



# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна) / заочна / прискорена</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5,0 кредитів / 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит</i>
Розклад занять	<i><a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net; тел. +38-067-907-91-19 (09:00 – 18:00) Практичні / Лабораторні: к.т.н., доцент Данілін Олександр Валерійович; e-mail: avdan@ukr.net; тел. +38-067-907-91-19 (10:00 – 18:00)</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Більшість сучасних промислових машин та установок являють собою складні електротехнічні системи, що включають у себе пружні механічні ланки, електропривод з напівпровідниковими перетворювачами в силових колах, систему керування, захисне обладнання тощо. Ланки електроприводу та системи керування мають загальновизнану форму математичного опису перехідних процесів, що відбуваються в них. Однак за наявності пружних зв'язків з розподіленими параметрами у механічній частині установок, дослідження електротехнічних комплексів та систем представляє певні труднощі.

Завдання оптимального керування складними електротехнічними системами полягає в тому, щоб забезпечити режим роботи системи, яка найкраще функціонує в певному сенсі, тобто вона повинна відповідати дуже чіткому технічному або техніко-економічному критерію оптимальності. Математичний вираз повинен бути представлений функцією або функціоналом координат процесу та керуючого впливу. Досягнення максимального (мінімального) значення критерію оптимальності вказує на оптимальний стан або поведінку системи.

Мета вивчення дисципліни – формування у студента теоретичних та практичних знань дослідження динамічних процесів в електротехнічних системах різної складності та створення ефективних алгоритмів управління для їх дослідження на практиці.

Програмні результати навчання: (ФК18) здатність створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів у електротехнічних системах та проводити їх дослідження; (ФК19) здатність оптимізувати технологічні процеси і будувати структурні схеми автоматизованих систем керування; (ПРН17) Створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів електротехнічних комплексів та проводити їх дослідження на сучасному обладнанні з сучасним програмним забезпеченням.

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

Навчальна дисципліна «Комп'ютерне моделювання процесів у електротехнічних системах» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки» «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», «Обчислювальна техніка та програмування» тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Комп'ютерне моделювання процесів у електротехнічних системах», є необхідними для кожного фахівця електротехнічного профілю, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки та при вивченні таких дисциплін: «Електропривод», «Автоматизований електропривод машин і установок», «Моделювання електротехнічних систем» тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Основні положення дисципліни. Пружні елементи електротехнічних систем**

Тема 1.1. Інерційна механічна ланка для обертального та поступального рухів.

Тема 1.2. Пружний кінематичний зв'язок. Демпфер. Люфт.

### **Розділ 2. Математичне моделювання інтегруючих ланок.**

Тема 2.1. Апроксимація функцій. Операція диференціювання.

Тема 2.2. Чисельно-аналітичний метод. Методи Z-перетворення.

### **Розділ 3. Аналітичне дослідження пружних електротехнічних систем.**

Тема 3.1. Двомасова механічна система. Система з двигуном постійного струму.

Тема 3.2. Двомасові системи з пружною ланкою, демпфером та люфтом.

Тема 3.3. Чотиримасова розгалужена та паралельна система.

### **Розділ 4. Оптимізація режимів роботи електротехнічних систем.**

Тема 4.1. Формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів.

Тема 4.2. Загальна методика створення багатоканальних задавальних моделей.

Тема 4.3. Дослідження функціональних можливостей задавальних моделей.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова**

1. Моделювання електромеханічних процесів і систем: Навч. посіб. / О.В. Данілін, В.М. Чермалих, П.В. Розен. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 52 с.

2. Щокін В.П. Моделювання електромеханічних систем : навчальний посібник / В.П. Щокін [та ін.]. - Київ : Кондор, 2018. - 203 с.

3. Цифрові системи управління електроприводом: навч. посіб. / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, І.Я. Майданський, А.В. Босак. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 72 с.

