



# Надійність електротехнічних та мехатронних систем

## Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

### Реквізитивна 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(денна)/заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 год.) 36 год.-лекції, 18 год.-практичні, 66 год. - СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР, РР</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.ф-м.н., доц. Городецький Віктор Георгійович, v.gorodetskyi@ukr.net Практичні: к.ф-м.н., доц. Городецький Віктор Георгійович, v.gorodetskyi@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom, oltnw7u</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

В дисципліні розглядаються основні підходи до оцінювання надійності електротехнічних та мехатронних систем, які використовуються на енергоємних виробництвах. При цьому основою курсу є не тільки математичний апарат для розрахунку надійності вказаних систем, але й фізичні основи функціонування такого обладнання, які впливають на його надійність.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів системи базових знань для вирішення професійних задач з питань надійної експлуатації специфічного електромеханічного обладнання вказаних виробництв, проектування такого обладнання з урахуванням фактора надійності.

**Предметом** вивчення дисципліни являється комплекс питань з теоретичних основ розрахунку надійності та методів підвищення надійності обладнання на різних стадіях. Вивчення цих питань базується на матеріалі дисциплін, що вивчалися раніше: “Вища математика”, ”Фізика”, “Електротехнічні матеріали”, “Гідравліка та гідропневмопривод”. “Електрообладнання та електропостачання машин і установок електротехнічних комплексів”.

В результаті вивчення дисципліни «Надійність електротехнічних та мехатронних систем» студенти отримують такі компетентності:

- *фахові:*

1) Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки (К12).

2) Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію,

технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів (К17).

3) Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові акти, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці (К18).

4) 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) Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем (ПР02),

2) Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу (ПР04),

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),

4) Вибирати елементну базу електромеханічних та мехатронних систем, комплектних електро- та гідроприводів, засобів керування, захисту, автоматизації систем електропостачання машин і установок, виробничих дільниць та підприємств (ПР16).

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

*Вивчення дисципліни базується на курсах: "Вища математика", "Фізика", "Електротехнічні матеріали", "Гідравліка та гідропневмопривод". "Електрообладнання та електропостачання машин і установок електротехнічних комплексів".*

*Постреквізитом дисципліни є "Переддипломна практика".*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Навчальна дисципліна складається з 5 розділів:**

**Розділ 1.** Основні поняття теорії надійності

Тема 1.1. Термінологія теорії надійності

Тема 1.2. Основні кількісні характеристики надійності елементів та систем

**Розділ 2.** Математичний апарат теорії надійності

Тема 2.1. Закони розподілу випадкових величин

**Розділ 3.** Фізико-хімічні основи надійності

Тема 3.1. Фізико-хімічні процеси руйнування матеріалів

Тема 3.2. Фізична та хімічна природа відмов електротехнічних та мехатронних систем

**Розділ 4.** Надійність обладнання в різних галузях

Тема 4.1. Надійність обладнання систем електропостачання

Тема 4.2. Надійність шахтного обладнання

Тема 4.3. Надійність електромеханічного обладнання кар'єрів

Тема 4.4. Надійність обладнання нафто-перекачувальних станцій

Тема 4.5. Надійність систем керування

**Розділ 5.** Методи розрахунку надійності

Тема 5.1. Методи розрахунку надійності при основному з'єднанні елементів

Тема 5.2. Аналіз характеристик надійності обладнання з резервуванням

Тема 5.3. Методи розрахунку надійності складних систем

Тема 5.4. Підвищення надійності електротехнічних та електромеханічних систем

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### *Основна література*

1. В.Г. Городецький, С.В. Зайченко. Надійність електромеханічного обладнання. – К.: НТУУ «КПІ», 2010.
2. Сучасні електромехатронні комплекси і системи: навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.
3. Основи надійності та діагностики інформаційних систем: навч. посібник / Вишнівський В.В., Василенко В.В., Гніденко М.П., Звенігородський О.С., Зінченко О.В., Іщеряков С.М., Київ: ННІТ ДУТ, 2020. – 184 с.
4. О.Л.Коренівська, В.Б. Бенедицький. Теорія надійності, експлуатації та ремонту радіоелектронної та телекомунікаційної техніки: навч. посібник. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. – 180 с.
5. Болтянська Н. І. Надійність технологічних систем: курс лекцій / Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Люкс, 2019. – 168 с.

