



Затверджено на засіданні кафедри  
електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  
Протокол №1 від 29.08. 2024

## МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

2 семестр 2024/2025 нр

Лектор: <b>Яцько Сергій Іванович</b> (кандидат технічних наук, доцент) Контакти: тел.: +38(057) 730-10-76; e-mail: ua.yatsko@ gmail.com
<b>Години прийому та консультацій:</b> 13.00-15.00 понеділок, вівторок, Розміщення кафедри: м. Харків, майдан Фейсбаха, 7, корпус 2-й, аудиторія 2.232. Підключення до конференції ZOOM: ідентифікатор конференції 429 535 1928; код доступу 933643
Веб-сторінки курсу: <a href="http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/perelik-osnovnikh-distsiplin-kafedri-aset-ua">http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/perelik-osnovnikh-distsiplin-kafedri-aset-ua</a> Додаткові інформаційні матеріали: <a href="http://metod.kart.edu.ua">http://metod.kart.edu.ua</a> ; <a href="http://lib.kart.edu.ua">http://lib.kart.edu.ua</a>

Математичне моделювання ґрунтується на досягненнях математики - як класичної, так і новітньої комп'ютерної, орієнтованої на виконання обчислень за допомогою сучасних комп'ютерів. Щоб працювати з такою потужною системою математичного моделювання, як Matlab/Simulink, потрібен певний мінімум теоретичних знань з математики, чисельних методів і математичного моделювання.

Моделювання можна розглядати як заміщення досліджуваного об'єкта (оригіналу) його умовним чином, описом або іншим об'єктом, що має назву моделі забезпечує адекватну з оригіналом поведінку в рамках деяких припущень і прийнятних похибок. Моделювання зазвичай виконується з метою пізнання властивостей оригіналу, шляхом дослідження його моделі, а не самого об'єкта. Зрозуміло, моделювання виправдано в тому випадку, коли воно простіше створення самого оригіналу або коли останній з якихось причин краще взагалі не створювати.

Виключно велика роль моделювання в енергетиці, електротехніці та електромеханіці. Досить сказати, що заміна натурних випробувань моделюванням не тільки економить величезні кошти, але і сприятливо позначається на розумінні процесів і явищ, що досліджуються. А такі явища, як аварійні режими, взагалі можуть досліджуватися лише на моделях, оскільки станься вони насправді, це означало б руйнування досліджуваного об'єкта. Розробка різноманітних новітніх технологій (наприклад, систем тягового електроприводу і діагностики рухомого складу, електроенергетичних систем, накопичувачів енергії, сучасних швидкісних електропоїздів, електромобілів та ін.) також

стає можливою також завдяки різноманітним засобам моделювання. Застосування моделювання важко переоцінити в будь-якій галузі: космонавтиці і авіації, в прогнозі погоди, в розвідці природних ресурсів і т.д.

Однак не тільки такі показові приклади демонструють роль математичного і комп'ютерного моделювання. Насправді моделювання навіть найпростіших і широко розповсюджених пристроїв, наприклад роботи зливного бачка в туалеті або електричної праски, веде до величезної економії коштів і поліпшення якості масових виробів. Чим складніший об'єкт, що проектується, тим, як правило, важливіше роль моделювання в його вивченні і створенні. Саме широке застосування моделювання знаходить в механіці і фізиці, електротехніці, радіотехніці і електроніці, в техніці обробки сигналів і комунікацій. У свою чергу, успіхи в цьому напрямку сприяють створенню апаратних і програмних засобів математичного моделювання.

Важко переоцінити роль моделювання в освіті, де нерідко реальні дорогі лабораторні роботи доводиться замінювати комп'ютерним моделюванням. Але, мабуть, головне полягає в тому, що математичне моделювання дозволяє зрозуміти фізичну і математичну суті модельованих явищ і обґрунтувати оптимальні підходи до проектування самих різних виробів.

