



# ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### – Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>153 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наносистемна техніка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ЄКТС (120 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н, доц. Витязь Олег Олексійович, ovityaz-ee@lil.kpi.ua Практичні: к.т.н, доц. Витязь Олег Олексійович, ovityaz-ee@lil.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom, Campus</i>

### – Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Динамічні системи» є вибірковою у циклі професійної підготовки.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів таких навичок:

- виконати декомпозицію системи на прості об'єкти та визначити характер взаємодії між ними;
- укласти математичну модель системи у вигляді графу взаємодій та параметризувати його на основі електро-механічних, електро-теплових, електро-гідравлічних і т.п. аналогій;
- побудувати схемний аналог системи з урахуванням поставленої задачі та умов функціонування;
- укласти математичну модель у вигляді традиційної системи рівнянь або у вигляді сукупності інтерактивних об'єктів;
- вибрати та застосувати найбільш придатний метод для розв'язання поставленого завдання з використанням існуючих систем автоматизованого проектування;
- аналізувати причинно-наслідковий зв'язок між структурою системи та властивостями її складових з одного боку та характеристиками системи з іншого.

**Предметом** дисципліни є мультифізичні системи, їх схемні та математичні моделі, побудовані на основі електродинамічних аналогій.

Дисципліна формує **загальні** та **фахові компетентності**:

ЗК1 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК2 – Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК6 – Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ФК1 – Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;

ФК3 – Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;

ФК4 – Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язання професійних задач в галузі мікро- та наносистемної техніки;

ФК5 – Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.

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

Дисципліна «Динамічні системи» використовується для проведення наукових досліджень при підготовці магістерських дисертацій і дисертацій PhD, в яких застосовується метод електродинамічних аналогій для схемотехнічного моделювання, аналізу та синтезу технічних систем, принцип роботи яких базується на застосуванні явищ різноманітної фізичної природи.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції і	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
<i>Тема 1. Моделювання динамічних систем.</i>	14	6	2		6
<i>Тема 2. Системи з електричними взаємодіями</i>	12	4	2		6
<i>Тема 3. Механічні системи (поступальний рух)</i>	10	6	2		2
<i>Тема 4. Механічні системи (обертальний рух)</i>	12	4	2		6
<u>Тема 5. Пневматичні системи</u>	14	6	2		6
<u>Тема 6. Гідравлічні системи</u>	14	6	2		6
<u>Тема 7. Імітаційне моделювання</u>	12	4	2		6
<i>Контрольна робота 1</i>	4		2		2
<i>Контрольна робота 2</i>	4		2		2
<i>Підготовка реферата</i>	22				22
Разом	118	36	18		64

Диф. залік	2				2
Всього годин	120	36	18		66

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Рекомендована література

###### Базова

1. Витязь О.О., Тимофеев В.І., Саурова Т.А. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія електронних кіл», частина 2 «Реактивні схеми». – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 98 с.
2. Витязь О.О., Саурова Т.А., Тимофеев В.І. Теорія електронних кіл: Резистивні схеми [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 104 с.

###### Додаткова

1. Мандзій Б.А., Писаренко Л.Д., Стахів П.Г. Основи теорії електронних кіл: (друге видання: доопрацьоване і доповнене) – К.: НТУУ "КПІ", 2013.- 416 с.
2. Vityaz O. Physical Systems Time-Domain Simulation Using Aggregation-Based Models. Technische Universitat Kaiserslautern, SFB 501, Report 15/03. – 189 с.
3. O.Vityaz, G. Zimmermann Real-Time Building Simulation Using Graceful Degradation. Energy and Building, 37 (2005), p.p. 795-806.

#### – Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

<b>Лекції</b>
Назва теми лекції та перелік основних питань
Лекції 1-2. <u>Тема 1. Моделювання динамічних систем.</u> Система як сукупність частин, які взаємодіють. Потенціальні та потокові фізичні величини. Стан стійкої рівноваги. Системи із зосередженими параметрами. Фізична точка. Види взаємодій та їх математичний опис. Моделі динамічних систем.
Лекції 3-4. Структурний граф системи. Рівняння рівноваги. Система незалежних топологічних рівнянь. Матрична форма рівнянь рівноваги. Теорема про баланс потужності.
<u>Лекції 5-6.</u> <u>Тема 2. Системи з електричними взаємодіями</u>

Схемна модель. Потенціальні та потокові змінні електричної системи. Види взаємодій та компоненти, що їх відтворюють. Структурний граф електричної системи. Характеристики та параметри електричних систем. Методи аналізу електричних систем.

Лекції 7-8.

### Тема 3. Механічні системи (поступальний рух)

Поступальний рух. Траєкторія руху та переміщення. Прямолінійний рух. Система тіл. Тіло відліку. Абсолютна та відносна швидкість. Баланс швидкостей. Прискорення. Механічна взаємодія. Закони Ньютона. Рівняння руху. Принцип Даламбера. Джерело швидкості. Джерело сили. Механічний поступальний опір. Інерція. Пружна взаємодія. Топологічна модель механічної системи. Схемна модель механічної системи. Електромеханічні аналогії для поступального руху. Багатополюсні компоненти поступального руху.

Лекції 9-10.

### Тема 4. Механічні системи (обертальний рух)

Обертальний рух. Кінематика обертального руху. Тіло відліку. Абсолютна та відносна кутова швидкість. Баланс швидкостей. Кутове прискорення. Механічні взаємодії при обертальному русі. Динаміка обертального руху. Умови рівноваги. Джерело кутової швидкості. Джерело моменту сили. Пружна деформація. Обертальний опір. Момент інерції. Топологічна модель механічної системи. Схемна модель механічної системи. Електромеханічні аналогії для обертального руху. Початкові умови. Багатополюсні компоненти обертального руху.

Лекції 11-12.

### Тема 5. Пневматичні системи

Основи молекулярно-кінетичної теорії будови речовини. Абсолютний та відносний тиск газу. Молекулярний потік. Джерело потоку. Рівновага молекулярних потоків у замкнених системах. Точка відліку. Джерело тиску. Рівновага відносних тисків. Види взаємодій у пневматичних системах. Пневматичний опір. Пневматична інертність. Пневматична пружність. Топологічна модель пневматичної системи. Схемна модель пневматичної системи. Електропневматичні аналогії. Багатополюсні компоненти пневматичних систем.

Лекції 13-14.

### Тема 6. Гідравлічні системи

Механічні властивості рідини. Абсолютний та відносний гідравлічний тиск. Гідравлічний потік. Джерело потоку. Рівновага потоків рідини у замкнених системах. Точка відліку. Джерело тиску. Рівновага відносних тисків. Види взаємодій у гідравлічних системах. Гідравлічний опір. Інертність потоку рідини. Гідравлічна ємність. Топологічна модель гідравлічної системи. Схемна модель гідравлічної системи. Електрогідравлічні аналогії. Багатополюсні компоненти гідравлічних систем.

### Тема 8. Імітаційне моделювання.

Лекції 15-16.

Парадигма мови програмування SDL (Specification Description Language) та її використання для імітаційного моделювання мультифізичних систем. Структурна декомпозиція. Агрегована модель системи. Інструментарій опису агрегованих систем. Декомпозиція структурних елементів системи. Елементи системи як розширені кінцеві автомати.

Лекції 17-18.

Сигнали взаємодії. Інтерактивні моделі. Моделювання фізичних процесів у часовій області. Асинхронна дискретизація часу. Задачі моделювання процесів у реальному часі. Особливості моделювання у реальному часі. Розробка засобів автоматизованого моделювання на основі шаблонів.

### Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті практичних навичок застосування електродинамічних аналогій для моделювання мультифізичних систем

№ з/п	Назва теми заняття
1	Побудова топологічних моделей технічних систем на основі аналізу взаємодій.
2	Побудова схемних моделей технічних систем методом електро-динамічних аналогій.
3	Моделювання динаміки поступального руху систем, які складаються з твердих тіл.
4	Моделювання динаміки обертального руху систем, які складаються з твердих тіл.
5	Перехідні процеси у гідравлічних системах
6	Перехідні процеси у пневматичних системах.
7	Структурна та об'єктна декомпозиція системи на основі агрегованого графа.

