП), вимірювальної ланки (ВЛ), нормуючого перетворювача (НП)).		8
6	Виконання розділу 2 КП "Розрахунки, які підтверджують працездатність ЧЕ СКЛА що розробляється ". Здача 2 розділу КП на перевірку викладачу-керівнику КП.		6
7	Виконання необхідних за вимогами ТЗ розрахунків точності вимірювання ЧЕ СКЛА що розробляється		4
8	Виконання розділу 3 КП "Розрахунок точності вимірювання ЧЕ СКЛА що розробляється ". Здача 3 розділу КП на перевірку викладачу-керівнику КП.		4
9	Доробка креслення загального вигляду та схеми функціональної ЧЕ СКЛА що розробляється. Розробка вказаних в ТЗ креслень вузлів та деталей. Підготовка КП до захисту		8

² Якщо планується.

4. Перелік тем

Приблизний перелік тем курсових проектів, які рекомендовано до розробки:

1. Датчик кутової швидкості з пружним підвісом гіродвигуна
2. Компенсаційний датчик кутової швидкості з пружним підвісом гіродвигуна
3. Дослідження методів підвищення швидкодії датчика кутової швидкості з пружним підвісом гіродвигуна
4. Датчик кутової швидкості на роторному вібраційному гіроскопі
5. Синтез зворотнього зв'язку датчика кутової швидкості на ДНГ з розширеною полосою пропускання
6. Вібраційний стрижневий датчик кутової швидкості
7. Вібраційний датчик кутової швидкості з поступальним рухом інерційної маси
8. Розробка та комп'ютерне проектування ДНГ
9. Розробка та ідентифікація параметрів моделі похибок ДНГ в нестационарному тепловому полі
10. Методи та засоби випробувань мікромеханічного гіроскопа
11. Мікроелектронний ємнісний НЛА ПВ середньої точності
12. Мікроелектронний тензорезисторний НЛА ПВ середньої точності
13. Мікроелектронний електростатичний компенсаційний НЛА
14. Автогенераторний п'єзореzonансний на ОАХ НЛА ПВ високої точності
15. Автогенераторний п'єзореzonансний на ПАХ НЛА ПВ середньої точності
16. Прецизійний маятниковий компенсаційний НЛА з кварцевим ПП і магнітоелектричним ЗКП
17. Прецизійний осьовий компенсаційний НЛА з кремнієвим ПП і магнітоелектричним ЗКП
18. Стенд для градуювання прецизійних НЛА методом повороту в гравітаційному полі Землі
19. Мультисенсорний акселерометричний датчик лінійного прискорення та кутової швидкості
20. Акселерометричний датчик кутів крену і тангажу нерухомої платформи
21. Моноблок ЛГ з квадратним резонатором, що утворений двома плоским та двома сферичними дзеркалами
22. Гауссів пучок в квадратному резонаторі ЛГ з двома плоским та двома сферичними дзеркалами
23. Моноблок ЛГ з трикутним рівнобічним резонатором, що утворений одним сферичним та двома плоскими дзеркалами
24. Гауссів пучок в трикутному рівнобічному резонаторі ЛГ з одним сферичним та двома плоскими дзеркалами
25. Аналіз і числові оцінки основних складових зміщення нуля ЛГ
26. Аналіз і числові оцінки параметрів зони синхронізації зустрічних хвиль ЛГ
27. Аналіз і числові оцінки параметрів вихідної характеристики рівномірно обертового ЛГ
28. Аналіз і числові оцінки параметрів вихідної характеристики вібруючого ЛГ (із зашумленням амплітуди коливань моноблока)

29. Аналіз і числові оцінки напівширин зон динамічної синхронізації на вихідній характеристиці вібруючого ЛГ

30. Побудова вихідної характеристики вібруючого ЛГ на основі комп'ютерного моделювання.

Вихідні дані яким повинен задовольняти ВП що розробляється наводяться в ТЗ на виконання курсового проекту.

5. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтингова оцінка студента з курсового проекту має дві складові

$$RD = R_C + R_3 ,$$

де: R_C – стартова складова, характеризує роботу студента з курсового проектування та її результат – якість пояснювальної записки та графічного матеріалу; R_3 – складова, яка характеризує якість захисту студентами курсового проекту. Розмір шкали кожної складовій оцінки RD дорівнює 50 балам.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання:

1. Стартова складова R_C .

Критерії оцінювання складових, що формують R_C :

- сучасність та обґрунтованість вибраного напряму розробки, якість та відповідність завданню на проектування прийнятих технічних рішень - 20...12 балів;
- повнота та якість виконання розрахункової частини КП, якість оформлення пояснювальної записки (включно відповідність її оформлення вимогам нормативних документів) – 15...9 балів;
- повнота та якість виконання графічної частини КП, якість оформлення креслень та схем (включно відповідність їх оформлення вимогам ЕСКД) – 10...6 балів;
- своєчасність виконання графіку роботи з курсового проектування – 5...3 балів.

Студент отримує мінімальну кількість балів з кожної складовій оцінки R_C якщо за цією складовою якість та повнота виконаних робіт складає не менше ніж 60% від тій, за яку надається максимальна кількість балів. Якщо якість та повнота виконаних робіт за певну складову оцінки R_C складає менше ніж 60%, то за цією складовою надається 0 балів.

Умовою допуску до захисту КП є стартова складова $R_C \geq 25$ балів (стартовий рейтинг студента).

2. Складова захисту курсового проекту R_3 .