Існує безліч конкретних цілей моделювання, серед них відзначимо дві цілі узагальнюючого значення:

- вивчення механізму явищ (пізнавальна мета);
- управління об'єктами і системами з метою вироблення по моделі оптимальних керувань впливів і характеристик системи.

В обох випадках модель створюється для визначення і прогнозу характеристик або сигналів об'єкта, що нас цікавлять.

Варто зазначити, що мільйони інженерів по всьому світу використовують Matlab/Simulink у якості мови технічних обчислень.

Таким чином, сучасне виробництво, випробування, проектування, модернізація та подальша надійна експлуатація немислимі без застосування на всіх етапах життєвого циклу складних технічних об'єктів засобів моделювання.

### **Чому ви маєте обрати цей курс?**

Якщо вас цікавлять принципи створення комп'ютерних імітаційних моделей будь-яких технічних об'єктів і систем (електровозів, електропоїздів, електричних підстанцій, їх складових елементів), а також нових технологій, що тільки отримують розвиток, або у Вас є ідеї або концепти покращення технічних систем і необхідна перевірка їх працездатності - Вам потрібно саме це!

Від здобувачів очікується: бажання працювати та навчатись новому.

Практично весь змісту курсу присвячений практичним аспектам використання найбільш сучасного програмного середовища для інтерактивного науково-технічного програмування Matlab/Simulink. Паралельно лабораторним заняттям розглядаються теоретичні питання різних підходів до моделювання, видів моделей та ін.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, на форумі і особисто - у робочий час.

### **Огляд курсу**

Цей курс надає студентам знання про принципи створення імітаційних моделей електромеханічних систем - від найпростіших базових елементарних одиниць до

деталізованих моделей реальних систем, що застосовуються в електроенергетиці, електротехніці, електромеханіці, в тому числі на залізничному транспорті України.

Курс складається з однієї лекції і лабораторного заняття щотижня. Він супроводжується заняттями за комп'ютером, лекційними презентаціями, обговореннями.

### Моделювання електромеханічних систем / схема курсу

<b>Поміркуй</b>	Лекції	<b>Виконай</b>
	Запрошені лектори	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення в аудиторії	
	Лабораторні роботи	
	Гурток	
	Індивідуальні консультації	
	Онлайн форум	
	Залік	

