



"НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН"

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>"Електричні машини і апарату" (Electric machines and apparatus)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна ОК циклу практичної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Заочна/прискорена/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a85999b3-d50c-41f1-be38-6616d9c511ca http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектори: к.т.н. доц. Реуцький Микола Олександрович, rto318@i.ua к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, Fegasusr@gmail.com Лабораторні роботи: к.т.н. доц. Реуцький Микола Олександрович, к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Надійність електричних машин» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей: об'єктивно оцінити переваги та недоліки електричних машин, технологічні та експлуатаційні впливи на вузли та конструкцію електричних машин з точки зору якості та надійності; спланувати та провести випробування електричних машин на надійність і оцінити результати випробувань; розрахувати надійність основних вузлів електричних машин; системно-цільового підходу до вирішення практичних інженерних та наукових проблем надійності електричних машин; вирішення проблем надійності, які виникають при розробці та експлуатації нових, більш ефективних електромеханічних систем та вмінь застосовувати методи і основні правила експлуатації електричних машин та трансформаторів; термінологію і аналізувати: характеристики та показники надійності електричних машин; основні математичні моделі для розрахунку показників

надійності електричних машин та їх експериментальної оцінки; вплив технології виробництва та експлуатації в різних умовах на процеси розвитку відмов елементів, систем та електричних машин в цілому; використання сучасних методів проектування електричних машин: визначення видів ушкоджень електричних машин за результатами аналізу їх вібрації та шуму; розуміння сучасних підходів в обробці сигналів датчиків вібрації; користуватися поняттями з області віброакустики; використовувати сучасні методи розрахунків вібрації і шумів, а також зменшувати віброакустичну активність електричних машин різних типів на стадії їх проектування; користуватися сучасними методами експериментального дослідження вібрації і шуму електричних машин різних типів; оволодіння навичками використання ефективного віброзахисту різних типів електричних машин.

Предметом навчальної дисципліни є взаємозв'язок надійності, якості та ефективності електричних машин, специфічних математичних методів, елементів математичної та фізичної теорії надійності щодо електричних машин, методи математичного моделювання та аналізу дифузних систем, ймовірнісні характеристики міцності, старіння, механізмів розвитку відмов найслабших елементів електромеханічних систем; система властивостей фізичних процесів збудження шуму і вібрації в електричних машинах різних типів, а також сучасні засоби вимірювання вібрацій і діагностування ушкоджень в електричних машинах.

Програмні результати навчання:

Компетенції загальні:

ЗК 7 Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК 10 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.

Компетенції фахові:

ФК 1 Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК 4 Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК 11 Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електро-механічних об'єктів та систем

ФК 17 Здатність розробляти фізичні й математичні моделі робочих процесів в досліджуваних електричних машинах та апаратах, електричних приводах та системах, розробляти методики та організовувати проведення натурних експериментів з подальшим аналізом отриманих результатів.

Програмні результати навчання:

ПР 01 Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПР 02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.

ПР 03 Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПР 04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПР 06. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПР 10 Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПР 21. Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії, електромеханічних комплексів.

ПР 24. Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини виходу з ладу в процесі їх експлуатації

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

Дисциплінами, що передують вивченню дисципліни «Надійність електричних машин» та складають її теоретичну базу є: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини». Дисципліна становить основу проходження переддипломної практики та виконання магістерської дисертації.

Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль структурно розділено на розділи, а саме:

- **Надійність електричних машин**, до якого ввійшли питання: основні поняття та складові надійності, основні етапи забезпечення надійності, елементи теорії ймовірностей та математичної статистики, кількісні показники надійності, структурна надійність, закони розподілу відмов, оцінка надійності за даними випробувань та експлуатації.
- **Вібрації та шуми електричних машин**, до якого ввійшли питання: основні параметри звуку, шуму і вібрації; джерела шуму та вібрації електричних машин; розрахунок вібрації і випромінюваного шуму; магнітний шум асинхронних двигунів; магнітний шум синхронних машин; магнітний шум машин постійного струму; аеродинамічний шум електричних машин; вібрація електричних машин, що збуджується джерелами механічного походження; вимірювання шуму і аналіз сигналів датчиків вібрації електричних машин.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник / О.В. Губаревич. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.
2. Дискретні вейвлет-перетворення в діагностуванні гідроагрегатів : монографія / В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, В. Ф. Граняк, С. О. Биковський. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 112 с.
3. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин.: навчальний посібник (5 частин)/ В. В. Грабко, М. П. Розводюк, С. М. Левицький, І. В. Грабенко. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 137 с.
4. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.- 590 с.

5. Кухарчук В. В. Моніторинг, діагностування та прогнозування вібраційного стану гідроагрегатів : монографія / В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, В. В. Усов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 169 с.
6. Elias G. Strangas, Fault Diagnosis, Prognosis, and Reliability for Electrical Machines and Drives / Elias G. Strangas, Guy Clerc, Hubert Razik, Abdenour Soualhi // Wiley-IEEE Press. – 2021. - 443 p.
7. Shahriyar Kaboli, Reliability in Power Electronics and Electrical Machines: Industrial Applications and Performance Models / Shahriyar Kaboli. // IGI Global. – 2016. – 481 p.
8. Надійність електричних машин: Вібрації та шуми електричних машин: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ., які навчаються за освітньою програмою "Електричні машини і апарату" / КПІ ім. І. Сікорського; уклад.: О.А. Гераскін. – Електронні текстові дані (1 файл: 10 Мбайт). – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 108 с.
9. Reliability of Electric Machines: Vibrations and Noises of Electric Machines: computer workshop [Electronic resource]: educational tutorial for students studying on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics" / KPI named after Igor Sikorsky; Authors: Oleksandr GERASKIN, Evgen DUBCHAK. – Electronic text data (1 file: 6 MB). - Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky, 2021. - 103 p.
10. Надійність електричних машин [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Надійність електричних машин» для галузі знань «Електрична інженерія» спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» для студентів спеціалізації «Електричні машини і апарату» / НТУУ «КПІ» уклад.: М. О. Реуцький, М. Г. Анпілогов, А. А. Шиманська, С. С. Цивінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,51 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2017. – 61 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38787>
11. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146>

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Надійність електричних машин	
1	<p>ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА СКЛАДОВІ НАДІЙНОСТІ. Показники надійності та якості. Об'єкт. Якість. Показники якості. Пошкодження. Відмова. Працездатність. Непрацездатність. Надійність. Безвідмовність. Ремонтпридатність. Довговічність. Термін служби. Ресурс. Граничний стан. Зберігаємість. Дослідження. Науковий метод підвищення надійності ЕМ. Аналіз апріорної (первинної) інформації, отриманої експертним опитуванням, вивченням літературних джерел, роздумів. Уточнення найближчих цілей, висунення робочих гіпотез. Планування, підготовка і проведення дослідів. Аналіз результатів дослідів, порівняння їх з апріорною інформацією і гіпотезами. Формулювання висновків – уточнення моделей, оцінка гіпотез, отримання апостеріорної інформації. Ухвалення рішення про доцільність і можливість подальшого руху на наступний виток спіралі.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою, пошук прикладів технічного вирішення проблем надійності в техніці.</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 1</p>