Критерії оцінювання складових, що формують R_3 :

- ступінь та якість володіння матеріалом курсового проекту – 15...9 балів;
- повнота та сучасність технічних знань за напрямом курсового проектування, отриманих студентом з різних джерел при виконанні КП (надбаний технічний кругозір студента за напрямом КП) - 15...9 балів;
- вміння захищати та технічно обґрунтувати свою думку - 15...9 балів;
- вміння логічно відповідати на фахові запитання викладача та аудиторії - 5...3 балів;
- вихід на захист КП після вказаного в завданні на проектування строку – мінус 5...3 балів.

Студент отримує мінімальну кількість балів з кожної складовій оцінки R_3 (окрім остатній), якщо за цією складовою якість та повнота виконання критерію складає не менше ніж 60% від тій, за яку надається максимальна кількість балів. Якщо якість та повнота виконання певного критерію складає менше ніж 60%, то за цією складовою надається 0 балів.

Студент отримує мінімальну кількість балів з кожної складовій оцінки R_C якщо за цією складовою якість та повнота виконаних робіт складає не менше ніж 60% від тій, за яку надається максимальна кількість балів. Якщо якість та повнота виконаних робіт за певну складову оцінки R_C складає менше ніж 60%, то за цією складовою надається 0 балів.

Рейтингова оцінка студента з курсового проекту, як сума балів двох відповідних складових переводиться до залікової оцінки за університетською шкалою згідно з таблицею

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

6. Методичні рекомендації

Курсовий проект може бути виконаний за одною комплексною темою бригадою з двох студентів, при цьому в загальній пояснювальній записці КП повинна бути відображена частка КП, що зроблена кожним студентом.

Звітний матеріал по курсовому проекту складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Об'єм пояснювальної записці: 20 – 25 сторінок, якщо КП виконується студентом окремо; 30 – 35 сторінок, якщо КП виконується за одною комплексною темою бригадою.

Об'єм графічної частини:

– для курсового проекту з розробки ВП – 2 листа конструкторських документів формату А-1 (креслення загального виду ВП – 1 лист, схема функціональна – 0.5 листа, креслення вузлів та деталей – 0.5 листа);

– для курсового проекту з дослідження ВП – 2 листа схем і плакатів формату А-1. Можливо, за рішенням керівника КП, заміна окремих креслень і схем на плакати.

Захист курсового проекту здійснюється публічно на практичних заняттях згідно графіку, розробленому викладачем. Усі студенти навчальної групи приймають участь у обговоренні матеріалів кожного КП, що захищається.

Інформаційно-методичне забезпечення кредитного модуля включає: опис кредитного модуля; положення про рейтингову систему оцінки успішності студентів з кредитного модуля; інструктивно-методичні матеріали для виконання курсового проекту у вигляді електронних копій підручників, посібників, та інших матеріалів.

7. Рекомендована література

7.1. Базова

- 1.1. Осадчий Е.П., Тихонов В.Н. и др. Проектирование датчиков для измерения механических величин/Под ред. Осадчего Е.П./–М.: Машиностроение, 1979.–450с.
- 1.2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин: измерительные преобразователи. Учебное пособие для вузов.–Л.: Энергоатомиздат, 1983.–320с.
- 1.3. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи.–Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1981.–296с.
- 1.4. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов.–М.: Машгиз, 1962.–
- 1.5. Аш Ж. и соавторы. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах. Кн.1. Пер. с Франц.–М.: Мир, 1992.–480с.
- 1.6. Аш Ж. и соавторы. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах. Кн.2. Пер. с Франц.–М.: Мир, 1992.–424с.
- 1.7. Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители: Справочное пособие по применению.–М.: Энергоатомиздат, 1982.–128с.
- 1.8. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики.–2-е изд. перераб. и доп.–М.: Энергоатомиздат, 1989.–272с.
- 1.9. Державні стандарти системи "Єдиної системи конструкторської документації".
- 1.10. Інформаційно-вимірювальні пристрої: методичні вказівки до курсового проектування/ Укл. М.Г.Черняк, О.М.Бондаренко.–К.: НТУУ"КПІ", 2012. -58с.

7.2. Допоміжна

- 2.1. Справочник конструктора точного приборостроения/Под общ. ред. К.Н.Явлинского, Б.П.Тимофеева, Е.Е.Чаадаевой.–Л.:Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.–729с.
- 2.2. Державні стандарти системи "Єдиної системи технологічної документації".

8. Інформаційні ресурси

1. Нормативно-технічна документація, навчальна та спеціальна література з інформаційно-вимірювальних пристроїв та систем керування [Електронні ресурси] – Режим доступу: [http:// antic-r.narod.ru/doc.htm](http://antic-r.narod.ru/doc.htm) .
2. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. –М.: ИНФРА-М, 2012. -256 с.-Режим доступа: <http://znanium.com> /-Загл. с экрана.

3. Ревенков, А.В. Теория и практика решения технических задач [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Ревенков, Е.В. Резчикова. -2 е изд., испр. и доп. М.:Форум, 2009.-384 с. -Режим доступа: <http://znanium.com> /-Загл. с экрана.
- 4.Сизиков, В.С. Обратные прикладные задачи и MatLab [Электронный ресурс] / В.С.Сизиков // 1-е изд., 2011. –256 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/> -Загл. с экрана

ДОДАТКИ:

1. Додаток А. Положення про рейтингову систему оцінки успішності студентів з кредитного модуля “ Чутливі елементи систем керування літальних апаратів-4. Курсове проектування ”.