



ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити / 120 годин, з них аудиторні 72 год., самостійна робота - 48год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік(письмовий)/Поточний контроль, МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор Куц Юрій Васильович, y.kuts@ukr.net Лабораторні: к.т.н., доц. Лисенко Юлія Юріївна, j.lysenko@kpi.ua
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: G Suite: код msdbvbs Moodle: https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=3324

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Технології електромагнітного неруйнівного контролю» відноситься до циклу професійної підготовки. Дана дисципліна необхідна для формування у студентів знань про електричні та магнітні поля, їх взаємодію з матеріалами і виробами, методи їх реєстрації та інтерпретації результатів. Розглянутий матеріал дасть змогу майбутньому фахівцю створювати та застосовувати сучасні комп'ютерно-інтегровані технології та проводити автоматизацію процесів оцінювання стану об'єктів за результатами взаємодії з електромагнітним полем. Набуті під час вивчення дисципліни знання, вміння та досвід можуть бути використані студентами в подальшому при вивченні спеціальних дисциплін.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатності:

- застосовувати знання фізики, електротехніки та електроніки, в обсязі, необхідному для розуміння процесів в системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях для задач електромагнітного неруйнівного контролю.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

- вміти розв'язувати типові задачі та проблеми автоматизації процесів в системах електромагнітного неруйнівного контролю.

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

Дисципліна «Технології електромагнітного неруйнівного контролю» базується на знаннях, здобутих студентами на початкових курсах в процесі вивчення ними вищої математики, фізики, електроніки та електротехніки. Набуті під час вивчення дисципліни знання, вміння та досвід можуть бути використані студентами в подальшому при вивченні спеціальних дисциплін, таких як сучасні технології дефектоскопії, переддипломна практика, а також при виконанні дипломних проектів бакалаврів та магістерських дисертацій.

3. Зміст навчальної дисципліни

На першому занятті передбачається ознайомлення студентів із структурою дисципліни, планом та порядком проведення лекційних занять, видами календарного та семестрового контролів, системою оцінювання (зокрема рейтинговою системою оцінювання успішності студентів).

Лекційні заняття присвячені вивченню основних понять і термінів електромагнітного неруйнівного контролю; видів, методів електромагнітного неруйнівного контролю та загальних фізичних основ, на яких вони базуються; принципів автоматизації процесів вимірювання, реєстрації та інтерпретації результатів контролю та методів побудови сучасних систем з візуалізацією полів. Проведення лекцій супроводжується переглядом презентаційних матеріалів. Крім того, передбачено перегляд відеоматеріалів, присвячених застосуванню електромагнітного неруйнівного контролю у промисловості. Тематичний зміст дисципліни наступний:

Розділ 1. Технологія магнітного неруйнівного контролю.

Тема 1.1. Основні поняття, визначення та теоретичні засади теорії магнетизму.

Тема 1.2. Технологія магнітної дефектоскопії.

Тема 1.3. Методи магнітної дефектоскопії: магнітопорошковий, магнітографічний, магнітодіодний, магнітотранзисторний та індукційний.

Тема 1.4. Гальваноманітні методи магнітної дефектоскопії та метод віброзонда.

Тема 1.5. Ферозондовий метод магнітної дефектоскопії.

Тема 1.6. Магнітна товщинометрія та магнітна структуроскопія.

Розділ 2. Технологія електричного неруйнівного контролю.

Тема 2.1. Загальні відомості про електричний неруйнівний контроль. Ємнісний метод ЕНК.

Тема 2.2. Термоелектричний, трибоелектричний та електропотенціальний методи та засоби ЕН.

Тема 2.3. Електроіскровий та електропотенціальний методи ЕНК.

Розділ 3. Технологія вихрострумовевого неруйнівного контролю.

Тема 3.1. Загальні відомості про вихрострумове НК (ВСНК).

Тема 3.2. Фізичні закони та рівняння електростатики та електродинаміки.

Тема 3.3. Теоретичні основи вихрострумовевого неруйнівного контролю.

Тема 3.4. Аналіз системи «довгий електропровідний пруток – ВСП прохідного типу».

Тема 3.5. Контроль параметрів об'єктів циліндричної форми у прохідному ВСП.

Тема 3.6. Комплексна чутливість ВСП до контрольованих параметрів. Контроль об'єктів плоскої форми накладними ВСП.

Тема 3.7. Схеми вмикання ВСП та методи і засоби опрацювання сигналів ВСП.

Тема 3.8. Багатопараметровий ВСНК. Метод фазової дискримінації.

Тема 3.9. Вихрострумова дефектоскопія та структуроскопія.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, з якою потрібно ознайомитись для опанування дисципліни:

1. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: довід. посіб. у 8 т. / за заг. ред. акад. НАН України З. Т. Назарчука; НАН України, Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка. – Львів: Простір-М, 2016. – Т. 4: Електрофізичні методи неруйнівного контролю дефектності елементів конструкцій / Р.М. Джала [та ін.]; за ред. д-ра техн. наук Р. М. Джали. – 2018. – 354 с.
2. Середюк, О. Є. Електричний, магнітний та електромагнітний види неруйнівного контролю в нафтогазовій галузі: навч. посіб. / О. Є. