



СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА КОМПЛЕКСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G – Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G3 – Електрична інженерія</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 год.: 8 год.- лекції, 8 год.- комп'ютерні практикуми, 104 год. - СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доц. Лістовицький Леонід Костянтинович, listovshchyk.leonid@iit.kpi.ua</i> Комп'ютерні практикуми: <i>к.т.н., доц. Лістовицький Леонід Костянтинович, listovshchyk.leonid@iit.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom: wimltvm</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна закладає основи для вивчення інших дисциплін: «Технічні ризики», «Інжиніринг електротехнічних та мехатронних систем» та подібних, в яких передбачено використання систем автоматизованого проектування для імітаційного дослідження систем, комплексів і процесів в електромеханіці.

***Метою** вивчення дисципліни є формування у студентів здатностей вирішення прикладних задач з дослідження існуючих та проектування нових елементів та засобів електромеханічних систем та комплексів.*

***Предметом** вивчення дисципліни є електромеханічні системи та комплекси, їх влаштування, особливості функціонування, раціональний набір машин і механізмів в залежності від способу їх використання. Вивчення цих питань базується на технічній механіці, гідравліці та гідропневмоприводу, фізиці. Суміжними дисциплінами є: «Інтелектуальні системи прийняття рішень», «Надійність електротехнічних та мехатронних систем». В результаті вивчення дисципліни «Системи автоматизованого проектування електромеханічних систем та комплексів» студенти отримують такі **фахові компетентності**:*

- 1) здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки (ФК01);*
- 2) здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої*

розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем (ФК09);

3) Здатність на підставі аналізу статичних і динамічних навантажень, режимних характеристик розраховувати та розробляти оптимальні конструкції обладнання та експлуатаційні режими простих і складних електромеханічних комплексів з використанням сучасних комп'ютерних методів математичного моделювання (ФК14).

та програмні результати навчання:

1) Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні (ПРН01);

2). Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах (ПРН14);

3) Виконувати фізичне і математичне моделювання, статичний та динамічний аналізи конструкцій, механізмів, матеріалів та процесів на стадії проектування, досліджувати надійність систем, з використанням сучасних комп'ютерних засобів (ПРН15).

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

Вивчення дисципліни базується на технічній механіці, гідравліці та гідропневмоприводу, фізиці. Суміжними дисциплінами є: «Інтелектуальні системи прийняття рішень», «Надійність електротехнічних та мехатронних систем». В результаті вивчення дисципліни «Системи автоматизованого проектування електромеханічних систем та комплексів».

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Тема 1.1 Загальні відомості про проектування.
2. Тема 1.2 Використання видів САПР.
3. Тема 1.3 Компоненти САПР. Основні види інформації в САПР
4. Тема 1.4 Компоненти САПР. Представлення об'єктів в САПР
5. Тема 1.5 Методи розрахунку напруженого стану конструкцій, які використовуються в САПР.
6. Тема 1.6 Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції методом скінченних елементів.
7. Тема 1.7 Оцінка та оптимізація проектних технологічних рішень
8. Тема 1.8 Швидке прототипування та виготовлення
9. Тема 1.9 Віртуальна інженерія

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. - Херсон: Олді-плюс, 2018. – 252
2. Проектування елементів мехатронних систем у середовищі SolidWorks [Текст]: метод. вказівки до викон. комп. практикуму для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: Л.К. Лістовщик, В.О. Поліщук, М.П. Калюш. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. - 76 с.
3. Tickoo S. SolidWorks 2017 for Designers / S. Tickoo // CAD/CIM Technologies, 2017. - 2223 p.
4. Лістовщик Л.К. Основи геометричного моделювання в програмі SolidWorks. Частина 1: навчальний посібник/ Л.К. Лістовщик. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 69 с.

Додаткова література

5. Методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів з дисципліни “Пакети прикладних програм для конструювання електричних машин”, використання систем автоматизованого проектування AutoCAD та SolidWorks для конструювання електричних машин / Уклад.: Ю.М. Васьковський, Ю.А. Гайденко, С.С. Цивінський. – К.: НТУУ “КПІ ІМ. І.СІКОРСЬКОГО”

6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Основи проектування та САПР” для підготовки бакалаврів за напрямом 6.050502 “Інженерна механіка”, 6.050503 “Машинобудування” / укладач: Г.І. Танцур – Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2011 р. – 80 с

7. Сучасні технології конструювання РЕА. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання. – Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 67 с

8. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни CAD/CAM-системи для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / Сост.: В.Г.Макшанцев - Краматорськ: ДДМА. 2018.-57 с.

9. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: навчально-методичний посібник з виконання практичних робіт / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 152 с

10. Bethune J.D. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2016 / J.D. Bethune // Peachpit Press, 2016. - 784 p.

11. Onwubolu G.C. Introduction to SolidWorks: A Comprehensive Guide with Applications in 3D Printing / G.C. Onwubolu // CRC Press, 2017. - 1193 p.

12. Tickoo S. SolidWorks 2017 for Designers / S. Tickoo // CAD/CIM Technologies, 2017. - 2223 p.

13. Verma G. SolidWorks 2017 Black Book / G. Verma, M. Weber // CAD/CAM/CAE Works, 2017. - 518 p.

14. Сайт компанії Dassault System SolisWorks. <http://www.solidworks.com>.

Інформаційні ресурси

1. <https://classroom.google.com/c/MTU5MjI2NDY3Nzcw?cjc=wimltvm>

2. <https://aemk.kpi.ua>

Навчальний контент

5.Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Навчальні заняття реалізуються у формі лекцій, комп'ютерних практикумів, індивідуальних занять, у тому числі з використанням дистанційних технологій навчання (гугл-клас, зум-конференції, тощо)

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Комп'ютерні практикуми	СРС
Лекція 1. Загальні відомості про проектування. Основні визначення, види проектування. Мета створення САПР. САПР, які використовуються у світі.	6	2		4
Лекція 2 САПР в складі CALS - технологій. Загальносистемні принципи САПР.	8	2	2	4
Лекція 3. Стадії створення САПР. Види забезпечення САПР.	5			5
Лекція 4. Використання CAD, CAM та CAE в розробці та виробництві продукту.	6	2		4
Лекція 5. Використання САПР в життєвому циклі продукту.	8	2	2	4

<i>Лекція 6. Компоненти САПР. Основні види інформації в САПР</i>	<i>6</i>			<i>6</i>
<i>Лекція 7. Апаратне забезпечення. Представлення графічної інформації на ЕОМ. Основні види графічної інформації.</i>	<i>8</i>			<i>8</i>
<i>Лекція 8. Вимоги до інформаційного забезпечення САПР. Автоматизовані інформаційні системи.</i>	<i>10</i>		<i>2</i>	<i>8</i>
<i>Лекція 9. Банки даних та інформаційно-пошукові системи, форми організації даних.</i>	<i>5</i>			<i>5</i>
<i>Лекція 10. Методи розрахунку напруженого стану конструкцій, які використовуються в САПР. Методи опору матеріалів та будівельної механіки.</i>	<i>5</i>			<i>5</i>
<i>Лекція 11. Чисельні методи розрахунку напруженого стану конструкції. Класифікація розрахунків.</i>	<i>6</i>			<i>6</i>
<i>Лекція 12. Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції методом скінченних елементів. Основна термінологія, позначення та визначення методу скінченних елементів. Етапи практичної реалізації методу скінченних елементів. Апроксимація вихідних елементів.</i>	<i>13</i>		<i>2</i>	<i>11</i>
<i>Лекція 13. Оцінка та оптимізація проектних технологічних рішень. Основні техніко-економічні параметри. Критерії розвитку технічних об'єктів. Оптимізація технічних рішень. Концепція прийняття рішень</i>	<i>10</i>			<i>10</i>
<i>Лекція 14. Віртуальна інженерія</i>	<i>6</i>			<i>6</i>
<i>Лекція 15. Швидке прототипування та виготовлення. Процеси швидкого прототипування та виготовлення. Тужавіння на твердій основі. Тривимірний друк. Лазерне спікання. Ламінування. Інші методи прототипування.</i>	<i>9</i>	<i>2</i>		<i>7</i>
<i>МКР за пройденим матеріалом</i>	<i>6</i>	<i>2</i>		<i>4</i>
<i>Екзамен</i>	<i>4</i>			<i>4</i>
<i>Всього годин</i>	<i>120</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>104</i>