	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146
2	<p>Проектування. Розробка конструкції. Структурні поняття: елемент, вузол, виріб, система. Конструкційна надійність. Конструкторський промах. Загальні рекомендації конструкторам. Виробництво. Загальні властивості сучасної технології. Виробництво електричних машин. Загальні закономірності. Засоби та плани контролю якості. Випробування на надійність. Прискорені випробування. Технологічні експерименти. Руйнівні і неруйнівні методи контролю. ОТК.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою, Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 2</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
3	<p>ОСНОВНІ ЕТАПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ. Експлуатація. Аналіз першопричини та місце відмов. Захист, профілактика та резервування. Статистичний аналіз першопричин і місце відмови в ЕМ. Оптимізація захисту, профілактики та резервування ЕМ. Планові огляди. Безвідмовність обмоток. Випробування на надійність. Ресурсні випробування. Прискорені випробування. Визначальні та контрольні випробування на надійність.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
4	<p>ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ. Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики. Ймовірності випадкових випадків. Причини відмов електричних машин. Випадкова подія, величина, процес. Ймовірність. Ймовірність події. Властивості ймовірності. Статистичне визначення. Відносна частота. Практичне застосування результатів статистичних спостережень. Випадкові величини. Випадкові величини дискретного та безперервного типу. Зв'язок між значенням випадкових величин та їх ймовірностями. Способи завдання випадкових величин. Статистичні характеристики: інтегральна та диференціальна функції розподілення. Закон розподілу випадкових величин. Диференціальний закон розподілу. Щільність розподілу. Практичне застосування результатів статистичних спостережень.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 4</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
5	<p>Точкові оцінки випадкових величин. Істотні властивості розподілів вірогідних величин. Математичне очікування, мода, медіана, дисперсія, коефіцієнт варіації, розмах середньоарифметичне відхилення ВВ. Коефіцієнт форми розподілу. Показники, які оцінюють форму розподілу випадкових величин: коефіцієнт асиметрії та коефіцієнт ексцесу.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 5</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
6	<p>КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ. Кількісні показники надійності. Ймовірність безвідмовної роботи. Ймовірності відмови. Частота відмов. Інтенсивність відмов.</p>

	<p><i>Середній час безвідмовної роботи. Середнє напрацювання на відмову. Практичне застосування результатів статистичних спостережень. СТРУКТУРНА НАДІЙНІСТЬ Структурна надійність. Послідовне з'єднання елементів. Резервування. Дублювання. Імовірність відмови. Практичні розрахунки надійності систем з послідовним з'єднанням елементів.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1-5];</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 6</i></p> <p><i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
7	<p><i>Паралельне з'єднання елементів. Збільшення надійності елементів та систем за рахунок резервування та дублювання. Імовірність відмови системи. Імовірність безвідмовної роботи. Практичні розрахунки надійності систем з паралельним з'єднанням елементів.</i></p> <p><i>Паралельно-послідовне з'єднання елементів. Паралельне з'єднання послідовних кіл. Послідовне з'єднання паралельних блоків. Імовірність відмови системи. Імовірність безвідмовної роботи. Практичні розрахунки надійності систем з паралельно-послідовним з'єднанням елементів.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1-5];</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 7</i></p> <p><i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
8	<p><i>Періоди роботи технічних пристроїв. Період припрацювання. Період нормальної експлуатації. Період зносу. Виникнення відмов технічних пристроїв в період припрацювання, нормальної роботи та в період старіння. Закони розподілу відмов. Експоненційний розподіл. Ознаки експоненціального розподілу. Імовірність безвідмовної роботи при експоненціальному розподілі. Практичні розрахунки надійності з експоненційним розподілом.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1-5];</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8</i></p> <p><i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
9	<p><i>Нормальний розподіл. Нормальний розподіл випадкових величин, або розподіл Гауса, або крива Лапласа. Зростання інтенсивності відмов. Перший початковий момент розподілу. Середнє квадратичне відхилення. Функція розподілу випадкової величини. Правило трьох сиги. Інтеграл Лапласа. Табульовані функції. Щільність ймовірності розподілу табульованих функцій. Нормований та центрований розподіл. Розрахунок надійності систем, розподіл ймовірності яких підпорядковується нормальному закону розподілу. Практичні розрахунки надійності з нормальним розподілом. Розподіл Релея. Ознаки розподілу Релея. Імовірність безвідмовної роботи при розподілі Релея. Практичні розрахунки надійності з розподілом Релея.</i></p> <p><i>Літературні джерела: [1-5];</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</i></p> <p><i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8</i></p> <p><i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
10	<p><i>Гамма-розподіл. Ознаки гамма-розподілу. Імовірність безвідмовної роботи при гамма-розподілі. Практичні розрахунки надійності з гамма-розподілом. Розподіл Вейбулла. Ознаки розподілу Вейбулла. Імовірність безвідмовної роботи при розподілі Вейбулла. Практичні розрахунки надійності з розподілом Вейбулла. Біноміальний розподіл. Ознаки</i></p>