##### *Додаткова література*

6. Холявко В.В. Фізичні основи міцності та руйнування: Конспект лекцій. – К.: НТУУ „КПІ”, 2015. - 100 с.
7. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: «Політехніка», 2017. – 456 с.
8. С. В. Казанський. Керування надійністю електропостачання в умовах ринкових відносин // Наукові праці ВНТУ. - сер. Енергетика та електротехніка. - 2017. - № 4. – С. 1-6.
9. В.Г. Кравець, О.А. Темченко, В.В. Вапнічна, Г.В. Шиповський. Дослідження надійності функціонування гірничотранспортного устаткування на глибоких залізрудних кар'єрах. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво» Випуск 30. – 2016 р. С 48-60.
10. Диха О.В., Дитинюк В.О., Диха М.О. Триботехнічна надійність підшипникових опор колінчастого валу автомобіля// Проблеми трибології (Problems of Tribology) 2018, № 1. – С. 85-91.
11. В.І Лесько. Визначення показників експлуатаційної надійності машин: Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Експлуатація і ремонт машин».- К.: КНУБА, 2010р. – 36 с.
12. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України. – К.: 2017. - 617 с.
13. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
14. Дод\_ ДСТУ 2861 – 94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення.
15. ДСТУ 2864-94. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності
16. Васілевський О.М., Поджаренко В.О. Нормування показників надійності технічних засобів. - Вінниця: ВНТУ, 2010. -129 с.
17. В.І. Лесько, М.П.Кузьмінець,Є.О. Міщук. Експлуатація і ремонт машин: конспект лекцій. Частина 1/ В.І.Лесько, М.П.Кузьмінець, Є.О.Міщук.– К.: КНУБА, 2015. - 83 с.
18. Бельмас І.В Надійність та довговічність обладнання: конспект лекцій. - Кам'янське: ДДТУ, 2017 р. - 38 с.
19. Лозинський О.Ю., Марущак Я.Ю., Костробій П.П. Розрахунок надійності електроприводів. – Львів: «Львівська політехніка», 1996. – 234 с.
20. Тарасенко В.П., Маламан А.Ю., Черніченко Ю.П., Корнійчук В.І. Надійність комп'ютерних систем. – К.: «Корнійчук», 2007. – 256 с.

##### *Інформаційні ресурси*

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

*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'язковою для прочитання є базова література [1]-[4]. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.*

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

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних занять. На практичних заняттях та при виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Практичні	СРС
1	2	3	4	5
<b>Розділ 1. Основні поняття теорії надійності</b>				
Тема 1.1. Термінологія теорії надійності	2	2	-	
Тема 1.2. Основні кількісні характеристики надійності елементів та систем	6	4	-	2
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>8</b>	<b>6</b>		<b>2</b>
<b>Розділ 2. Математичний апарат теорії надійності</b>				
Тема 2.1. Закони розподілу випадкових величин	6	2	2	2
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Розділ 3. Фізико-хімічні основи надійності</b>				
Тема 3.1. Фізико-хімічні процеси руйнування матеріалів	2	2	-	
Тема 3.2. Фізична та хімічна природа відмов електромеханічних систем	6	4	-	2
Контрольна робота з розділів 1,2,3	4	1		3
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>12</b>	<b>7</b>		<b>5</b>
<b>Розділ 4. Надійність обладнання в різних галузях</b>				
Тема 4.1. Надійність обладнання систем електропостачання	6	2	2	2
Тема 4.2. Надійність шахтного обладнання	6	2	2	2
Тема 4.3. Надійність електромеханічного обладнання кар'єрів	3	2	-	1
Тема 4.4. Надійність обладнання нафто-перекачувальних станцій	3	2	-	1
Тема 4.5. Надійність систем керування	6	2	2	2
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Розділ 5. Методи розрахунку надійності</b>				
5.1. Методи розрахунку надійності при основному з'єднанні елементів	10	4	4	2
Тема 5.2. Аналіз характеристик надійності обладнання з резервуванням	6	2	2	2
Тема 5.3. Методи розрахунку надійності складних систем	8	4	4	2
Тема 5.4. Підвищення надійності електротехнічних та електромеханічних систем	4	2	-	2
Контрольна робота з розділів 4,5	4	1		3
<b>Разом за розділом 5</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Розрахункова робота</b>				
Іспит	30			30
<b>Всього</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>66</b>

## Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<b>2</b>
1	<p><b>Тема 1.1</b> Термінологія теорії надійності  <u>Лекція 1.</u> Визначення надійності. Її зв'язок з іншими показниками обладнання. Відмови та їх різновиди. Строк служби обладнання. Його ремонтність. Поняття про елемент розрахунку надійності. Надлишковість та резервування. Види резервування. Види структурного резервування. Література: [2].</p>
2	<p><b>Тема 1.2.</b> Основні кількісні характеристики надійності елементів та систем.  <u>Лекція 2.</u> Показники надійності неремонтовних об'єктів: ймовірність відмови та безвідмовної роботи, щільність розподілу ймовірності відмови, інтенсивність відмов, середній час безвідмовної роботи та інші. Література: [3].                      СРС. Визначення основних показників надійності на основі статистичних даних</p>
3	<p><b>Тема 1.2.</b> Основні кількісні характеристики надійності елементів та систем.  <u>Лекція 3.</u> Показники надійності ремонтних виробів: середнє напрацювання на відмову, напрацювання між відмовами, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання та інші. Показники довговічності та збережуваності. Література: [3].                      СРС. Визначення основних показників надійності на основі статистичних даних</p>
4	<p><b>Тема 2.1.</b> Закони розподілу випадкових величин  <u>Лекція.4.</u> Основні визначення та теореми теорії ймовірностей.                      Основні визначення теорії ймовірностей, що використовуються в теорії надійності. Теореми додавання та множення ймовірностей. Література: [1], [11].</p>
5	<p><b>Тема 3.1.</b> Фізико-хімічні процеси руйнування матеріалів.  <u>Лекція 5.</u> Зменшення інтенсивності відмов. Резервування. Скорочення часу безперервної роботи. Скорочення середнього часу відновлення. Заходи по підвищенню надійності складних систем при проектуванні, виготовленні та експлуатації виробів. Кількісна оцінка виграшу надійності при проведенні необхідних заходів.                      Література: [1], [11].                      СРС. Розподіли Релея, гамма, логарифмічний, нормальний.</p>
6	<p><b>Тема 3.2.</b> Фізична та хімічна природа відмов електромеханічних систем  <u>Лекція 6.</u> Фізико-хімічні процеси руйнування матеріалів                      Особливості побудови матеріалів. Дефекти матеріалів. Молекулярно-кінетичні процеси в речовині, які впливають на надійність елементів обладнання. Дифузія. Сорбція. Механічне руйнування твердих тіл. Старіння матеріалів. Електричне руйнування матеріалів. Література: [6].                      СРС. Вплив факторів оточуючого середовища на надійність обладнання</p>
7	<p><b>Тема 3.2.</b> Фізична та хімічна природа відмов електромеханічних систем  <u>Лекція 7.</u> Фізична та хімічна природа відмов електромеханічних систем                      Відмови по параметрам міцності. Деформація та злам. Види зламів. Повзучість. Трибологічні відмови. Види зношування. Механічне, корозійно-механічне та електроерозійне зношування. Відмови по параметрам корозії.                      Дидактичні засоби: графічна залежність швидкості повзучості від часу.                      Література: [6], [10].                      СРС. Вплив умов експлуатації на надійність обладнання.                      Контрольна робота</p>
8	<p><b>Тема 4.1.</b> Надійність обладнання систем електропостачання  <u>Лекція 8.</u> Надійність обладнання систем електропостачання                      Причини та фізична природа відмов в системах електропостачання. Надійність ЛЕП.</p>

