

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної ради  
фізико-технічного факультету

 Олександр ЗОЛОТЬКО

« 14 » 06 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ВК 3 Орієнтація та стабілізація космічних літальних апаратів  
шифр і повна назва навчальної дисципліни

для здобувачів вищої освіти

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

вид дисципліни вибіркова

навчальний рік 2022 /2023

Розробник (-и) Кулабухов А.М., доц. каф. КБКІТ, к.т.н., доц.  
вказати розробників: ПІБ, посада, науковий ступінь, вчене звання

  
підпис

Робоча програма схвалена на засіданні кафедри КБКІТ  
Протокол від « 17 » 05 2023 року № 8

Ухвалено на засіданні науково-методичної ради факультету ФТФ  
Протокол від « 14 » 06 2023 року № 4

### Опис навчальної дисципліни

Навчальний рік викладання дисципліни	Курс	Семестр	Підсумковий контроль				Індивідуальні завдання		Кредитів ЕСТS	Обсяг роботи студента (години)						
			екзамен	диф.залік	залік	курсова робота	форма	кількість		аудиторні					самостійна робота	
										всього	всього аудиторних	лекції	практичні заняття	семінарські заняття		лабораторні заняття
2022/23	2	3		+			АО	1	5	150	54	36	18			96

#### 1. Мета дисципліни.

вивчення принципів орієнтації і стабілізації космічних літальних апаратів.

#### 2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни.

немає

#### 3. Результати навчання за дисципліною.

№	Результати навчання за дисципліною	Номери тем
1	<b>Знати:</b> - принципи побудови систем орієнтації і стабілізації космічних літальних апаратів; - системи координат, що використовуються при опису кутового руху космічних літальних апаратів; - математичні методи опису руху космічних літальних апаратів; - методи аналізу характеристик кутового руху космічних літальних апаратів; - методи і засоби забезпечення точності орієнтації і стабілізації систем керування кутової орієнтації та стабілізації.	1.1 – 1.3, 2.1 – 2.3 3.1 3.2 – 3.4 3.2 – 3.4 3.5
2	<b>Вміти:</b> - складати математичні моделі кутового руху космічних літальних апаратів; - будувати структурні і функціональні схеми систем керування кутової орієнтації та стабілізації (СКОС) космічних апаратів (КА); - обирати датчики і виконавчі органи СКОС КА у відповідності до вимог технічного завдання; - визначати алгоритми керування СКОС; - аналізувати якість параметрів кутового руху КА	3.1 – 3.4 2.1 – 2.3 2.3 2.3 3.5

#### 4. Структура навчальної дисципліни.

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				
		лекції	практичні заняття	семінарські заняття	лабораторні заняття	самостійна робота
<b>3 семестр</b>						
<b><i>Розділ 1. Принципи побудови КА</i></b>						
1	Тема 1.1 Основні характеристики космічних апаратів (КА). Класифікація КА. Умови експлуатації КА.	2				8
2	Тема 1.2 Структура КА. Класифікація КА за функціональними, масо габаритними, інформаційними характеристиками, характеристиками орбіт, складу систем. Корисне навантаження і службові системи	2	2			6
3	Тема 1.3 Службові системи: система керування, система кутової орієнтації і стабілізації (СКОС), система енергозабезпечення, апаратура супутникової навігації, командна, телеметрична і інформаційна радіолінії	4				8
<b><i>Розділ 2. Класифікація і структура СКОС</i></b>						
	Тема 2.1 Основні завдання системи керування ЛА. Структура системи керування орієнтації і стабілізації (СКОС).	2	2			8
	Тема 2.2 Класифікація СКОС. Пасивні і активні СКОС, принцип дії. Вимоги до СКОС.	2	4			8
	Тема 2.3 Структура СКОС, датчики, виконавчі органи. Режими роботи СКОС. Алгоритми керування	4	2			10
<b><i>Розділ № 3. Опис руху КА</i></b>						
	Тема 3.1 Системи координат, їх призначення для опису руху КА	4	2			8
	Тема 3.2 Сили і моменти, що діють на КА. Збуджений і незбуджений рух	4	2			10
	Тема 3.3 Особливості умов експлуатації КА. Фактори космічного простору	6				10
	Тема 3.4 Кутовий рух космічного апарату. Модель гравітаційного поля Землі. Модель магнітного поля Землі. Рівняння руху КА	4	2			10
	Тема 3.5 Методи забезпечення якості параметрів кутового руху КА	2	2			8
<b>Всього</b>		<b>36</b>	<b>18</b>			<b>96</b>

### Тематика практичних / семінарських / лабораторних занять

№ Теми	Тематика (назва) практичного/ семінарського/ лабораторного/заняття	Кількість годин	Рекомендована література (№ з переліку)
<i>Розділ 1.</i>			
Тема 1.2	Структура КА. Класифікація КА за функціональними, масо габаритними, інформаційними характеристиками, характеристиками орбіт, складу систем. Корисне навантаження і службові системи	2	1, 2
<i>Розділ 2.</i>			
Тема 2.1	Структура системи керування орієнтації і стабілізації (СКОС).	2	1, 2, 4, 5
Тема 2.2	Класифікація СКОС. Пасивні і активні СКОС, принцип дії. Вимоги до СКОС	4	1, 2, 4, 5
Тема 2.3	Структура СКОС, датчики, виконавчі органи. Режими роботи СКОС. Алгоритми керування	2	1, 2, додаткова 1 - 6
<i>Розділ 3.</i>			
Тема 3.1	Системи координат, їх призначення для опису руху КА	2	1, 2
Тема 3.2	Сили і моменти, що діють на КА. Збуджений і незбуджений рух	2	1, 2, 5
Тема 3.4	Кутовий рух космічного апарату Рівняння руху КА	2	1, 2
Тема 3.5	Методи забезпечення якості параметрів кутового руху КА	2	1, 2, 5
<b>Всього годин</b>		<b>18</b>	<b>-</b>

### Тематика самостійної роботи

№ Теми	Тема самостійної роботи	Кількість годин	Рекомендована література (№ з переліку)
Тема 1.1	Основні характеристики космічних апаратів (КА). Класифікація КА. Умови експлуатації КА.	8	1
Тема 1.2	Структура КА. Класифікація КА за функціональними, масо габаритними, інформаційними характеристиками, характеристиками орбіт, складу систем. Корисне навантаження і службові системи	6	1, 2
Тема 1.3	Службові системи: система керування, система кутової орієнтації і стабілізації (СКОС), система енергозабезпечення, апаратура супутникової навігації, командна, телеметрична і інформаційна радіолінії	8	1, 2, 3
Тема 2.1	Основні завдання системи керування ЛА. Структура системи керування орієнтації і стабілізації (СКОС).	8	1, 2,
Тема 2.2	Класифікація СКОС. Пасивні і активні СКОС, принцип дії. Вимоги до СКОС.	8	1, 2

Тема 2.3	Структура СКОС, датчики, виконавчі органи. Режими роботи СКОС. Алгоритми керування	10	1, 2, 4, 5, 6 додаткова 1 - 6
Тема 3.1	Системи координат, їх призначення для опису руху КА	8	1, 2, 5
Тема 3.2	Сили і моменти, що діють на КА. Збуджений і незбуджений рух	10	1, 2
Тема 3.3	Особливості умов експлуатації КА. Фактори космічного простору	10	1, 2
Тема 3.4	Кутовий рух космічного апарату. Модель гравітаційного поля Землі. Модель магнітного поля Землі. Рівняння руху КА	10	1, 2
Тема 3.5	Методи забезпечення якості параметрів кутового руху КА	8	1, 2, 4, 5, 6
<b>Всього годин</b>		<b>96</b>	-

## 5. Схема формування оцінки.

### 5.1 Шкала відповідності оцінювання:

Відмінно/Excellent	Зараховано/Passed	90-100
Добре/Good		82-89
		75-81
Задовільно/Satisfactory		64-74
Незадовільно/Fail	Не зараховано/Fail	60-63
		0-59

### 5.2 Форми та організація оцінювання:

#### Поточний контроль:

Форма оцінювання	Строки проведення оцінювання (тижні викладання)	Максимальна кількість балів
Виконання завдання 1	2-4	20
Виконання завдання 2	4-6	20
Виконання завдання 3	6-12	20
Виконання завдання 4	12-18	20
Аналітичний огляд	12-16	20
<b>Максимальна кількість балів за поточне оцінювання</b>		<b>100</b>

#### Семестровий контроль:

Форма оцінювання	Максимальна кількість балів
Диференційований залік	100

### 5.3 Критерії оцінювання:

<b>Критерії оцінювання знань здобувачів*</b>	
<b>Форма 1 (завдання 1)</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>
18 - 20	<i>Завдання виконано повністю з встановленими вимогами у визначені термінами і належним чином оформлено</i>
15 - 17	<i>Методичне матеріал використано вірно, але маютья незначні помилки отриманих результатів, або представлені з незначним відхиленням від встановлених термінів</i>
12 -14	<i>Завдання виконано повністю, але з суттєвим відхиленням від встановлених термінів, або маютья помилки в розрахунках, які привели до суттєвих відхилень від правильного рішення.</i>
1 - 13	<i>Завдання виконано частко, і не належним чином оформлено.</i>
<b>Форма 2 (завдання 2)</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>
18 - 20	<i>Завдання виконано повністю з встановленими вимогами у визначені термінами і належним чином оформлено</i>
15 - 17	<i>Методичне матеріал використано вірно, але маютья незначні помилки отриманих результатів, або представлені з незначним відхиленням від встановлених термінів</i>
12 -14	<i>Завдання виконано повністю, але з суттєвим відхиленням від встановлених термінів, або маютья помилки в розрахунках, які привели до суттєвих відхилень від правильного рішення.</i>
1 - 13	<i>Завдання виконано частко, і не належним чином оформлено.</i>
<b>Форма 3 (завдання 3)</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>
18 - 20	<i>Завдання виконано повністю з встановленими вимогами у визначені термінами і належним чином оформлено</i>
15 - 17	<i>Методичне матеріал використано вірно, але маютья незначні помилки отриманих результатів, або представлені з незначним відхиленням від встановлених термінів</i>
12 -14	<i>Завдання виконано повністю, але з суттєвим відхиленням від встановлених термінів, або маютья помилки в розрахунках, які привели до суттєвих відхилень від правильного рішення.</i>
1 - 13	<i>Завдання виконано частко, і не належним чином оформлено.</i>
<b>Форма 4 (завдання 4)</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>
18 - 20	<i>Завдання виконано повністю з встановленими вимогами у визначені термінами і належним чином оформлено</i>
15 - 17	<i>Методичне матеріал використано вірно, але маютья незначні помилки отриманих результатів, або представлені з незначним відхиленням від встановлених термінів</i>
12 -14	<i>Завдання виконано повністю, але з суттєвим відхиленням від встановлених термінів, або маютья помилки в розрахунках, які привели до суттєвих відхилень від правильного рішення.</i>
1 - 13	<i>Завдання виконано частко, і не належним чином оформлено.</i>

<b>Форма 5 (аналітичний огляд)</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>
18 - 20	<i>АО повністю розкриває тему, виконане з встановленими вимогами у визначені термінами і належним чином оформлено</i>
15 - 17	<i>АО в основному розкриває тему, але мають незначні помилки отриманих результатів, або представлені з незначним відхиленням від встановлених термінів</i>
12 - 14	<i>АО розкриває тему частково з суттєвим відхиленням від встановлених термінів.</i>
1 - 13	<i>АО виконано частко, і не належним чином оформлено.</i>

\* (за кожною формою оцінювання, зазначеною у п. 5.2)

## **6. Методи навчання, інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна:**

### **Методи навчання:**

Дисципліна включає викладення матеріалу на лекціях, практичне розв'язання задач, самостійну роботу студента з оформленням матеріалів за встановленими стандартами і їх захисту у формі відповіді на питання викладача. Контакт викладача зі студентом у формі відповіді на питання студентів на лекційних заняттях і відповіді студентів при рішенні практичних завдань..

### **Інструменти та обладнання:**

Експериментальне обладнання комплексу систем керування літальних апаратів, ауд. 507, корпус 10.

