



# Теорія автоматичного керування-1.

## Загальний курс

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка та телекомунікації</i>
Спеціальність	<i>173 Авіоніка</i>
Освітня програма	<i>Системи керування літальними апаратами та комплексами</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 рік, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com Практичні: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський»</i>

#### Програма навчальної дисципліни

#### Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Кредитний модуль «Теорія автоматичного керування-1. Загальний курс» відноситься до обов'язкових навчальних дисциплін.

Мета та завдання дисципліни

Метою дисципліни є формування у аспірантів наступних здатностей згідно із освітньо-професійною програмою:

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації (ЗК2);
- здатність до математичного опису і моделювання фізичних процесів в системах керування літальних апаратів (ЗК10);
- синтезувати і аналізувати лінійні неперервні одномірні системи автоматичного керування (ЗК11);
- здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів (ФК4);
- здатність розробляти авіоніку літальних апаратів та системи наземних комплексів із використанням інформаційних технологій (ФК5).

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі знання та уміння:

- знання теорії автоматичного керування, аналогові моделі динамічних систем, методи синтезу і аналізу лінійних неперервних систем автоматичного керування (PH21);
- вміння використовувати методи математичного опису і моделювання фізичних процесів в системах керування літальних апаратів (PH23);
- вміння досліджувати лінійні динамічні системи на стійкість, визначати якість керування та синтезувати коригуючі пристрої лінійних неперервних систем (PH32).

**Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліни, що забезпечують початкову підготовку до навчання: ЗО 10 «Вища математика», ЗО 17 «Технічна механіка».

Дисципліна забезпечує дисципліни ПО 6 «Чутливі елементи систем авіоніки», ПО 8 «Основи будови систем керування повітряних літальних апаратів і супутників».

**Зміст навчальної дисципліни**

**Таблиця 1**

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Принципи керування, математичні моделі САК</b>					
Тема 1.1. Основні поняття і визначення в ТАК. Принципи керування	3	2			1
Тема 1.2. Математичні моделі САК. Часові та частотні характеристики	21	2	4	4	7
Тема 1.3. Типові динамічні ланки	8	2		2	4
Тема 1.4. Структурні схеми САК. Еквівалентні перетворення структурних схем.	8	2	2		4
<b>Розділ 2. Стійкість і якість САК</b>					
Тема 2.1. Стійкість систем автоматичного керування.	16	2	4		8
Тема 2.2. Статична точність САК	14	2	2	4	6
Тема 2.3. Якість керування	4	2			2
<b>Розділ 3. Синтез САК</b>					
Тема 3.1. Коректувальні пристрої. Частотний метод синтезу.	13	4	2	2	5
Модульний контроль	6		2		4
Екзамен	30				30
<b>Всього годин</b>	<b>150</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>96</b>

## Навчальні матеріали та ресурси

### Базова

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
3. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
4. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1978. – 256 с.
5. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
6. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. Бесекерского В. А. Изд. 4-е. – М.: Наука, 1972. – 588 с.

### Допоміжна

7. Теорія автоматичного керування. Терміни, поняття, визначення. Довідник для студентів напряму «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Жученко А.І., Аверіна Т.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 52 с.
8. Голубничий Н.И. и др. Беседы по автоматике. – К.: Техника, 1971. – 232 с.
9. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчета и справочный материал). – М.: Машиностроение, 1982. – 504 с.
10. Справочник по теории автоматического управления / Под редакцией А.А.Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
11. Зайцев Г.Ф., Костюк В.И., Чинаев П.И. Основы автоматического управления и регулирования. – К.: «Техніка», 1977. – 472 с.
12. Солодовников В. В., Плотников В.Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. — М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.
13. Топчиев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 752 с.
14. Краснопрошина А.А., Репникова Н.Б., Ильченко А.А. Современный анализ систем управления с применением MATLAB, Simulink, control Sistem: Учебное пособие. – Киев: Корнейчук, 1999. – 144 с.
14. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. - М.: Наука, 1986. - 615 с.
15. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. - М.: Машиностроение, 1976. - 185 с.
16. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. – 336 с.
17. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер, 2006. – 272 с.