	<p>Лінії із самонесучими ізольованими проводами. Класифікація відмов в СЕП. Особливості побудови СЕП підприємств. Особливості обслуговування СЕП підприємств. Рекомендації по підвищенню надійності СЕП.</p> <p>Дидактичні засоби: конструкція СІП. Література: [7], [8].</p> <p>СРС. Розрахунок надійності систем електропостачання.</p>
9	<p><b>Тема 4.2.</b> Надійність шахтного обладнання</p> <p><u>Лекція 9.</u> Надійність шахтного обладнання</p> <p>Специфіка експлуатації обладнання в шахті. Режими роботи шахтного обладнання. Вплив на надійність шахтного обладнання температури, вологи, запиленості, складу шахтної атмосфери, механічних та інших чинників.</p> <p>Дидактичні засоби: температурні режими роботи обладнання. Література: [1]</p> <p>СРС. Вплив шахтного середовища на надійність шахтного обладнання.</p>
10	<p><b>Тема 4.3.</b> Надійність електромеханічного обладнання кар'єрів</p> <p><u>Лекція 10.</u> Надійність електромеханічного обладнання кар'єрів</p> <p>Основні фактори впливу на надійність обладнання кар'єрів. Зношування деталей гірничотранспортних машин кар'єрів. Надійність однокішєвих екскаваторів. Надійність роторних комплексів. Надійність транспортних засобів кар'єрів. Аналіз відмов систем керування НПС.</p> <p>Дидактичні засоби: таблиця коефіцієнтів готовності обладнання кар'єрів.</p> <p>Література: [1], [9].</p> <p>СРС. Особливості експлуатації обладнання на кар'єрах.</p>
11	<p><b>Тема 4.4.</b> Надійність обладнання нафто-перекачувальних станцій</p> <p><u>Лекція 11</u> Надійність обладнання нафто-перекачувальних станцій.</p> <p>Характеристика відмов обладнання нафто-перекачувальних станцій. Чинники відмов магістральних насосів. Надійність електроприводу нафто-перекачувальних станцій (НПС). Залежність надійності насосних агрегатів від їх типорозміру. Розподіли показників надійності насосів НПС.</p> <p>Дидактичні засоби: залежність надійності насосних агрегатів від їх потужності.</p> <p>Література: [1].</p> <p>СРС. Специфіка функціонування обладнання нафто-перекачувальних станцій.</p>
12	<p><b>Тема 4.5.</b> Надійність систем керування</p> <p><u>Лекція 12.</u> Надійність елементів систем керування: опорів, конденсаторів, напівпровідникових елементів, трансформаторів, дроселів, елементів з обертальним рухом, роз'ємів, електричної ізоляції. Рекомендації по підвищенню надійності систем керування при їх проектуванні, виготовленні та експлуатації. Література: [2], [4].</p> <p>СРС. Фактори, які впливають на компоненти систем керування.</p>
13	<p><b>Тема 5.1.</b> Методи розрахунку надійності при основному з'єднанні елементів</p> <p><u>Лекція 13.</u> Методи розрахунку надійності при основному з'єднанні елементів.</p> <p>Постановка задачі. Елемент розрахунку надійності. Поняття про основне з'єднання елементів. Закон множення ймовірностей. Література: [1].</p>
14	<p><b>Тема 5.1.</b> Методи розрахунку надійності при основному з'єднанні елементів</p> <p><u>Лекція 14.</u> Розрахунок надійності при експоненціальному розподілі</p> <p>Основні розрахункові співвідношення: імовірність безвідмовної роботи, середній час безвідмовної роботи, інтенсивність відмов.</p> <p>Дидактичні засоби: основні розрахункові співвідношення при експоненціальному розподілі. Література: [3].</p> <p>СРС. Розрахунок надійності обладнання при експоненціальному розподілі.</p>
15	<p><b>Тема 5.2.</b> Аналіз характеристик надійності обладнання з резервуванням</p> <p><u>Лекція 15.</u> Методи розрахунку надійності при резервуванні заміщенням та резервуванні з дробовою кратністю. Загальне та роздільне резервуванні заміщенням. Особливості</p>

