



# МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

I семестр 2020 курс силабус

3-IV-ЕТ зочн.

## Команда викладачів:

<b>Лектори:</b> Ващенко Ярослав Васильович, Яцько Сергій Іванович ( <i>запрошений лектор</i> ) <b>Контакти:</b> vashhenko@kart.edu.ua, jacko@kart.edu.ua
<b>Асистенти лектора:</b> Одегов Микола Миколайович <b>Години прийому та консультацій:</b> 13.00-14.00 вівторок - четвер
<b>Веб-сторінки курсу:</b> Веб сторінка курсу: <a href="https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3823">https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3823</a> Додаткові інформаційні матеріали: <a href="http://www.mathworks.com">www.mathworks.com</a> , <a href="http://www.habr.com">www.habr.com</a> , <a href="http://www.twirpx.com">www.twirpx.com</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 така 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 найвишуканішим 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, який вивчається з вересня по грудень, 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 на два тижні і лабораторного заняття щотижня. Він супроводжується груповими та індивідуальними заняттями за комп'ютерами, лекційними презентаціями, обговореннями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання при розробці бакалаврської роботи і магістерського проекту, по завершенню навчання при влаштуванні в установи державної та приватної форм власності, проектно-конструкторські підрозділи виробництв, інноваційні підприємства, використання у власних розробках та дослідженнях.

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

Лабораторні заняття курсу передбачають виконання групових проектів з моделювання електромеханічних систем для потреб електропостачання та ресурсозберігаючих технологій (групи від 3х до 5 осіб) та фіналізується коротким захистом проробленої роботи. Виконання завдання супроводжується зануренням у суміжні дисципліни, що доповнюють теми, та формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

## Ресурси курсу

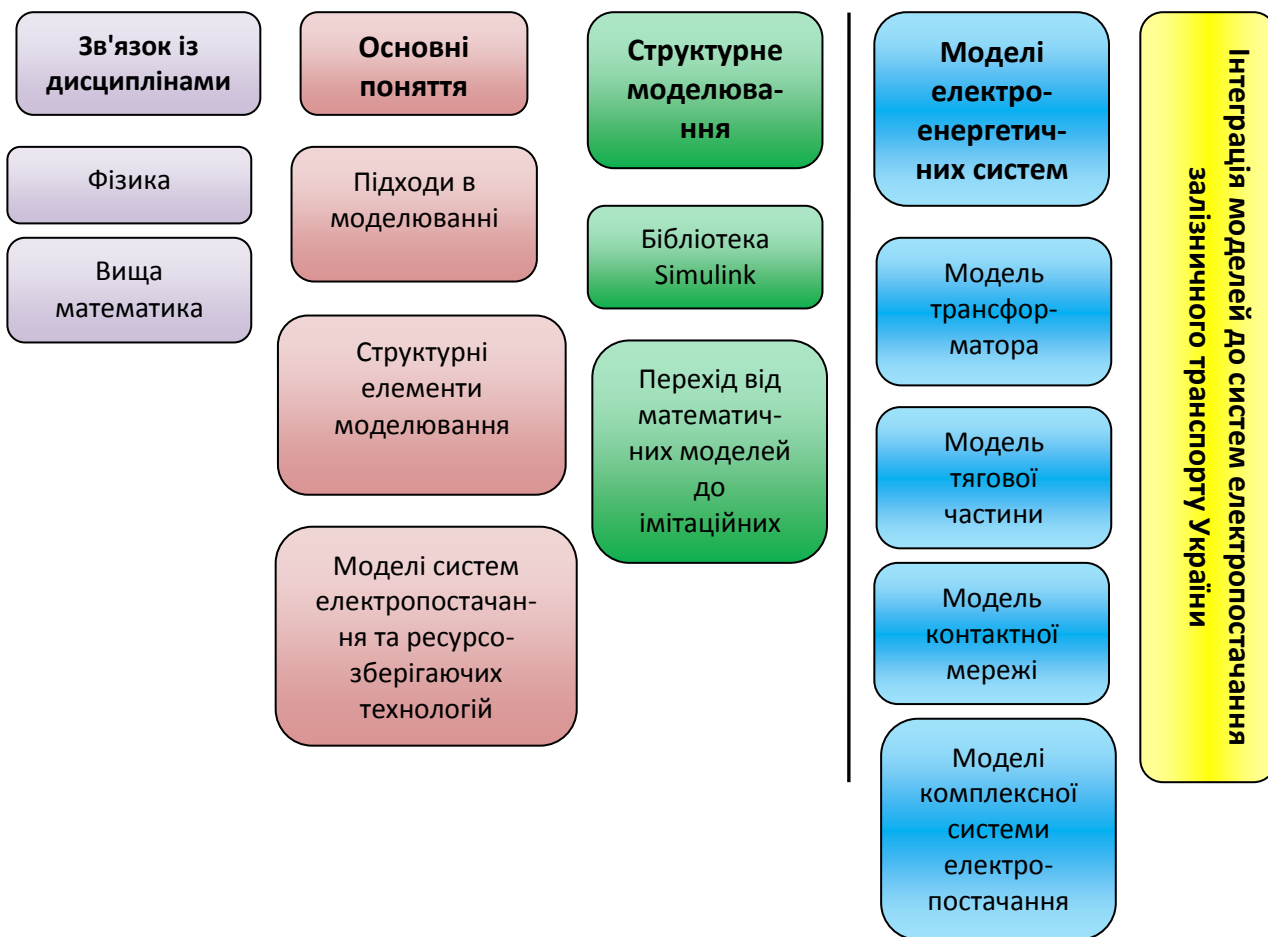
Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3823>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

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	2	<p><b><u>Тема 1. Основні поняття математичного та імітаційного моделювання.</u></b>            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	2	<p><b><u>Тема 2. Моделювання лінійних, нелінійних та дискретних систем.</u></b>            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	2	<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	2	<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	2	<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	2	<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	2	<b><u>Тема 7. Моделювання електромагнітних процесів перехідних режимів</u></b> Показники якості перехідних режимів. Аварійні та нестационарні 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	1	<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 твердотільного кінцевоелементного моделювання SolidWorks.		Пакети розширення Matlab/Simulink: нечітка логіка, нейромережі, статистичний, обробка цифрових сигналів. Обробка сигналів. Моделювання нелінійних систем.

## Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної 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
ВІДМІННО – 5	<b>Відмінно</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	<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
ЗАДОВІЛЬНО - 3	<b>Задовільно</b> - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	<b>Достатньо</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	<b>Незадовільно</b> – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	<b>Незадовільно</b> - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

### Завдання на самостійну роботу:

- Студентам пропонується обрати один з 8 варіантів тем для створення власного проекту впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **20 балів до поточного модульного контролю**. За вчасне та частково вірне виконання – від 15 до 25 балів. За невиконане завдання бали не нараховуються. Необхідний обсяг виконання завдання складає 50% на перший модульний контроль і 100% на другий модульний контроль. Перебіг поточного виконання завдання та питання для обговорення надсилаються на e-mail викладача або перевіряються ним особисто.

	Теми проектів
1	Основні поняття математичного та імітаційного моделювання.
2	Моделювання лінійних, нелінійних та дискретних систем.
3	Основні поняття баз знань.
4	Імітаційне моделювання електромеханічних систем
5	Моделювання комплексної енергетичної системи
6	Структурне моделювання електроенергетичних систем
7	Налаштування моделей складних електроенергетичних систем
8	Моделювання електромагнітних процесів перехідних режимів

### Відвідування лекцій:

Бали за цю складову нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. За відвідування кожної лекції нараховується 2 бали. **Максимальна сума становить 10 балів.**



**Ступінь залученості:**

Мета участі в курсі – залучити студентів до дискусії, розширити можливості навчання для себе та навчитись використанню засобів імітаційного моделювання для забезпечення можливості проектування, модернізації та дослідження електромеханічних систем. Участь буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. **Максимальна сума становить 10 балів.**

**Лабораторні заняття:**

Оцінюються за відвідуваннями (до 3 балів), ступенем залученості (до 7 балів) та захистом виконаного завдання (до 5 балів). Ступінь залученості визначається участю у процесі виконання лабораторних робіт. **Максимальна сума становить 30 балів.**

**Модульне тестування:**

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (15 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2,5 бали). **Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.**

**Залік:**

- Студент отримує залік за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання викладача.

## Гурток

Впродовж семестру всім бажаним студентам пропонується відвідування науково-технічного гуртка «Моделювання електромеханічних систем» для освоєння розширених засобів, методів та підходів у моделюванні та проектуванні технічних систем.

Гурток працює кожну середу о 12.40 в комп'ютерній аудиторії 2.131.

За результатами роботи в гуртку студенту пропонується спробувати себе для роботи в науково-практичній області шляхом створення імітаційних моделей, їх дослідження та створення за результатами досліджень тез доповідей та наукових статей у фахових спеціалізованих виданнях.

Робота в гуртку оцінюється додатковими балами (за потреби).

## Команда викладачів:

**Ващенко Ярослав Васильович** (<http://kart.edu.ua/staff/vashhenko-jaroslav-vasilovich>) – лектор з моделювання електромеханічних систем в УкрДУЗТ. Отримав ступінь к.т.н. за спеціальністю 05.22.09 електротранспорт у НТУ «ХПІ» у 2016 році. Напрямки наукової діяльності: системи управління та діагностики рухомого складу з тяговим асинхронним електроприводом.

**Одєгов Микола Миколайович** (<http://kart.edu.ua/staff/odiegov-mikola-mikolajovich>) – старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки в УкрДУЗТ. Напрямки наукової діяльності: підвищення ефективності електропоїздів постійного струму.

**Яцько Сергій Іванович** (<http://kart.edu.ua/staff/jacko-sergij-ivanovich>) – доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки УкрДУЗТ. У Кандидат технічних наук з 1991 року. Дисертацію захистив у спеціалізованій вченій раді при Луганському машинобудівному інституті за спеціальністю «Рухомий склад залізниць та тяга поїздів». Напрямок наукової діяльності: підвищення ефективності систем електричної тяги. Науковий керівник галузевої науково – дослідної лабораторії електричного моторвагонного рухомого складу.

## **Кодекс академічної доброчесності**

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним.

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися 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 залученості 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: <https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=3823>