### 13. Інформаційні ресурси:

1. tau-predmet.narod.ru.
2. model.exponenta.ru

## Навчальний контент

### Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

#### Таблиця 2

### Розділ 1. Принципи керування, математичні моделі САК

Тема 1.1. Основні поняття і визначення в ТАК. Принципи керування.
Лекція 1. Вступ. Основні поняття і визначення в ТАК. Принципи керування. Класифікація САК. Функціональна схема САК.
Література: [1] стор. 6-21; [2] стор. 5-13.

Тема 1.2. Математичні моделі САК. Часові та частотні характеристики САК.
Лекція 2. Математичний опис САК і їх елементів. Рівняння динаміки САК, диференціальні рівняння вільного і вимушеного руху САК. Лінеаризація рівняння динаміки. Рівняння у відхиленнях. Застосування перетворення Лапласа. Передатна функція. Режими роботи САК. Характеристики САК. Література: [1] стор. 61-74; [3] стор. 5-15. Завдання на СРС. Дискретні моделі динамічних систем. Кінцево-різницеві рівняння.
Лекції 3. Часові та частотні характеристики САК. Перехідна функція. Вагова функція. Частотна передатна функція (амплітудно-фазова частотна характеристика), її годограф. Дійсна і уявна частотні характеристики. Амплітудна і фазова частотні характеристики. Логарифмічні (амплітудна і фазова) частотні характеристики. Література: [1] стор. 117-124; [3] стор. 61-66.
Тема 1.4. Типові динамічні ланки.
Лекція 4. Типові динамічні ланки. Пропорційна, аперіодична, інтегруюча, коливальна, диференціююча, форсуюча, антиколивальна ланки. Завдання на СРС. Реальні ланки диференціюючого типу
Тема 1.5. Структурні схеми САК. Еквівалентні перетворення структурних схем.
Лекція 5. Структурні схеми САК. Послідовне і паралельне з'єднання динамічних ланок САК, з'єднання за допомогою зворотного зв'язку та їх еквівалентні передатні функції. Передатна функція розімкненої і замкненої системи. Еквівалентні перетворення складних багатоконтурних САК. Література: [1] стор. 153-158; [3] стор. 56-59. Завдання на СРС. Ізодромна ланка. Інерційно-форсуюча ланка. Математичні моделі. Приклади
<b>Розділ 2. Стійкість і якість САК</b>
Тема 2.1. Стійкість систем автоматичного керування.
Лекція 6. Поняття стійкості системи. Нулі і полюси передатної функції. Умова стійкості САК по Ляпунову. Ліві і праві корені характеристичного рівняння САК. Границі стійкості, необхідна і достатні умови стійкості. Математична оцінка стійкості. Алгебраїчний критерій стійкості Гурвіца. Частотні критерії стійкості. Критерій Михайлова. Критерій Найквіста. Логарифмічний критерій стійкості. Запас стійкості САК. Области стійкості. Література: [1] стор. 173-190, [3] стор. 82-94. Завдання на СРС. Немінімально-фазові ланки. Математичні моделі. Приклади
Тема 2.2. Статична точність САК.
Лекція 7. Усунення усталених похибок слідкуючих систем. Статична похибка САК. Стала похибка. Статичні і астатичні системи. Похибки САК при впливах, що змінюються з постійною швидкістю або постійним прискоренням. Стала похибка САК при довільному повільно мінливому впливі. Гармонічна похибка. Література: [1] стор. 57-59, [2] стор. 109-182, [3] стор. 66-82. Завдання на СРС. Ланка чистого запізнення. Вплив на запаси стійкості.
Тема 2.3. Якість керування.
Лекція 8. Поняття і показники якості керування САК. Побудова перехідної функції. Кореневий метод оцінки якості керування. Інтегральні оцінки якості. Частотні методи оцінки якості. Література: [1] стор. 241-252; [3] стор. 113-132.
<b>Розділ 3. Синтез САК.</b>
Тема 3.1. Коректувальні пристрої. Частотний метод синтезу
Лекція 9. Коректувальні пристрої. Паралельні, послідовні коректуючі пристрої. ПІД-регулятор. Місцеві та головні неединичні зворотні зв'язки. Частотний метод синтезу коректувальних пристроїв для замкнутих САК Література: [1] стор. 362-366; [3] стор. 195-202. Завдання на СРС. Коректуючі пристрої по задаючій дії, коригуючі пристрої, інваріантні до збурення

### Практичні заняття

Метою практичних занять є закріплення на практиці теоретичних знань, отриманих на лекціях. Передбачені наступні теми занять.