	<p>біноміального розподілу. Ймовірність безвідмовної роботи при біноміальному розподілі. Практичні розрахунки надійності з біноміальним розподілом.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
11	<p>Оцінка надійності за даними випробовувань та експлуатації. Основні методи оцінки надійності. Визначальні випробування. Контрольні випробування. Випробування. Коефіцієнт прискорення. Загальна характеристика контрольних випробувань. Помилка першого роду. Помилка другого роду. Методика контрольних випробувань на надійність. Спрощений план випробувань. Практичне застосування плану випробувань для розрахунків надійності. Приємочний та браковочний рівні ВБР. Визначаючи випробування та оцінка надійності по даним експлуатації. Методика проведення контрольних випробувань на надійність. Методика та приклади проведення контрольних випробувань.</p> <p>Визначальні випробування та оцінка надійності за даними експлуатації. Ймовірно теоретичний розподіл. Рівень значущості. Критерії згоди. Графічний метод оцінки прямолінійності</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
12	<p>Надійність ізоляції обмоток електричних машин. Руйнування ізоляції. Тепловий, електричний, іонізаційний пробій діелектрика. Модель надійності ізоляції обмоток електричних машин. Математичні моделі надійності міжвиткової ізоляції. Розрахунок надійності міжвиткової, корпусної та міжфазової ізоляції обмоток електричних машин.</p> <p>Економічні питання надійності. Витрати на підвищення надійності.</p> <p>Модульна контрольна робота.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою.</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 8</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
	<p>Вібрації та шуми електричних машин</p>
13	<p>ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ЗВУКУ, ШУМУ І ВІБРАЦІЇ. Звук. Основні поняття. Визначення поняття "Звук". Характеристики звуку.</p> <p>Фізичні параметри звуку. Гучність звуку. Рівень гучності. Одиниці вимірювання звуку. Закон Вебера-Фехнера. Основні акустичні одиниці вимірювання звуку. Довжина звукової хвилі.</p> <p>Літературні джерела: [1-5];</p> <p>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</p> <p>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</p> <p>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
14	<p>Шум. Класифікація шуму. Вібрація. Параметри вібрації. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації. Повний акустичний опір. Питомий акустичний опір. Коливальний тиск. Взаємозв'язок між гармонічними зміщенням, швидкістю і прискоренням. Випромінювання шуму. Вплив шуму і вібрації на організм людини.</p>

