



## СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОСУПУТНИКАМИ

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Денна
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	90
Семестровий контроль	Екзамен

Розклад занять розміщується на сайті [rozklad.kpi.ua](http://rozklad.kpi.ua)

Аудиторні години			Самостійна робота
Лекції	Лабораторні роботи	Практичні	
36	18	-	36
Кожний тиждень	Раз на два тижня	-	

Мова викладання Українська

### Інформація про викладача

	Лекції	Лабораторні роботи
ПІБ	Рижков Лев Михайлович	
Вчене звання	Професор	
Науковий ступінь	Доктор технічних наук	
e-mail	lev_ryzhkov@ukr.net	

Розміщення курсу <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3320>

### Анотація дисципліни

Дисципліна «Системи керування мікросупутниками» зорієнтована на вивчення основних методів та засобів керування надмалими космічними апаратами – мікросупутниками. Такі супутники набули дуже широкого використання внаслідок їх простоти з одночасними можливостями реалізації в них сучасних досягнень науки та техніки.

**Метою** кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу (ЗК 1);
- здатність до проведення досліджень для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності (ЗК 3);
- здатність описувати моделі робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки та оптимізації їх параметрів (ФК 4);
- здатність розробляти системи керування літальних апаратів (ФК 8).

#### 2.2. Основні завдання дисципліни.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі **вміння**:

- розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог (ПРН 1);
- вміння використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми (ПРН 3);



- знання, достатні до подальшого навчання у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки, механічної інженерії і дотичних галузей знань, яке значною мірою є автономним та самостійним (ПРН 6);
- Вміння, на основі навичок оцінювання стійкості та керованості літального апарата згідно з існуючими методиками, визначати вихідні параметри для формування зовнішнього вигляду ракетно-космічної техніки (ПРН 14);
- вміння, на основі знань та розуміння особливостей конструкції та робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки формулювати та розв'язати науково-технічні задачі щодо розроблення їх новітніх зразків (ПРН 19).

Дисципліни бакалаврської підготовки, що забезпечують початкову підготовку до навчання: вища математика, фізика, електротехніка і електроніка, теоретична механіка, спеціальні питання вищої математики, інформаційні технології та загальні методи розробки прикладного ПЗ.

### Теми дисципліни

- Тема 1. Загальна характеристика систем керування МС
- Тема 2 Математичний апарат та моделі систем керування МС
- Тема 3 Магнітне керування МС
- Тема 4 Маховичне керування МС
- Тема 5 Магнітно-маховичне керування МС
- Тема 6 Керування МС з використанням тангажного двигуна

### Література

#### Основна література

1. Каргу Л.И. Системы угловой стабилизации космических аппаратов -М.: Машиностроение, 1980.- 172 с.
2. Кузовков Н.Т. Системы стабилизации летательных аппаратов. Учеб. пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1976.
3. Боевкин В.И., Гуревич Ю.Г., Павлов Ю.Н., Толстоухов Г.Н. Ориентация искусственных спутников в гравитационных и магнитных полях. – М.: Наука, 1976. – 303 с.
4. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1974. – 344 с.
5. Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1986. -184 с.
6. Раушенбах, Е. Н. Токар. Управление ориентацией космических аппаратов. – М.: Наука, 1974. – 600 с.

#### Додаткова література

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1972. – 768 с.
2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
3. Самотокін Б.Б. Лекції з теорії автоматичного керування. Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 508 с.
4. Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 616 с.
5. Аналіз лінійних систем у пакеті MATLAB: Метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія та сучасні методи автоматичного керування" для студ. Спец. "Системи керування літальними



апаратами та коімплексами”/Уклад.: О.І.Нестеренко, Т.М.Гориславець. – К.: ІВЦ ”ПОЛІТЕХНІКА”, 2004. – 32 с.

6. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник.-К.: Техніка, 2002.-512 с.

7. Інформаційні ресурси

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/WMM/DoDWMM.shtml>

[http://server02.fb12.tu-berlin.de/rft/beesat/BeeSat/Welcome\\_to\\_BeeSat.html](http://server02.fb12.tu-berlin.de/rft/beesat/BeeSat/Welcome_to_BeeSat.html)

### Структура дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5
Тема 1. Загальна характеристика систем керування МС	10	4		6
Тема 2 Математичний апарат та моделі систем керування МС	18	8	4	6
Тема 3 Магнітне керування МС	15	6	4	5
Тема 4 Маховичне керування МС	15	6	4	5
Тема 5 Магнітно-маховичне керування МС	12	4	3	5
Тема 6 Керування МС з використанням тангажного двигуна	16	6	3	7
Модульна контрольна робота	4	2		2
Всього годин	90	36	18	36

### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1, 2	Загальна характеристика систем керування МС. Принципи керування МС. Орбітальний рух МС.
3,4	Задання положення твердого тіла у просторі. Кути Ейлера. Теорема Ейлера. Матричний метод задання та кінематичного аналізу руху тіла.
5, 6	Кінематичні та динамічні рівняння Ейлера.
7	Моделювання кінематичних та динамічних рівнянь Ейлера
8	Принцип магнітного керування
9, 10	Магнітне керування МС.
11	Принцип маховичного керування
12, 13	Маховичне керування МС
14, 15	Магнітно-маховичне керування МС
16, 17	Керування МС з використанням тангажного двигуна
18	Модульна контрольна робота

### Лабораторні заняття



Метою лабораторних занять є закріплення на практиці теоретичних знань, отриманих на лекціях. Студенти самостійно відпрацьовують прикладні програми, досліджують основні властивості систем, отримують практичні навички використання дослідницьких пакетів програм Matlab та Simulink.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1, 2	Дослідження в середовищі Matlab-Simulink руху твердого тіла	4
3, 4	Дослідження магнітної системи керування МС	4
5, 6	Дослідження маховичної системи керування МС	4
7, 8	Дослідження магнітно-маховичної системи керування МС	4
9	Дослідження системи керування МС з тангажним двигуном	2

### Рейтингова система оцінки успішності студентів

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що отримуються за:

- виконання лабораторних робіт;
- написання модульної контрольної роботи;
- відповіді на екзамені.

Система рейтингових балів оцінювання:

#### 1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 5. Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 5;
- неповне виконання завдання – 3;
- завдання не виконувалось – 0.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: 5 бали  $\times$  9 = 45 балів.

#### 2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 5. Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 5;
- неповне виконання завдання – 3;
- незадовільне виконання завдання – 0;

Максимальна кількість балів за модульні контрольні роботи дорівнює: 5 балів  $\times$  1 = 5 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 45 \text{ балів} + 5 \text{ балів} = 50 \text{ балів.}$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 50% від R, а саме  $R_E = 50$  балів.

Рейтингова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = R_C + R_E = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг студента не менше 40% від  $R_C$ , тобто  $R_C \geq 20$  балів (з заохочувальними балами).

Рейтингова оцінка студента з кредитного модуля складає  $R_D = R_C + R_E$ .

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка  $R_D$  переводиться згідно таблиці



Оцінка в балах	Оцінка за університетською шкалою
95 –100	Відмінно
85 – 94	Дуже добре
75 – 84	Добре
65 – 74	Задовільно
60 – 64	Достатньо
<60	Незадовільно
<20	Не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено професор, д.т.н., професор , Рижков Л.М.

Ухвалено кафедрою АРБ (протокол № 11 від 17.06.20)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № 2 від 22.06.20)