#### 6. Самостійна робота студента/аспіранта

На самостійну роботу студента відводиться 66 годин, розподіл яких наведений у розділі 3, які витрачаються на підготовку до практичних занять, модульних контрольних робіт, написання реферату (за бажанням) та підготовки до заліку.

Методичні матеріали розміщуються у Google Classroom та в електронному кампусі НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

### – Політика та контроль

#### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог:

- відвідування лекційних та практичних занять є обов'язковим;
- індивідуальні завдання (реферат) виконуються по пунктах, які подаються на перевірку впродовж семестру за графіком, призначеним викладачем;
- можливі помилки в рефераті, поданому на перевірку до встановленого терміну, можуть бути виправлені без зниження оцінки;

- студент має можливість впевнитись у правильності отриманих результатів за допомогою симулятора EveryCircuit, для використання якого надана відповідна ліцензія ([www.everycircuit.com](http://www.everycircuit.com))
- усі роботи мають виконуватися самостійно після засвоєння відповідного теоретичного матеріалу згідно з правилами академічної доброчесності .

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

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою практичного заняття, дві модульні контрольні роботи (МКР), перевірка виконання заданих пунктів реферату.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Позитивну атестацію отримують студенти, які набрали не менше 50% балів, від максимально можливих на момент календарного контролю.

Семестровий контроль: диференціальний залік.

Стартовий рейтинг  $R_c$  складається з балів, що отримуються за:

- 2 модульні контрольні роботи  $\tilde{r}_1 = 10 + 15 = 25$  балів;
- 7 практичних занять  $\tilde{r}_2 = 7 \times 5 = 35$  балів;

Умови допуску до семестрового контролю: виконані усі модульні контрольні роботи та стартовий рейтинг  $R_c$  не менше 36 балів.

Максимальний рейтинг  $R$ :

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює  $R_c = 60$ . На заліку студент має можливість набрати 40 балів. Максимальний рейтинг  $R$  обчислюється наступним чином:

$$R_c \leq \sum_{k=1}^3 \tilde{r}_k = 10 + 32 + 18 = 60 \text{ балів};$$

$$R_3 \leq 40 \text{ балів};$$

$$R = R_c + R_3 = 100;$$

На заліку студент захищає реферат або готує відповідь у письмовій формі. Завдання складається з теоретичного питання і задачі. Перелік теоретичних питань наводиться на початку семестру в електронному Кампусі та Google Classroom.

Система оцінювання залікового завдання:

“відмінно”, повна відповідь (надано не менше 95 % потрібної інформації) –  $R_3 = 36-40$  балів;

“ дуже добре ”, достатньо повна відповідь (надано не менше 85 % потрібної інформації) –  $R_3 = 31-35$  балів;

“ добре ”, недостатньо повна відповідь (надано не менше 75 % потрібної інформації) –  $R_3 = 26-30$  балів;

“ задовільно ”, неповна відповідь (надано не менше 65 % потрібної інформації та допущені деякі помилки) –  $R_3 = 21-25$  балів.

“ достатньо ”, неповна відповідь (надано не менше 60 % потрібної інформації та допущені суттєві помилки) –  $R_3 = 16-20$  балів.

“ незадовільно ”, неповна відповідь (надано менше 60 % потрібної інформації) –  $R_3 = 1-15$  балів.

Для отримання студентом відповідної семестрової оцінки його рейтинг  $R$  має бути:

Кількість балів $R$	Оцінка
100-95	Відмінно

94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

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

**Складено** доцентом кафедри електронної інженерії, к.т.н, доц. Витязем О.О.

**Ухвалено** кафедрою електронної інженерії (протокол № 31 від 21 червня 2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 06/2023 від 29 червня 2023 р.)