4. Використання пакета MATLAB–Simulink для моделювання динамічних систем та пристроїв: Метод. вказівки до виконання лабораторних, розрахунково-графічних робіт, курсового та дипломного проектування для студ. спец. 7.092203 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» і 7.092204 – «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» / Укладачі: О.В. Чермалих, О.В. Данілін, В.В. Кузнєцов. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 72 с.

## Допоміжна

5. Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.

6. Козбур І.Р. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056>

7. Modeling of electrical and mechatronic systems. Educational edition [Electronic resource] : tutorial for bachelor's degree programs for an educational program "Engineering of Intelligent Electrotechnical and Mechatronic Complexes" / O. V. Danilin, A. V. Bosak, V. O. Bronytskyi, L. V. Toropova ; Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute. – Electronic text data (1 file: 1,27 MB). – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. – 55 p. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47291>

8. Ажогін В.В., Згуровський М.З. Моделювання на аналогових та гібридних ЕОМ. – Київ: Вища школа. – 1983. – 274 с.

*Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.*

*Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[3]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись*

## Навчальний контент

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

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться студент – суб'єкт навчання. Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних занять у вигляді комп'ютерного практикуму.

### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	<b>Назва теми лекції:</b> Вступ до дисципліни <b>Перелік основних питань:</b> Основні поняття моделювання пружних електротехнічних систем. Аналітичні методи моделювання. Поняття передавальної функції пружно-в'язких систем. <b>Література:</b> [2, 4]
2	<b>Назва теми лекції:</b> Пружні елементи електротехнічних систем <b>Перелік основних питань:</b> Методика побудови математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками. Методи простору станів. Складання структурних схем. <b>Література:</b> [2, 6]

3	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження пружних елементів електротехнічних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Інерційна механічна ланка другого порядку (маса) для обертального та поступального рухів.</p> <p><b>Література:</b> [3, 8]</p>
4	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження пружних елементів електротехнічних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Пружний кінематичний зв'язок (пружина). Демпфіруюча ланка (амортизатор). Зона нечутливості (люфт).</p> <p><b>Література:</b> [1, 7]</p>
5	<p><b>Назва теми заняття:</b> Математичне моделювання інтегруючих ланок пружних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Чисельне інтегрування диференціальних рівнянь. Ступінчаста, ступінчаста з упередженням та кусково-лінійна апроксимація функцій. Операція диференціювання.</p> <p><b>Література:</b> [2, 6]</p>
6	<p><b>Назва теми заняття:</b> Математичне моделювання інтегруючих ланок пружних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Використання чисельно-аналітичного методу та методу <math>Z</math>-перетворення. Складання структурних схем у просторі станів послідовної та паралельної структури математичних моделей.</p> <p><b>Література:</b> [1, 5]</p>
7	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою під час обертального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження чисельно-аналітичним методом.</p> <p><b>Література:</b> [1, 6]</p>
8	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою під час поступального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження методом <math>Z</math>-перетворення.</p> <p><b>Література:</b> [2, 8]</p>
9	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Електромеханічна система з двигуном постійного струму. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів.</p> <p><b>Література:</b> [1, 7]</p>
10	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою та демпфером. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів.</p> <p><b>Література:</b> [2, 4]</p>
11	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою та люфтом. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів.</p> <p><b>Література:</b> [3, 6]</p>