	<p><i>Літературні джерела: [1-5];</i> <i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</i> <i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
15	<p><i>ДЖЕРЕЛА ШУМУ ТА ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН. Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами. Характеристика джерел шуму та вібрації електричних машин. Методи розділення джерел шуму та вібрації. Характеристика методів розділення джерел шуму та вібрації.</i> <i>Літературні джерела: [1-5];</i> <i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</i> <i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
16	<p><i>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 10. РОЗРАХУНОК ВІБРАЦІЇ І ВИПРОМІНЮВАНОВОГО ШУМУ. Динамічна модель електричної машини. Метод електромеханічної аналогії. Поняття “вибірковий резонанс”. Методи “відлаштування” від резонансів. Одномасова, двомасова і трьохмасова коливальні системи. Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами.</i> <i>Літературні джерела: [1-5];</i> <i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</i> <i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
17	<p><i>Випромінювання магнітного шуму корпусом машини. МАГНІТНИЙ ШУМ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ. Магнітне поле в повітряному проміжку АД. Радіальні і тангенціальні сили, що створюються магнітними полями. Тангенціальні сили, що створюються магнітними полями. Вибір кількості пазів короткозамкненого ротора.</i> <i>Літературні джерела: [1-5];</i> <i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</i> <i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
18	<p><i>Магнітострикіція. Особливості магнітострикіційних процесів в АД. Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум. Вібрація крупних багатополюсних асинхронних двигунів.</i> <i>Літературні джерела: [1-5];</i> <i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</i> <i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
19	<p><i>МАГНІТНИЙ ШУМ. СИНХРОННИХ МАШИН. Вібрація статора дво полюсного турбогенератора. Вібрація статора гідрогенератора. Результати вимірювання шуму і вібрації синхронних машин. Вібрація статорних обмоток</i> <i>Літературні джерела: [1-5];</i> <i>Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою</i> <i>Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3</i> https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
20	<p><i>МАГНІТНИЙ ШУМ. МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ. Основні причини магнітного шуму машин постійного струму. Власні колювання ярма.</i> <i>Прямий паз по довжині якоря, ексцентричний повітряний проміжок під полюсом.</i> <i>Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму.</i> <i>Скошений паз по довжині якоря, рівномірний повітряний проміжок під полюсом.</i></p>

	<p><i>Вплив навантаження на магнітний шум машин постійного струму. Вплив деяких технологічних відхилень на магнітний шум машин постійного струму. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
21	<p><i>АЕРОДИНАМІЧНИЙ ШУМ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН. Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах. Шум вентилятора. Шум, що виникає від обертання ротора. Застосування глушителей шуму. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
22	<p><i>ВІБРАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН, ЩО ЗБУДЖУЄТЬСЯ ДЖЕРЕЛАМИ МЕХАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ. Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками. Вимоги до конструкції і виробництва підшипників. Загальні відомості про підшипники кочення. Вимоги до конструкції і виробництва підшипників. Джерела вібрації підшипників кочення. Вплив струмів і магнітних полів на вібрацію підшипників кочення. Вібрація підшипників ковзання. Основні види ушкодження підшипників. Шум щіткового апарата. Причини шуму щіткового апарата. Шум ковзного контакту. Віброакустична активність джерел механічного походження. Зниження віброакустичної активності джерел механічного походження. Удари в кінематичних парах. Незрівноваженість обертових мас. Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>
23	<p><i>ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ І АНАЛІЗ СИГНАЛІВ ДАТЧИКІВ ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Умови і методи вимірювання шуму електричних машин. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації. Вібрація, її вимір і аналіз. Датчики вібрації. Види датчиків вібрації. Основні елементи конструкції і принцип дії датчиків віброприскорення і віброшвидкості. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу Літературні джерела: [1-5]; Завдання на СРС: Опрацювання матеріалу за конспектом та літературою Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i></p>

5. Лабораторні роботи і комп'ютерні практикуми

№ з/п	Назва лабораторної роботи / комп'ютерного практикуму
<i>Надійність електричних машин</i>	
1	<i>Вступне заняття. Інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт. Порядок виконання оформлення протоколів та здачі лабораторних робіт.</i>
2	<i>Моделювання та вивчення ймовірнісних характеристик максимальних навантажень на</i>