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Лекція 1. Загальні відомості про проектування. Основні визначення, види проектування. Мета створення САПР. САПР, які використовуються у світі. Рекомендована література: [1, 3]
2	Лекція 2. САПР в складі CALS - технологій. Загальносистемні принципи САПР. Рекомендована література: [1, 10, 11]
3	Лекція 3. Стадії створення САПР. Види забезпечення САПР. Рекомендована література: [1, 8, 14]
4	Лекція 4. Використання CAD, CAM та CAE в розробці та виробництві продукту. Рекомендована література: [3]
5	Лекція 5. Використання САПР в життєвому циклі продукту. Рекомендована література: [7, 11]
6	Лекція 6. Компоненти САПР. Основні види інформації в САПР. Рекомендована література: [1, 6]
7	Лекція 7. Апаратне забезпечення. Представлення графічної інформації на ЕОМ. Основні види графічної інформації. Рекомендована література: [1, 5]
8	Лекція 8. Вимоги до інформаційного забезпечення САПР. Автоматизовані інформаційні системи. Рекомендована література: [5]
9	Лекція 9. Банки даних та інформаційно-пошукові системи, форми організації даних. Рекомендована література: [4]
10	Лекція 10. Методи розрахунку напруженого стану конструкцій, які використовуються в САПР. Методи опору матеріалів та будівельної механіки. Рекомендована література: [7,10]
11	Лекція 11. Чисельні методи розрахунку напруженого стану конструкції. Класифікація розрахунків. Рекомендована література: [10]
12	Лекція 12. Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції методом скінченних елементів. Основна термінологія, позначення та визначення методу скінченних елементів. Етапи практичної реалізації методу скінченних елементів. Апроксимація вихідних елементів. Рекомендована література: [12]
13	Лекція 13. Оцінка та оптимізація проектних технологічних рішень. Основні техніко-економічні параметри. Критерії розвитку технічних об'єктів. Оптимізація технічних рішень. Концепція прийняття рішень. Рекомендована література: [13]
14	Лекція 14. Віртуальна інженерія. Рекомендована література: [11, 13]
15	Лекція 15. Швидке прототипування та виготовлення. Процеси швидкого прототипування та виготовлення. Тужавіння на твердій основі. Тривимірний друк. Лазерне спікання. Ламінування. Інші методи прототипування. Рекомендована література: [12, 13]

Комп'ютерні практикуми

Основні завдання циклу комп'ютерних практикумів присвячені формуванню компетентностей в геометричному проектуванні об'єктів електромеханічних систем та використання САПР для визначення основних характеристик цих об'єктів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Створення ескізу. Створення 2-вимірної моделі деталі, з моделюванням її геометричних властивостей. Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. (2 години). Рекомендована література: [1 - 4] СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
2	Створення простої 3D деталі. Створення віртуальної тривимірної моделі деталі, з моделюванням її геометричних властивостей. Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. (2 години) Рекомендована література: [1 - 4] СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
3	Створення моделі деталі методом обертання контуру навколо вісі. Створення віртуальної тривимірної моделі деталі, з моделюванням її геометричних властивостей. (2 години) Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [1 - 4] СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
4	Розробка тривимірної моделі складної деталі. Створення віртуальної тривимірної моделі складної деталі, з моделюванням її геометричних властивостей та використанням різних типів команд. (4 години) Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [1 - 4] СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
5	Створення збірки деталей. Створення віртуальної тривимірної моделі збірки деталей. (4 години) Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [1 - 4] СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.
6	Основи створення креслень. Створення документації на деталі у вигляді креслення. (2 години) Дидактичні засоби: методичні вказівки, які дозволяють сформулювати вхідні дані для виконання та пояснюють хід виконання роботи, відеоурок. Рекомендована література: [1 - 4] СРС: Виконання завдань за варіантами за даною темою.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 104 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

виконання РГР – 14 год;

Розрахунково-графічна робота передбачає виконання індивідуального завдання на базі розроблених методичних вказівок. Вказівки містять 4 завдання з докладним описом та прикладами. Виконання цих завдань і формує зміст розрахунково-графічної роботи. Об'єкти для моделювання

вибираються студентом після консультування з керівником. Це може бути як вже відомі вироби так і пристрої та елементи систем, які розробляються та досліджуються студентом в рамках магістерської дисертації. У випадку дослідження в межах магістерської дисертації кількість типів завдань може бути скоригована та зосереджена на одному пристрої або системі.

Приклади тем досліджень:

- Дослідження моделі деталі за допомогою Simulation Express програмного середовища SolidWorks;
- Дослідження елементів конструкції за допомогою SolidWorks Simulation;
- Дослідження процесів в елементах конструкції гідравлічної системи за допомогою модуля FlowWorks;
- Дослідження кінематики виконавчого органу мехатронної системи за допомогою модуля SolidWorks Motion.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення навчальної дисципліни “Системи автоматизованого проектування електромеханічних систем і комплексів” потребує від здобувача вищої освіти:

- дотримання навчально-академічної етики;
- дотримання графіку навчального процесу;
- бути зваженим, уважним на заняттях;
- систематично опрацьовувати теоретичний матеріал;
- дотримання графіку захисту комп'ютерних практикумів. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставленого завдання, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на лекції, то йому слід відпрацювати цю лекцію у інший час (з іншою групою, на консультації).