12	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою, демпфером та люфтом. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження чисельно-аналітичним методом.</p> <p><b>Література:</b> [1, 5]</p>
13	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Чотиримасова розгалужена механічна система. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів.</p> <p><b>Література:</b> [3, 6]</p>
14	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Чотиримасова паралельна механічна система. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми у безперервному просторі станів.</p> <p><b>Література:</b> [2, 5]</p>
15	<p><b>Назва теми лекції:</b> Оптимізація режимів роботи електротехнічних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Формування оптимальних за швидкістю керуючих впливів. Основні задачі оптимізації систем позиційного керування. Аналітичний опис та побудова оптимальних діаграм швидкості та прискорення</p> <p><b>Література:</b> [1, 7].</p>
16	<p><b>Назва теми лекції:</b> Методика створення багатоканальних задавальних моделей.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Особливості створення задавальних моделей різних порядків. Принципи побудови. Функціональна та структурна схеми, блоки обмежень, адаптації та перемикання режимів.</p> <p><b>Література:</b> [1, 8].</p>
17	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження функціональних можливостей задавальних моделей другого порядку.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Визначення проміжних ділянок шляху, загального часу переміщення, граничних значень заданого переміщення, нової максимальної швидкості та загальної відстані до точки зупинки від моменту початку уповільнення.</p> <p><b>Література:</b> [2, 5].</p>
18	<p><b>Назва теми лекції:</b> Дослідження функціональних можливостей задавальних моделей другого порядку.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Складання аналітичної залежності поточної відстані до кінця шляху від швидкості на ділянках уповільнення. Визначення оптимальних значень прискорення та швидкості у функції переміщення. Складання структурних схем алгоритмів формування оптимальних керуючих впливів у функції часу та переміщення</p> <p><b>Література:</b> [1, 4].</p>

### Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

Основним завданням циклу практичних занять у вигляді комп'ютерного практикуму є проведення імітаційних експериментів на комп'ютері з метою формування умінь та навичок практичного підтвердження окремих теоретичних положень, оволодіння методикою експериментальних досліджень та обробки отриманих даних.

№ з/п	Назва теми практичних занять та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження пружних елементів електротехнічних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Інерційна механічна ланка другого порядку (маса) для обертального та поступального рухів. Складання структурної схеми та алгоритму комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [3, 8]</p>
2	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження пружних елементів електротехнічних систем</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Пружний кінематичний зв'язок (пружина). Демпфіруюча ланка (амортизатор). Зона нечутливості (люфт). Складання структурної схеми та алгоритму комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [1, 7]</p>
3	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою під час обертального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження чисельно-аналітичним методом.</p> <p><b>Література:</b> [1, 6]</p>
4	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою під час поступального руху. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму дослідження методом Z-перетворення.</p> <p><b>Література:</b> [2, 8]</p>
5	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Електромеханічна система з двигуном постійного струму. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [1, 7]</p>
6	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою та демпфером. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [2, 4]</p>
7	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Двомасова механічна система з пружною ланкою та люфтом. Складання диференціальних рівнянь, передавальної функції та структурної схеми алгоритму комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [3, 6]</p>
8	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження функціональних можливостей задавальних моделей другого порядку.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Складання структурної схеми алгоритму формування оптимальних керуючих впливів у функції часу та отримання графічних результатів комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [1, 4].</p>

9	<p><b>Назва теми заняття:</b> Дослідження функціональних можливостей задавальних моделей другого порядку.</p> <p><b>Перелік основних питань:</b> Складання структурної схеми алгоритму формування оптимальних керуючих впливів у функції переміщення та отримання графічних результатів комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>Література:</b> [1, 6].</p>
---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

*Самостійна робота студент згідно навчального плану передбачає 96 годин:  
 підготовку до аудиторних занять – 58 год;  
 підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;  
 виконання РГР – 10 год;  
 підготовку до екзамену – 24 год.*

В якості індивідуального семестрового завдання, згідно навчального плану, студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР)

### Завдання розрахунково-графічної роботи

Дослідження математичних моделей електротехнічних систем з пружними ланками.

*Порядок виконання завдання:*

1. Скласти математичний опис всіх елементів електротехнічної системи та представити їх відповідними структурними схемами.
2. Скласти узагальнену структурну схему електротехнічної системи з пружними ланками у безперервному просторі станів.
3. Синтезувати Simulink-моделі безперервної системи у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.
4. Представити динамічні ланки в інтегральному вигляді та скласти деталізовану структурну схему електротехнічної системи у безперервному просторі станів.
5. Замінити безперервну модель системи дискретною з використанням заданої апроксимації інтеграторів та скласти структурну схему алгоритму дослідження електротехнічної системи чисельно-аналітичним методом.
6. Замінити безперервну модель системи дискретною за допомогою заданого методу Z-перетворення та скласти відповідну структурну схему у дискретному просторі станів.
7. Скласти структурну схему алгоритму дослідження електротехнічної системи з пружними ланками за допомогою Z-перетворення.
8. Синтезувати Simulink-моделі дискретної системи у середовищі Matlab та отримати графічні результати комп'ютерного моделювання.

## Політика та контроль

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

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Комп'ютерне моделювання процесів в електротехнічних системах» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до комп'ютерного практикуму; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання комп'ютерного практикуму та розрахунково-графічної роботи; перелік теоретичних питань та практичних задач до іспиту розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Комп'ютерне моделювання процесів у електротехнічних системах» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».



Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Комп'ютерне моделювання процесів у електротехнічних системах» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- дві відповіді на 9 практичних заняттях (із розрахунку, що на кожному практичному занятті у середньому оцінюються 5 студентів (при чисельності групи 20 осіб –  $9 \times 5 / 20 \approx 2$  відп.);
- дві контрольні роботи (одна модульна контрольна робота поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по одній академічній годині);
- виконання розрахунково-графічної роботи;

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює:  
 $5 \text{ балів} \times 2 \text{ відп.} = 10 \text{ балів.}$

Критерії оцінки відповіді на практичних заняттях	бали
Повна вичерпна відповідь	5
Правильна відповідь з деякими недоліками	3
Неповна відповідь із суттєвими недоліками	2
Досить слабка, або не вірна відповідь	0

2.2. Модульний контроль

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів за 2 одноденні модульні контрольні роботи (МКР) дорівнює:  $5 \text{ балів} \times 2 \text{ МКР} = 10 \text{ балів.}$

Критерії оцінки виконання МКР	бали
повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)	5
достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями	3
неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки	2
незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно»)	0

2.3. Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів за всі критерії виконання і захисту РГР дорівнює 20 балів

Критерії оцінки виконання і захисту РГР	бали
виконано всі вимоги до роботи	24...30
виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки	15...23
є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки	7...14
робота не відповідає встановленим вимогам	0...6



За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

**Семестровий контроль:** Екзамен.

Розмір шкали рейтингу:  $R = R_C + R_E = 50 + 50 = 100$  балів.

Розмір стартової шкали:  $R_C = 10 + 10 + 30 = 50$  балів.

Розмір екзаменаційної шкали:  $R_E = 50$  балів (50 % від  $R$ ).

Максимальна сума вагових балів всіх контрольних заходів протягом семестру складає  $R_S = 10 + 10 + 30 + 50 = 100$  балів.

Умови допуску до екзамену: виконання всіх завдань комп'ютерного практикуму та РГР, а також попередня рейтингова оцінка з кредитного модуля має бути  $r_C \geq 25$  балів (не менше 50 % від  $R_C$ ).

Завдання екзаменаційної роботи виконується письмово і складається з одного теоретичного запитання та одної практичної задачі. Перелік питань наведений у цьому силабусі. Теоретичне питання оцінюється у 20 балів, а задача – 30 балів.