Практичне заняття № 1. Передатна функція.

Практичне заняття № 2. Частотні характеристики САК.

Практичне заняття № 3. Критерії стійкості САК.  
Практичне заняття № 4. Области стійкості САК  
Практичне заняття № 5. Модульний контроль (перша частина)  
Практичне заняття № 6. Точність САК.  
Практичне заняття № 7. Точність САК.  
Практичне заняття № 8. Частотний метод синтезу.  
Практичне заняття № 9. Модульний контроль.

### Лабораторні роботи

**Основні завдання циклу лабораторних робіт.** Цикл занять направлений на закріплення теоретичних знань, отримання студентами вмінь та досвіду дослідження динамічних систем, синтезу та аналізу систем керування за допомогою пакетів математичних програм.

№	Назва	Кількість годин
1	Послідовні коректуючі пристрої	5
2	Сталі похибки слідкуючих систем	4
3	Синтез САУ в часовій області. Метод кореневого годографу	4
4	Синтез САК за методикою В.А. Бесекерського	5

## Політика та контроль

### Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою, виконання самостійних робіт. Об'єм та тематика самостійної роботи наведені в Табл. 1, 2.

### Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

*Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків):* кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента.

*Політика академічної поведінки та доброчесності (плагіат, поведінка в аудиторії):* конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Недопустимі підказки і списування у ході занять, контрольних роботах, на екзамені.

*Норми академічної етики:* дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами.

### Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

1) виконання та захист лабораторних робіт; 2) модульну контрольну роботу; 3) відповідей на практичних заняттях; 4) штрафних та заохочувальних балів; 5) відповіді на екзамені.

**Умови позитивної проміжної атестації.** Для отримання “зараховано” з першої проміжної атестації (8 тижень) студент матиме не менше ніж 14 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 28 балів). Для отримання “зараховано” з другої проміжної атестації (14 тижень) студент матиме не менше ніж 18 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 35 балів).

## 1. Система рейтингових балів

### 1.Лабораторні

Ваговий бал – 3.

Критерії оцінювання:

- повне і правильне виконання, відмінні відповіді на захисті – 3;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 2;
- неповне виконання, з помилками – 1;
- завдання не виконувалось – 0.

Максимальна кількість балів за всі комп'ютерні практикуми  $3 \times 4 = 12$  балів.

### 2. Модульний контроль

Ваговий бал – 14 за кожну з двох частин контрольної роботи.

Критерії оцінювання кожної частини:

- “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 14 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 11-13 балів;
- “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 8-10 балів;
- “незадовільно”, незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) – 0 балів.

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює  $14 \times 2 = 28$  балів.

### 3.Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 10.

Критерії оцінювання:

- повне і правильне виконання задачі, прикладу або завдання – 10;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 8...9;
- неповне виконання, з помилками – 6...7;
- завдання не виконувалось, або виконане невірно – 0.

### 4. Штрафні та заохочувальні бали за:

- невчасне виконання лабораторної роботи -1.
- виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни, участь у факультетській олімпіаді з дисципліни тощо: надається до 5 заохочувальних балів.

### ***Розрахунок шкали (R) рейтингу:***

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:  $R_C = 12 + 28 + 10 = 50$  балів.

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 50 % від R, а саме:  $R_A = R_C \frac{0,5}{1-0,5} = 50$  балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає  $R = R_C + R_E = 100$  балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування модульної контрольної роботи, зарахування трьох лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг ( $r_C$ ) не менше 40 % від  $R_C$ , тобто 20 балів.

## Критерії оцінювання екзамену

Білет містить два запитання. Відповідь на запитання оцінюється, в залежності від повноти і правильності:

- “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)..... 23 – 25 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) .....19 – 22 бали;
- “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки).....15 – 18 балів;
- “незадовільно”, незадовільна відповідь.....0 балів.

Бали, отримані за кожне питання додаються.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

$RD = r_C + r_E$	Оцінка за університетською шкалою
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
$RD \leq 60$	Незадовільно
$R_C < 20$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущено

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н. Бурнашевим Віталієм Віталійовичем

Ухвалено кафедрою СКЛА (протокол № 16 від 12 . 05 .2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № від . .2021 р.)