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на практичних заняттях, то йому слід відпрацювати ці заняття у інший час (з іншою групою, на консультації).

Студент може отримати додаткових до 10 балів у разі отримання сертифікату по курсу «Autodesk CAD/CAM/CAE for Mechanical Engineering» на сайті Coursera за адресою: <https://www.coursera.org/specializations/autodesk-cad-cam-cae-mechanical-engineering> та подібних за узгодженням з викладачем.

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

Поточний контроль:

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

- 1) виконання та захисту 6 комп'ютерних практикумів;
- 2) виконання 1 модульної контрольної роботи;
- 3) виконання розрахункової роботи.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

	вчасна здача	1 перездача (протягом двох тижнів від початкового контролю)	2 перездача (без дотримання термінів виконання)
1. Виконання модульної контрольної роботи:			
повністю правильно виконана робота	12	10	8
робота виконана з незначними помилками	10	8	6
робота не зарахована	0	0	0
2. Виконання комп'ютерних практикумів:			
- завдання захищено з відмінним володінням матеріалу	8	6	4

- завдання виконано з відмінним володінням матеріалу	6	4	2
- завдання не виконано	0	0	0
3. Виконання розрахункової роботи:			
- повністю правильно виконана робота (правильно виконано не менше 90%)	12	10	8
- робота виконана з незначними помилками (правильно виконано не менше 75%)	10	8	6
- робота не зарахована	0	0	0

Розрахунок шкали (RC) рейтингу
 $RC(max) = 6*6 + 1*12+12 = 60$ балів
 $RC(min) = 6*3 + 1*6+6 = 30$ балів

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимальна сума набраних балів складає 30 бали (3 лаб. практи. 1 МКР). На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг **не менше $0,5*30 = 15$ балів**.

За результатами 13 тижнів навчання максимальна сума набраних балів має складати 54 бали (5 лаб. практи., 1 МКР, 1 РГР). На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг **не менше $0,5*54 = 27$ балів**.

Семестровий контроль. Іспит. На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить 2 запитання. Кожне запитання оцінюється у 20 балів.

Система оцінювання екзаменаційних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10-14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Шкала рейтингових балів та критерії оцінювання екзамену (RE):

	бали
- повністю правильна відповідь	40...36
- відповідь з незначними помилками	30...35
- відповідь з помилками	29...24
- відповідь не зарахована	23...0

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R=RC+RE=60+40=100$ балів

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	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

$Rc(max)=6*12+1*20+8=100$ балів
 $Rc(min)=6*12*0,5+1*20*0,5+8*0,5=50$ балів

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Контрольні запитання

1. Поняття «САПР»
2. САПР в складі CALS - технологій. Загальносистемні принципи САПР.
3. Стадії створення САПР.
4. Види забезпечення САПР.
5. Використання CAD, CAM та CAE в розробці та виробництві продукту.
6. Використання САПР в життєвому циклі продукту.
7. Компоненти САПР.
8. Основні види інформації в САПР.
9. Апаратне забезпечення.
10. Представлення графічної інформації на ЕОМ. Основні види графічної інформації.
11. Вимоги до інформаційного забезпечення САПР.
12. Автоматизовані інформаційні системи.
13. Банки даних та інформаційно-пошукові системи, форми організації даних.
14. Методи розрахунку напруженого стану конструкцій, які використовуються в САПР.
15. Методи САПР опору матеріалів та будівельної механіки.
16. Чисельні методи розрахунку напруженого стану конструкції. Класифікація розрахунків.
17. Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції методом скінченних елементів.
18. Основна термінологія, позначення та визначення методу скінченних елементів.
19. Етапи практичної реалізації методу скінченних елементів. Апроксимація вихідних елементів.
20. Оцінка та оптимізація проектних технологічних рішень. Основні техніко-економічні параметри.
21. Критерії розвитку технічних об'єктів. Оптимізація технічних рішень. Концепція прийняття рішень

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Лістовщик Л.К

Ухвалено кафедрою АЕМК (протокол № 15 від 04.06.2025)

Ухвалено Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол №30 від 25.06.2025)