



# 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>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>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна/ дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 год.: 36 год. - лекції, 18 год. - комп'ютерні практикуми, 66 год. - СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Лістовицький Леонід Костянтинович, listovshchuk.leonid@lll.kpi.ua Комп'ютерні практикуми: к.т.н., доц. Лістовицький Леонід Костянтинович, listovshchuk.leonid@lll.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom: wimlvtm</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Дисципліна закладає основи для вивчення інших дисциплін: Технічні ризики, Інтелектуальні системи прийняття рішень, 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: Інжиніринг електротехнічних та мехатронних систем, Надійність електротехнічних та мехатронних систем. В результаті вивчення дисципліни «Системи автоматизованого проектування електромеханічних систем та комплексів» студенти отримують такі компетентності:*

#### ***фахові:***

- здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методика, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки (K11);*

- здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем (К19);
- 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 (К24).

#### **та програмні результати навчання:**

1) Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні (ПР01);

2). Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах (ПР14);

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 (ПР15).

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

*Вивчення дисципліни базується на курсах: Вивчення цих питань базується на Технічній механіці, Гідравліці та гідропневмоприводу, Фізиці, Суміжними дисциплінами є: Інжиніринг електротехнічних та мехатронних систем, Надійність електротехнічних та мехатронних систем.*

## **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. Гайдено, 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. Танцура – Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2011 р. – 80 с

7. Сучасні технології конструювання PEA. 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/MTU5Mjl2NDY3Nzcw?cjc=wimltvm>

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

### **Навчальний контент**

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

Методика викладання дисципліни поєднує наочні методи навчання з поясненням у тому числі з використанням дистанційних технологій навчання (гуґл-клас, зумконференції, тощо). Викладання проводиться у формі лекцій та практичних занять. При виконанні розрахунково-графічної роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Комп'ютерні практикуми	СРС
1	2	3	4	5
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.	9	3	2	4
Лекція 3. Стадії створення САПР. Види забезпечення САПР.	8	2	2	4
Лекція 4. Використання CAD, CAM та CAE в розробці та виробництві продукту.	8	2	2	4

<i>Лекція 5. Використання САПР в життєвому циклі продукту.</i>	8	2	2	4
<i>Лекція 6. Компоненти САПР. Основні види інформації в САПР</i>	7	3		4
<i>Лекція 7. Апаратне забезпечення. Представлення графічної інформації на ЕОМ. Основні види графічної інформації.</i>	8	3	2	3
<i>Лекція 8. Вимоги до інформаційного забезпечення САПР. Автоматизовані інформаційні системи.</i>	7	2	2	3
<i>Лекція 9. Банки даних та інформаційно-пошукові системи, форми організації даних.</i>	5	2		3
<i>Лекція 10. Методи розрахунку напруженого стану конструкцій, які використовуються в САПР. Методи опору матеріалів та будівельної механіки.</i>	4	1		3
<i>Лекція 11. Чисельні методи розрахунку напруженого стану конструкції. Класифікація розрахунків.</i>	4	1		3
<i>Лекція 12. Розрахунок напружено-деформованого стану конструкції методом скінченних елементів.</i>	5	1	1	3
<i>Лекція 13. Основна термінологія, позначення та визначення методу скінченних елементів. Етапи практичної реалізації методу скінченних елементів. Апроксимація вихідних елементів.</i>	5	1	1	3
<i>Лекція 14. Оцінка та оптимізація проектних технологічних рішень. Основні техніко-економічні параметри.</i>	4	1		3
<i>Лекція 15. Критерії розвитку технічних об'єктів. Оптимізація технічних рішень. Концепція прийняття рішень</i>	4	1		3
<i>Лекція 16. Швидке прототипування та виготовлення. Процеси швидкого прототипування та виготовлення. Тужавіння на твердій основі.</i>	5	1	1	3
<i>Лекція 17. Тривимірний друк. Лазерне спікання. Ламінування. Інші методи прототипування.</i>	5	1	1	3
<i>Лекція 18. Віртуальна інженерія</i>	8	3	2	3
<i>МКР за пройденим матеріалом</i>	6	4		2
<i>Екзамен</i>	4			4
<i>Всього годин</i>	120	36	18	66

## 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. Рекомендована література: [12]
13	Лекція 13. Основна термінологія, позначення та визначення методу скінченних елементів. Етапи практичної реалізації методу скінченних елементів. Апроксимація вихідних елементів. Рекомендована література: [13]
14	Лекція 14. Оцінка та оптимізація проектних технологічних рішень. Основні техніко-економічні параметри. Рекомендована література: [11, 13]
15	Лекція 16. Критерії розвитку технічних об'єктів. Оптимізація технічних рішень. Концепція прийняття рішень. Рекомендована література: [12, 13]
16	Лекція 17. Швидке прототипування та виготовлення. Процеси швидкого прототипування та виготовлення. Тужавіння на твердій основі. Рекомендована література: [13]
17	Лекція 18. Тривимірний друк. Лазерне спікання. Ламінування. Інші методи прототипування. Рекомендована література: [13]

18	Лекція 19. Віртуальна інженерія Рекомендована література: [9]
----	--

### 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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 – 24 год;  
підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

виконання РГР – 14 год;  
підготовку до іспиту – 24 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.

Теми 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)

**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) відповіді під час експрес-контролів на лекціях;
- 4) відповідь на іспиті;
- 5) 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
<b>2. Виконання комп'ютерних практикумів:</b>			
- завдання захищено з відмінним володінням матеріалу	8	6	4
- завдання виконано з відмінним володінням матеріалу	6	4	2
- завдання не виконано	0	0	0
<b>3. Виконання розрахункової роботи:</b>			
- 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**.

**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:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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



$$R_c(\max)=6 \times 12 + 1 \times 20 + 8 = 100 \text{ балів}$$

$$R_c(\min)=6 \times 12 \times 0,5 + 1 \times 20 \times 0,5 + 8 \times 0,5 = 50 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимальна сума набраних балів складає 72 бали (6к.п.). На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \times 63 = 36$  балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля потрібно мати рейтинг не менше 50 балів, а також виконані всі практикуми та модульна контрольна робота.

Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 50 балів виконують залікову контрольну роботу. При цьому до загального рейтингу додаються бали за контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання контрольної роботи складається з трьох питань з лекційного матеріалу.

Кожне питання оцінюється наступним чином:

- творчий підхід, повністю розкриті завдання – 9 балів;
- глибоке розкриття завдання, незначні помилки – 7 балів;
- обґрунтоване розкриття, з незначними помилками – 5 балів;
- завдання розкрито неповністю, є помилки – 3 бали;
- завдання не вирішене – 0 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 № 17 від 31.05.2023)

**Ухвалено** Методичною радою НН ІЕЕ (протокол №9 від 22.06.2023)