	<p>ізоляцію обмоток електричних машин. (Лабораторна робота №5) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
3	<p>Моделювання та вивчення ймовірнісних характеристик міцності системи корпусної ізоляції обмоток електричних машин. (Лабораторна робота №6) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
4	<p>Моделювання характеристик безвідмовної роботи ізоляції двох двигунів. (Лабораторна робота №7) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
5	<p>Оцінка надійності електричних машин за даними випробувань та експлуатації. (Лабораторна робота №8) Літературні джерела [10]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
<p>Вібрації та шуми електричних машин</p>	
6	<p>Моделювання і обробка сигналу датчика вібрації АД із використанням основних елементів в програмі National Instruments LabView. Літературні джерела [8]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
7	<p>Моделювання і обробка сигналу датчика вібрації АД із використанням елементів Simulate Signal і Spectral Measurements в програмі National Instruments LabView Літературні джерела [8]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
8	<p>Спектральна обробка сигналів електромагнітних вібробуджуючих сил асинхронного двигуна: неушкодженого і при наявності ушкоджень стержнів ротора в програмах Comsol Multiphysics і MatLab. Літературні джерела [8]; Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</p>
9	<p>Дослідження методами математичного моделювання спектрів електромагнітних вібробуджуючих сил асинхронного двигуна: неушкодженого і при наявності статичного ексцентриситета ротора в програмах Comsol Multiphysics і MatLab. Літературні джерела [8];</p>

	<i>Завдання на СРС підготовка до проведення лабораторної роботи. Дистанційний курс «Надійність електричних машин» лекція 3 https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=3146</i>
10	<i>Колоквіум із захисту лабораторних робіт (2 години)</i>

6. Самостійна робота студента

<i>№ з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять, опрацювання теоретичного матеріалу</i>	58
3	<i>Підготовка до лабораторних робіт</i>	32
5	<i>Підготовка до МКР</i>	30
6	<i>Підготовка до екзамену</i>	36

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання комп'ютерних практикумів з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;*
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни "Надійність електричних машин"*
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

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

Поточний контроль: *написання МКР, виконання комп'ютерних практикумів*

Календарний контроль: *провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

Семестровий контроль: *екзамен*

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальна оцінка за кожну МКР 6 балів, виконання і захист усіх комп'ютерних практикумів, семестровий рейтинг більше 40 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

Оскільки дисципліна складається з 2-х частин, то є певні особливості в оцінюванні студентів. Зокрема, бали набрані в частині 1, діляться на 2 і сумуються до балів, набраних в частині 2. Таким чином в кожній частині студент може набрати 30 балів з 60 балів стартового рейтингу до екзамена.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. Екзаменаційна складова шкали Re всього курсу дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали - 40 балів:

PCO для ч. 1 "Надійність електричних машин":

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист чотирьох лабораторних робіт;
- виконання індивідуальної роботи (РГР);
- виконання чотирьох контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Лаб. роботи	РГР	МКР	Rc	Рекз	R
12	20	20	8	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 0,3.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

0,3 бали * 27 = 8 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 0,3;
Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $5 \times 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання

- повне виконання експериментальної частини роботи, точна обробка експериментальних даних, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – 5 балів;
- обробка експериментальних даних з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу – 2 ... 4 балів;
- суттєві помилки в експериментальних даних але повне розуміння теми і

матеріалу лабораторної роботи – 1 ... 2 балів;
 – неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – 0 балів;

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 20.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 20 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 7...11 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 1...6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота складається з чотирьох частин: "Трансформатори", "Асинхронні машини", „Синхронні машини” та „Машини постійного струму” відповідно. Завдання кожної контрольної роботи складається з двох задач.

Ваговий бал кожної частини МКР – 2.

Максимальний бал за МКР – 2 *4=8.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання 2 задач – 2 бали;
- часткове розв'язання задач, наявність незначних помилок – 1-1,5 балів;
- правильне розв'язання 1 задачі – 1 бали;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

РСО для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин":

<p>Стартовий рейтинг в 60 балів складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:</p>	<p>1. Написання модульної контрольної роботи: 20 балів 2. Виконання та захист 4 комп'ютерних практикумів: 40 балів; 5. Відповідь на екзамені – 40 балів.</p>
<p><i>Критерії нарахування балів:</i></p>	
<p>1. Результати написання модульних контрольних робіт: 2*10б=20 балів.</p>	<p>Інформація про структуру МКР: За повністю правильно написану МКР =20 балів В білеті 5 питань: 1 питання - складне питання 8 балів. 2 питання - питання середньої складності 6 балів. 3 питання – 3 простих питання по 2 балу = 6 балів. В одному простому питанні може бути декілька простих запитань.</p>