	<p>розрахунку при резервуванні з дробовою кратністю. Оцінка виграшу надійності при різних методах резервування.</p> <p>Дидактичні засоби: залежність надійності від кратності резервування. Література: [4].</p> <p>СРС. Методи розрахунку надійності обладнання при різних видах резервування.</p>
16	<p><b>Тема 5.2.</b> Аналіз характеристик надійності обладнання з резервуванням</p> <p><u>Лекція 16.</u> Аналіз характеристик надійності обладнання зі сталим резервуванням</p> <p>Основні розрахункові співвідношення при постійно включеному резерві та загальному або роздільному резервуванні. Література: [4].</p> <p>СРС. Методи розрахунку надійності обладнання при різних видах резервування.</p>
17	<p><b>Тема 5.3.</b> Методи розрахунку надійності складних систем</p> <p><u>Лекція 17</u> Методи розрахунку надійності складних систем</p> <p>Метод мінімальних шляхів та мінімальних перерізів. Використання алгебри логіки для оцінювання надійності складних систем. Аналіз надійності відновлювальних систем за допомогою теорії марковських процесів. Література: [1].</p>
18	<p><b>Тема 5.4.</b> Підвищення надійності електротехнічних та електромеханічних систем</p> <p><u>Лекція 18.</u> Методи підвищення надійності електротехнічних та електромеханічних систем. Зв'язок надійності з іншими характеристиками обладнання. Економічні критерії надійності. Основні напрямки підвищення надійності систем. Дидактичні засоби: залежність витрат на обладнання від його надійності. Література: [3], [4].</p> <p>СРС. Підвищення надійності за рахунок зменшення інтенсивності відмов.</p> <p>Контрольна робота</p>

### Практичні заняття

Основне завдання циклу практичних занять - закріплення знань, отриманих на лекціях.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<p><b>Практичне заняття №1.</b> Кількісні характеристики надійності неремонтовних систем. Ймовірність безвідмовної роботи. Щільність розподілу ймовірності відмов. Інтенсивність відмов. Середній час безвідмовної роботи. Кількісні характеристики надійності ремонтних систем. Напрацювання на відмову. Середній час відновлення. Коефіцієнт готовності. Коефіцієнт технічного використання.</p> <p>СРС. Визначення основних показників надійності на основі статистичних даних</p>
2	<p><b>Практичне заняття №2.</b> Розрахунок надійності систем при різних розподілах. Експоненціальний розподіл. Нормальний розподіл. Розподіл Вейбула та інші.</p> <p>Дидактичні засоби: закони розподілу та їх характеристики.</p> <p>СРС. Розподіли Релея, гамма, логарифмічний нормальний.</p>
3-4	<p><b>Практичне заняття №3.</b> Розрахунок надійності систем при основному з'єднанні елементів.</p> <p>Зв'язок між основними характеристиками неремонтовних систем в загальному випадку та при експоненційному розподілі. Спрощена формула розрахунків при експоненційному розподілі. Розрахунок надійності систем на різних етапах проектування. Оціночний, орієнтовний та остаточний розрахунок надійності.</p> <p>Дидактичні засоби: основні розрахункові співвідношення при експоненційному розподілі.</p> <p>СРС. Розрахунок надійності обладнання при експоненційному розподілі.</p>
5	<p><b>Практичне заняття №4.</b> Розрахунок надійності систем з резервуванням.</p> <p>Дублювання при постійно включеному резерві. Резервування із заміщенням.</p> <p>Дидактичні засоби: залежність надійності від кратності резервування.</p> <p>СРС. Розрахунок надійності обладнання при різних видах резервування.</p>

6	<b>Практичне заняття №5.</b> Розрахунок надійності систем з резервуванням Резервування із дробовою кратністю. Загальне та роздільне резервування. Дидактичні засоби: залежність надійності від кратності резервування. СРС. Розрахунок надійності обладнання при різних видах резервування.
7	<b>Практичне заняття №6.</b> Розрахунок надійності складних систем. Метод мінімальних шляхів та мінімальних перерізів. Правило визначення мінімальних перерізів систем будь-якої складності. Використання алгебри логіки для аналізу надійності складних систем. Метод розкладання відносно особливого елементу. Використання графів для визначення надійності. Аналіз стану систем за допомогою теорії марковських процесів. Рівняння Колмогорова-Чепмена. Дидактичні засоби: перетворення структури методу мінімальних шляхів та мінімальних перерізів. СРС. Методи визначення мінімальних перерізів складних систем.
8	<b>Практичне заняття №7.</b> Розрахунок надійності складних систем. Метод розкладання відносно особливого елементу. Використання графів для визначення надійності. Аналіз стану систем за допомогою теорії марковських процесів. Рівняння Колмогорова-Чепмена. СРС. Побудова рівнянь Колмогорова-Чепмена.
9	<b>Практичне заняття №8.</b> Надійність обладнання систем електропостачання. Дидактичні засоби: конструкція СП. СРС. Розрахунок надійності систем електропостачання

#### - Розрахункова робота

На протязі семестру студенти виконують розрахункову роботу на тему «Розрахунок надійності складних систем». Для виконання цієї роботи передбачено опрацювання студентами теми 5.3.

#### 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 26 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

підготовка до РР – 14 год.

підготовку до іспиту – 24 год.

**Тема 3.1.** Розрахунок надійності складних систем.

Метод мінімальних шляхів та мінімальних перерізів. Правило визначення мінімальних перерізів систем будь-якої складності. Використання алгебри логіки для аналізу надійності складних систем. Метод розкладання відносно особливого елементу.

Використання графів для визначення надійності. Аналіз стану систем за допомогою теорії марковських процесів. Рівняння Колмогорова-Чепмена.

Література: [1].

СРС. Методи визначення мінімальних перерізів складних систем.

### Політика та контроль

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

Вивчення навчальної дисципліни “Надійність електротехнічних та мехатронних систем”

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 розрахункової та лабораторних робіт. 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).

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

**Поточний контроль:** МКР розбита на 2 частини, кожна з яких проводиться перед календарним контролем на лекційному занятті у присутності викладача. МКР виконується у вигляді відповіді на теоретичні запитання з лекційного матеріалу. Кожна частина МКР оцінюється в 14 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 14-13 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 12-10 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 9-8 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 4 бали за такими критеріями:

- «відмінно» – повністю виконана робота (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 4 балів;
- «добре» – в роботі містяться певні неточності (не менше 75 % потрібної інформації), надані обґрунтування недостатньо повні – 3 бали;
- «задовільно» – в роботі містяться суттєві неточності (не менше 60 % потрібної інформації), робота виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить значні помилки – 2 бали;
- «незадовільно» – відповідь свідчить про неготовність студента – 0 балів.

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

- 1) виконання 1 модульної контрольної роботи, яка складається з 2-х частин (2\*14 =28 балів);
- 2) відповіді на практичних заняттях (6\*4=24 бали);
- 3) виконання та захист розрахункової роботи (8 балів);
- 4) відповідь на іспиті.(40 балів)

### Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

<b>1. Виконання модульних контрольних робіт:</b>	
- повністю правильно виконана робота	14
- робота виконана з незначними помилками	12
- робота не зарахована	0
- повторне виконання роботи	Зниження на 2 бали за кожен повторну спробу
<b>2. Відповіді на практичних заняттях:</b>	
- відповідь демонструє відмінне володіння матеріалом	4
- відповідь свідчить про незначні прогалини у володінні матеріалом	3
відповідь свідчить про неготовність студента	0
<b>3. Виконання розрахункової роботи</b>	

- завдання захищено вчасно з відмінним володінням матеріалу	8 балів
- завдання виконано з відмінним володінням матеріалу	6 балів
- завдання не виконано	0
<b>4. Заохочувальні бали</b>	
- виконання додаткових завдань	1...10 балів

### Розрахунок шкали (RC) рейтингу

$$RC (\max)=6*4+1*8+14*2=60 \text{ балів}$$

$$RC (\min)= 36 \text{ балів}$$

**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:** : іспит.

Необхідною умовою допуску до іспиту є повне виконання навчального плану, а також попередній рейтинг не менше 36 балів та не менш, ніж один позитивний календарний контроль.