### Ресурси курсу

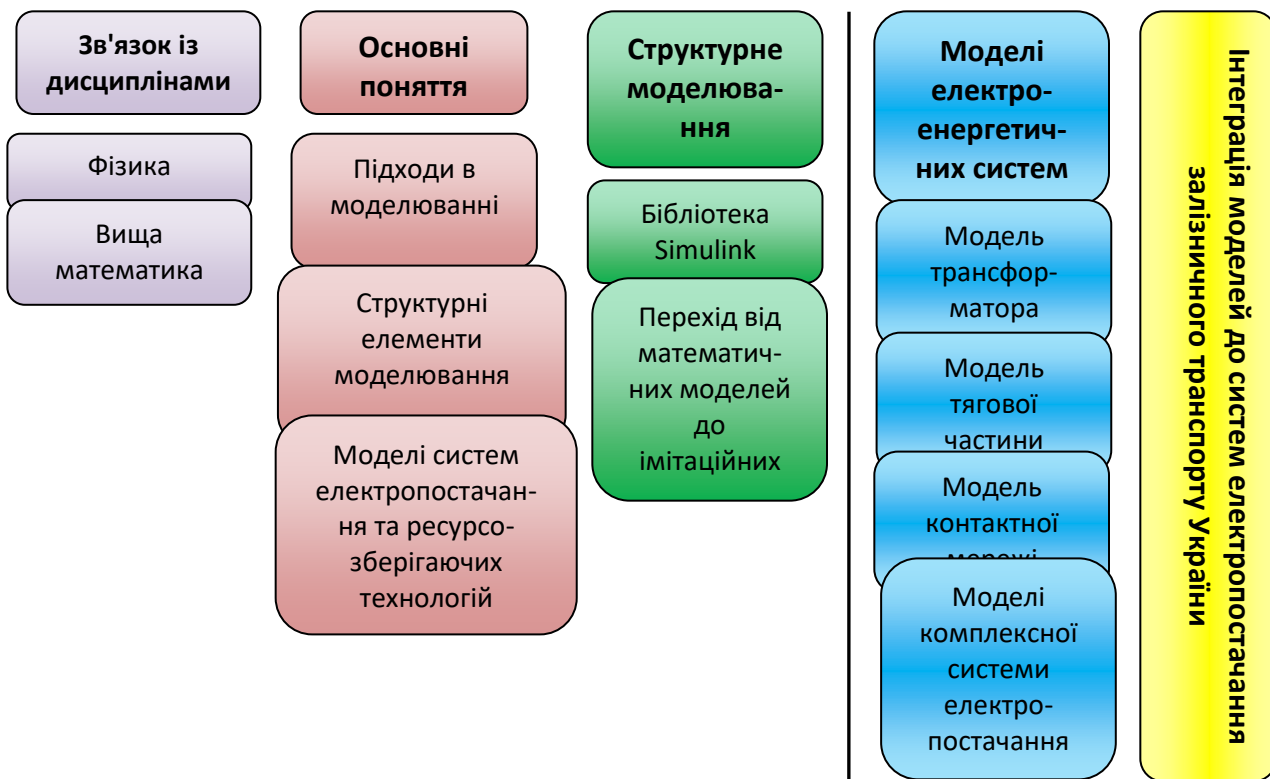
Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3823>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення в аудиторії. Під час обговорення пропонується критично поміркувати над тим, як чином можливе використання моделювання при розробці систем електропостачання та ресурсозберігаючих технологій для покращення структури енергетичних системи в Україні та світі та як пристосовувати підходи, що вивчаються, до потреб залізничного транспорту.

Приклади питань для обговорення:

- 1) Які потенційні економічні та технічні наслідки використання моделювання при розробці моделей електропостачання та ресурсозберігаючих технологій?
- 2) Які програмні додатки та методи моделювання дозволяють пришвидшити проектування та розробку технічних систем? Як це впливає на кінцевий результат та адекватність моделі?
- 3) Яким чином покращити енергоефективність і надійність електропостачання та ресурсозберігаючих технологій методами моделювання? Які економічні та соціальні наслідки будуть шляхом застосування прийнятих рішень?
- 4) Якими будуть ваші рекомендації та ваше бачення застосування моделювання при проектуванні систем електропостачання та ресурсозберігаючих технологій?

## Теми курсу



## Лекції та лабораторних занять

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема лабораторних занять
1	4	<p><b><u>Тема 1. Основні поняття математичного та імітаційного моделювання.</u></b></p> <p>Значення моделювання. Визначення математичного та імітаційного моделювання. Основні властивості моделей. Цілі моделювання. Джерела впливів і сигналів. Технологія моделювання. Основні методи рішення задач моделювання. Погрішності моделювання. Обчислювальні методи в моделюванні. Контроль правильності моделі.</p>		Знайомство з бібліотекою Simulink. Основні блоки та математичні операції з ними. Моделювання опорних форм сигналів електромеханічних систем.
2	4	<p><b><u>Тема 2. Моделювання лінійних, нелінійних та дискретних систем.</u></b></p> <p>Ідентифікація динамічних об'єктів. Про моделювання лінійних систем. Проста лінійна модель RC-кола. Передавальна функція. Імпульсна характеристика. Основи спектрального аналізу і синтезу.</p>		Знайомство з бібліотекою SimPowerSystems. Моделювання некерованих статичних перетворювачів.

		Диференційне рівняння. Модель в змінних стану. Дискретні моделі		
3	4	<b><u>Тема 3. Моделювання систем автоматизованого управління</u></b> Операційне середовище моделювання Simulink. Огляд основних бібліотек Matlab. Моделювання електромеханічних систем: Моделі основних структурних елементів. Установка параметрів моделювання.		Основні види електричних машин та їх параметри. Моделювання електричних машин: двигуна та трансформатора.
4	4	<b><u>Тема 4. Моделювання комплексної енергетичної системи</u></b> Бібліотеки блоків SimPowerSystems. Склад бібліотеки і основні особливості. Математичні та імітаційні моделі електромеханічних елементів та системи: статичних перетворювачів, електричних машин, додаткових елементів підсистем		Розробка систем керування електричних машин та статичних перетворювачів.
5	4	<b><u>Тема 5. Структурне моделювання електроенергетичних систем</u></b> Основні поняття та принципи управління електромеханічними системами. Типові функціональні схеми систем та їх елементи. Моделі систем регулювання, електричних машин і статичних перетворювачів структурними блоками.		Моделювання систем тягового приводу за допомогою структурних схем. Поняття передавальної функції. Моделювання регуляторів в системах керування, ПІ-регулятор, параметри перехідних функцій.
6	4	<b><u>Тема 6. Налаштування моделей складних електроенергетичних систем</u></b> Синтез систем регулювання. Проектування мехатронних систем. Динаміка об'єктів управління мехатронних систем. Підвищення швидкості і точності розрахунків.		Дослідження перехідних електромагнітних процесів в електроенергетичних системах.
7	4	<b><u>Тема 7. Моделювання електромагнітних процесів перехідних режимів</u></b> Показники якості перехідних режимів. Аварійні та нестаціонарні режими в електроенергетичних системах.		Мова Matlab, принципи створення коду в командному рядку Matlab. Рішення рівнянь в командному рядку. Поняття змінної, матриці, побудова графіків та діаграм, оформлення звітів.
8	2	<b><u>Тема 8. Види програмного забезпечення для моделювання</u></b> Пакети розширення Matlab/Simulink для моделювання нелінійних систем: нечіткої логіки, нейромереж, статистичний, обробки цифрових сигналів. Середовище твердотілого кінцевоелементного моделювання SolidWorks.		Пакети розширення Matlab/Simulink: нечітка логіка, нейромережі, статистичний, обробка цифрових сигналів. Обробка сигналів. Моделювання нелінійних систем.

## ПОРЯДОК ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

**Методи контролю:** Усне опитування, поточний контроль, модульний контроль (тести), підсумкове тестування, іспит. При оцінюванні результатів навчання керуватися Положенням про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ (<http://kart.edu.ua/images/stories/akademiya/documentu-vnz/polojennya-12-2015.pdf>).

Згідно з Положенням про впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу використовується 100-бальна шкала оцінювання.

Принцип формування оцінки за модуль у складі залікових кредитів I і II за 100-бальною шкалою показано у таблиці, де наведена максимальна кількість балів, яку може набрати студент за різними видами навчального навантаження.

Максимальна кількість балів за модуль		
Поточний контроль	Модульний контроль (Тести)	Сума балів за модуль
До 60	До 40	До 100
Поточний контроль		
Відвідування занять.		30
Активність на заняттях (Лекціях, практичних).		30
Виконання індивідуального завдання		30
Підсумок		до 60

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до державної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
<b>ВІДМІННО – 5</b>	<b>Відмінно</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
<b>ДОБРЕ – 4</b>	<b>Дуже добре</b> – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	<b>Добре</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
<b>ЗАДОВІЛЬНО - 3</b>	<b>Задовільно</b> - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	<b>Достатньо</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
<b>НЕЗАДОВІЛЬНО - 2</b>	<b>Незадовільно</b> – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік або екзамен (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	<b>Незадовільно</b> - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

## **КОДЕКС АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ**

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням:

<http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультиватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залучення до роботи.

## **ІНТЕГРАЦІЯ СТУДЕНТІВ ІЗ ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ**

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>