	<p>Для зарахування МКР необхідно її написати на 60% і більше від максимальної кількості балів за МКР.</p> <p>Оцінювання питання на 8 балів: 8 балів - повна обґрунтована відповідь; 2 ...7 балів – недостатньо обґрунтована відповідь.</p> <p>Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, допоки не напише МКР на достатню кількість балів.</p>
2. Виконання та захист 4 комп'ютерних практикумів: 40 балів;	<ul style="list-style-type: none"> • по 8 балів — повне виконання і вчасний захист кожного комп'ютерного практикумів 1, 2. • по 12 балів — повне виконання і вчасний захист кожного комп'ютерного практикумів 3, 4. <p>Оцінювання к.п. на 12 балів:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 балів — повне виконання і вчасний захист комп'ютерного практикуму • 0...6 балів — неповне або часткове виконання комп'ютерного практикуму.
Умови отримання першої атестації:	<p>набрано 50% (13 б) з того, що можна набрати (26 б):</p> <ul style="list-style-type: none"> • написано МКР 1 на оцінку не менше 6 б: 10 б • зроблено і захищено к.п. 1 і 2: 16 б
Умови отримання другої атестації:	<p>набрано 50% (26 б) з того, що можна набрати (52 б):</p> <ul style="list-style-type: none"> • написано кожну МКР 1 і МКР 2 на оцінку не менше 6 б: 20 б • зроблено і захищено к.п. 1...3: 32 б
<p>Штрафні та заохочувальні бали:</p> <ul style="list-style-type: none"> • участь у модернізації комп'ютерних практикумів: + 1...6 балів; <p>Сумарна кількість як штрафних, так і заохочувальних балів не повинна перевищувати $0,1R_C = 6$ балів (для PCO-2, екзамен) або $0,1R = 10$ балів (для PCO-1, залік).</p>	
Критерії допуску студентів до екзамену з дисципліни частина 1:	<ul style="list-style-type: none"> • набрати стартовий рейтинг RC не менше 40 балів з 60 балів; • виконати і захистити всі комп'ютерні практикуми з даної дисципліни; • написати кожну з МКР 1 і МКР 2 на оцінку, не менше 6 балів (60%) з 10 балів.
<p>Проведення екзамену з дисципліни частина 1 і 2: На екзамені студент може набрати 10 балів з ч.1 дисципліни і 30 балів з ч.2 дисципліни. Питань на екзамені з курсу частини 2 «Надійність електричних машин» більше тому що</p>	

в частині 2 відсутні модульні контрольні роботи.

Рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R = R_c + R_e = 30 + 10 = 40 \text{ балів.}$$

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. На екзамені в білеті 4 питання по 10 балів кожне:

1. питання з дисципліни частина 1 (теоретичне питання)
2. питання з дисципліни частина 2 (теоретичне питання)
3. питання з дисципліни частина 2 (теоретичне питання)
4. питання з дисципліни частина 2 (задача)

Критерії оцінювання екзаменаційної контрольної роботи:

Кожне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 10-9 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 8-7 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 7-6 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Оцінка "автоматом" не виставляється бо з дисципліни екзамен (PCO-2).