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційна робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу та задачі. Кожне теоретичне питання оцінюється в 15 балів (задача в 10 балів) за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 15-13 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 12 – 11 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 10-9 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

### Шкала рейтингових балів та критерії оцінювання екзамену (RE):

	бали
- повністю правильна відповідь	40...38
- відповідь з незначними помилками	37...30
- відповідь з помилками	29...20
- відповідь не зарахована	19-0

### Для заочної форми навчання

**Поточний контроль:** МКР (проводиться безпосередньо на лекційному занятті, у присутності викладача (28 балів), РР (8 балів). МКР виконується у вигляді відповіді на два теоретичні запитання з лекційного матеріалу. Розв'язання задач на практичних заняттях оцінюється загалом у 24 бали. Структура РР і питань МКР, задач на практичних заняттях, вимоги до них та критерії оцінювання такі, як і для очної форми навчання.

**Семестровий контроль:** іспит. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані РР та МКР. Студенти, які виконали умови допуску до іспиту, виконують екзаменаційну роботу.

Сума балів за МКР, РР, практичні заняття та за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Екзаменаційна робота оцінюється у 40 балів, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

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

Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

<i>Рейтингові бали, RD</i>	<i>Оцінка за університетською шкалою</i>
$95 \leq RD \leq 100$	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 виконують додаткові завдання та проявлять творчу ініціативу, отримують заохочувальні бали від 1 до 10.

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

### Контрольні запитання

з дисципліни “Надійність електротехнічних та мехатронних систем”

1. Визначення надійності і поняття про відмову
2. Поняття про термін служби, граничний стан і ремонтпридатність
3. Поняття про імовірність безвідмовної роботи
4. Поняття про інтенсивність відмов
5. Поняття про частоту відмов. Зв'язок між основними кількісними характеристиками надійності невідновлюваних систем у загальному випадку
6. Поняття про середній час безвідмовної роботи
7. Поняття про середній наробіток на відмову, коефіцієнти готовності і коефіцієнти вимушеного простою
8. Експоненційний розподіл
9. Нормальний розподіл
10. Розподіл Вейбулла
11. Розрахункові співвідношення при основному з'єднанні елементів
12. Поняття про прикидочний розрахунок надійності
13. Поняття про орієнтовний розрахунок надійності
14. Поняття про остаточний розрахунок надійності
15. Послідовність розрахунку надійності
16. Структурне, функціональне, часове, навантажувальне і інформаційне резервування
17. Кратність резервування, резервування з цілою і дробовою кратністю
18. Загальне і поелементне резервування, резервування постійне і з заміщенням
19. Аналіз характеристик надійності при постійно включеному резерві у випадку загального резервування
20. Аналіз характеристик надійності при постійно включеному резерві у випадку поелементного резервування
21. Аналіз характеристик надійності при загальному і поелементному резервуванні заміщенням
22. Внутрішні дефекти матеріалів
23. Поняття про дифузію і сорбцію
24. Руйнування матеріалів при механічному напруженні
25. Руйнування матеріалів при їхньому старінні
26. Електричне руйнування матеріалів
27. Відмови за параметрами міцності
28. Трибологічні відмови
29. Відмови за параметрами корозії
30. Надійність повітряних ліній електропередачі в СЕП

31. Надійність кабельних ліній електропередачі в СЕП
32. Надійність ЛЕП із СП
33. Надійність силових трансформаторів і комутаційних апаратів у СЕП
34. Вплив температурних факторів на надійність шахтного обладнання
35. Вплив вологості і компонентів шахтної атмосфери на надійність шахтного устаткування
36. Вплив запиленості на надійність шахтного устаткування
37. Вплив режиму роботи на надійність шахтного устаткування
38. Метод мінімальних шляхів та мінімальних перерізів
39. Використання графів для оцінювання надійності систем
40. Використання алгебри логіки для оцінювання надійності систем
41. Рівняння Колмогорова-Чепмена
42. Метод розкладання відносно особливого елементу
43. Правило визначення мінімальних перерізів складних систем

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

**Складено** к.ф.-м.н., доц. Городецький Віктор Георгійович

**Ухвалено** кафедрою АЕМК (протокол № 16 від 04.05.2023)

**Погоджено** Методичною комісією інституту НН ІЕЕ (протокол № 9 від 22.06.2023)