Система оцінювання теоретичного питання	бали
«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	16...20
«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	10...15
«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)	6...9
«незадовільно», незадовільна відповідь	0...5

Система оцінювання практичних запитань (задачі)	бали
«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання	25...30
«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями	18...24
«задовільно», завдання виконане з певними недоліками	9...17
«незадовільно», завдання не виконано	0...8

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Рейтингові бали	Оцінка за університетською шкалою
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
Менше 60	незадовільно
Невиконання умов допуску до екзамену	не допущено

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

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу. Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача, на платформі Coursera або Udemy. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

### ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КУРСУ:

1. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему інерційної механічної ланки другого порядку під час обертального руху.
2. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему інерційної механічної ланки другого порядку під час поступального руху.
3. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему пружної кінематичної ланки під час обертального та поступального рухів.
4. Скласти диференціальні рівняння, передавальну функцію та відобразити структурну схему демпфіруючої ланки під час обертального та поступального рухів.
5. Скласти аналітичну залежність, графічне зображення та структурну схему алгоритму дослідження нелінійного елемента із зоною нечутливості.
6. Викласти математичну сутність апроксимації функцій, відобразити графічні зображення та основні формули
7. Довести геометричну сутність операції диференціювання та реалізувати її за допомогою чисельного рівняння та  $Z$ -перетворення.
8. Викласти математичну сутність чисельно-аналітичного методу дослідження інтеграторів пружних ланок (основні рівняння та структурні схеми).
9. Викласти математичну сутність методу  $Z$ -перетворення під час дослідження послідовної структури інтеграторів пружних ланок (основні рівняння та структурні схеми).
10. Викласти математичну сутність методу  $Z$ -перетворення під час дослідження паралельної структури інтеграторів пружних ланок (основні рівняння та структурні схеми).
11. Скласти структурну схему алгоритму дослідження двомасової механічної системи з пружною ланкою для обертального руху чисельно-аналітичним методом.
12. Скласти структурну схему алгоритму дослідження двомасової механічної системи з пружною ланкою для поступального руху методом  $Z$ -перетворення.
13. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему електромеханічної системи з двигуном постійного струму.
14. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему двомасової механічної системи з пружною ланкою та демпфером.
15. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему двомасової механічної системи з пружною ланкою та люфтом.
16. Скласти структурну схему алгоритму дослідження двомасової механічної системи з пружною ланкою, демпфером та люфтом чисельно-аналітичним методом.
17. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему чотиримасової розгалуженої механічної системи.
18. Скласти диференціальні рівняння та відобразити структурну схему чотиримасової паралельної механічної системи (без перетворень).
19. Провести аналітичні перетворення (перший та другий етапи) та спростити структурну схему чотиримасової паралельної механічної системи.
20. Провести аналітичні перетворення (третій та четвертий етапи) та спростити структурну схему чотиримасової паралельної механічної системи.
21. Викласти сутність та основні математичні залежності формування оптимальних за швидкістю керуючих впливів на прикладі багатоперіодної діаграми швидкості.

22. Сформулювати основні положення та викласти методику створення багатоканальних задавальних моделей.

23. Відобразити семіперіодну діаграму швидкості та прискорення, функціональну схему задавальної моделі другого порядку та викласти основні положення формування оптимальних керуючих впливів.

24. Визначити проміжні ділянки шляху та загальний час переміщення для формування оптимальної діаграми швидкості.

25. Визначити граничні значення заданого переміщення для формування оптимальної діаграми швидкості.

26. Визначити нову максимальну швидкість та загальну відстань до точки зупинки від моменту початку уповільнення для формування оптимальної діаграми швидкості.

27. Скласти аналітичну залежність поточної відстані до кінця заданого шляху від швидкості на ділянках уповільнення для формування оптимальної діаграми швидкості.

28. Визначити оптимальні значення прискорення та швидкості у функції переміщення на всіх ділянках руху для формування оптимальної діаграми швидкості.

29. Скласти структурну схему алгоритму формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів у функції часу.

30. Скласти структурну схему алгоритму формування оптимальних за швидкодією керуючих впливів у функції переміщення.

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

**Складено:** доцент кафедри АЕМК, к.т.н., доцент **Данілін Олександр Валерійович**

**Ухвалено:** кафедрою АЕМК (протокол № 17 від 31.05.2023 р.)

**Погоджено:** Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 9 від 22.06.2023 р.)