### **Програмне забезпечення:**

Програмні продукти офісу 365, САПР кімнати 515

## **7. Рекомендована література:**

### **Основна:**

1. Космічні літальні апарати. Введення в ракетно-космічну техніку: Навч. посібник із грифом МОНУ / Ю.Ф. Данієв Ю.Ф., А.В. Демченко, В.С. Зевако, А.М. Кулабухов, В.В. Хуторний; Під заг. ред. д-ра техн. наук, проф. О.М. Петренко Д.: АРТ-ПРЕС, 2007. – 456 с.
2. Алексеев, Ю. С. Проектування систем керування об'єктів ракетно-космічної техніки. Т. 2. Проектування систем керування космічних апаратів та модулів орбітальних станцій: підручник / Ю. С. Алексеев, Є. В. Білоус, Г. В. Беляєв та ін / під заг. ред. Ю. С. Алексеева, Ю. М. Златкіна, В. С. Кривцова, А. С. Кулика, В. І. Чумаченко. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», НВП Хартрон-Аркос, 2012. - 680 с.
3. Проектування цифрових автоматів і мікропроцесорних систем керування: Навч. посіб. / А.М. Кулабухов, В.О. Ларін, М.О. Якушкін. – Д.: РВВ ДНУ, 2005. – 132 с. (гриф “Рекомендовано Міністерством освіти і науки України”).
4. О.А. Гребенкіна, А.М. Кулабухов Енергоэффективні методи керування кутовим положенням малих космічних апаратів Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. – 2022. – Вип. 25. – №4. – Т. 30. – С. 152-157 DOI: 10.15421/452210.
5. P. Zheliabov, E. Lapkhanov, D. Faizullin, A. Kulabukhov, K. Hiraki Electromagnetic Stabilization System Algorithm During Energy Restriction Mode for the Near-Symmetric Satellites // International Review of Aerospace Engineering (I.RE.AS.E), Vol. 15, N. 1 ISSN 1973-7459 February 2022. – P. 62 – 70

**Додаткова:**

1. Малий М.С., Рахматов М.О., Гребенкіна О.А., Кулабухов А.М. Датчик горизонту космічного апарату // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: зб. наук. праць Дніпровського національного ун-ту ім. Олеся Гончара. - 2018. - Т. XXV. - С. 71- 80.
2. P. Zheliabov, E. Lapkhanov, D. Faizullin, A. Kulabukhov, K. Hiraki Electromagnetic Stabilization System Algorithm During Energy Restriction Mode for the Near-Symmetric Satellites // International Review of Aerospace Engineering (I.RE.AS.E), Vol. 15, N. 1 ISSN 1973-7459 February 2022. – P. 62 – 70.
3. Желябов П. А., Кулабухов А. М. Алгоритм керування струмової котушки в системах кутової орієнтації і стабілізації космічних апаратів // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: зб. наук. праць Дніпровського національного ун-ту ім. Олеся Гончара. - 2018. - Т. XXIV. - С. 47- 56.
4. Використання двигунів-маховиків в імпульсному режимі для програмних розворотів / Е.А. Гребенкіна, Ф.Н. Гребенкін, А.М. Кулабухов, В.О. Ларін // Вісник Дніпропетровського університету. Серія „Ракетно-космічна техніка”. – Вид-во Дніпропетровського національного університету, Д.: 2011. – С. 38 -47.
5. Системи кутової орієнтації космічних апаратів / Д.Г. Грошелев, А.М. Кулабухов // Вісник Дніпропетровського університету. Серія „Ракетно-космічна техніка”. – Вид-во Дніпропетровського національного університету, Д.: 2011. – С. 47 -54.
6. Тищенко А.В., Кулабухов А.М., Масальский В.А. Синтез адаптивної системи автоматичного керування літальним апаратом з багатомірним ПІ-регулятором // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. – 2019. – Вип. 22. – №4. – Т. 27. – С. 79-85
7. P. Zheliabov, D. Faizullin, A. Kulabukhov. High performance processing cluster for remote sensing spacecraft // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. – 2020. – Вип. 23. – №4. – Т. 28. – С. 105-111. DOI: 10.15421/452014
8. Е. А. Гребенкіна. В. А. Ларин, А. М. Кулабухов. Методика выбора двигателей-маховиков космических аппаратов для проведения стереосъемки // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Ракетно-космічна техніка. – 2021. – Вип. 24. – №4. – Т. 29. – С. 152-157 DOI: 10.15421/452117.

**8. Інформаційні ресурси:**

1. Бібліотека ДНУ <http://lib.dnu.dp.ua/>
2. Електронні посібники: office 365. Команда 2022 Аспіранти САУ. Канал Орієнтація і стабілізація КА (доступ обмежений, тільки студентів та викладачів).
3. Репозиторій ДНУ <http://repository.dnu.dp.ua:1100/>
4. Internet Пошукова система

...