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

для ч. 1 "Надійність електричних машин":

1. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Дослідження. Науковий метод.
2. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Проектування. Розробка конструкцій.
3. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Виробництво. Загальні властивості сучасної технології.
4. Проаналізувати основні етапи забезпечення надійності. Експлуатація Аналіз першопричин та місце відмов. Захист, профілактика та резервування.
5. Елементи теорії імовірностей та математичної статистики. Проаналізувати поняття імовірності випадкових подій.
6. Елементи теорії імовірностей та математичної статистики. Проаналізувати поняття випадкових величини та методи задання випадкових величин.
7. Елементи теорії імовірностей та математичної статистики. Проаналізувати поняття функції розподілення випадкових величин та властивості функції розподілення.
8. Проаналізувати поняття точкових випадкових величин. Середнє, медіана і мода.
9. Проаналізувати поняття точкових випадкових величин. Дисперсія. Коефіцієнт варіації. Розмах. Середньоарифметичне відхилення.

10. Проаналізувати поняття точкових випадкових величин. Коефіцієнт форми. Коефіцієнт ексцесу.
11. Дати оцінку кількісним характеристикам надійності. Імовірність безвідмовної роботи.
12. Дати оцінку кількісним характеристикам надійності. Частота відмов. Інтенсивність відмов.
13. Дати оцінку кількісним характеристикам надійності. Середній час безвідмовної роботи. Середнє напрацювання на відмову.
14. Привести порівняння періодів роботи технічних приладів.
15. Проаналізувати поняття структурна надійність. Послідовне та паралельне з'єднання елементів.
16. Проаналізувати поняття структурна надійність. Послідовно-паралельне з'єднання елементів.
17. Дати оцінку експоненціальному закону розподілення відмов.
18. Дати оцінку нормальному закону розподілення відмов.
19. Дати оцінку закону розподілення Релея.
20. Дати оцінку закону Гамма- розподілення.
21. Дати оцінку закону розподілення Вейбулла.
22. Дати оцінку біноміальному закону розподілення.
23. Дати оцінку надійності за даними дослідження та експлуатації. Загальна характеристика контрольних досліджень.
24. Проаналізувати методику проведення контрольних досліджень на надійність.
25. Проаналізувати означальні дослідження і оцінка надійності за даними експлуатації.
26. Проаналізувати надійність ізоляції обмоток електричних машин.
27. Дати оцінку моделі оцінки ізоляції обмоток електричних машин.
28. Економічні питання надійності. Дати оцінку зв'язку між вартістю та надійністю.
29. Економічні питання надійності. Дати оцінку затратам на підвищення надійності виробів.
30. Дати оцінку надійності елемента , апарату чи системи при імпульсному режимі роботи.

для ч.2 "Вібрації та шуми електричних машин":

Тема 1. Звук. Основні поняття.

Тема 2. Фізичні параметри звуку.

Тема 3. Шум.

Тема 4. Вібрація.

Тема 5. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації.

Тема 6. Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами.

Тема 7. Методи розділення джерел шуму та вібрації.

Тема 8. Динамічна модель електричної машини.

Тема 9. Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами.

Тема 10. Випромінювання магнітного шуму корпусом машини.

Тема 11. Магнітне поле в повітряному проміжку АД

Тема 12. Магнітострикція.

Тема 13. Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум.

Тема 14. Вібрація крупних багатополюсних асинхронних двигунів.

Тема 15. Вібрація статора дво полюсного турбогенератора.

Тема 16. Вібрація статора гідрогенератора

- Тема 17. Вібрація статорних обмоток*
- Тема 18. Основні причини магнітного шуму машин постійного струму.*
- Тема 19. Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму.*
- Тема 20. Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах.*
- Тема 21. Застосування глушителей шуму.*
- Тема 22. Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками.*
- Тема 23. Джерела вібрації підшипників кочення.*
- Тема 24. Шум щіткового апарата.*
- Тема 25. Віброакустична активність джерел механічного походження*
- Тема 26. Умови і методи вимірювання шуму електричних машин.*
- Тема 27. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації.*
- Тема 28. Датчики вібрації.*
- Тема 29. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин.*
- Тема 30. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу.*

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. к.т.н. Гераскіним О.А., доц. к.т.н. Реуцьким М.О.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)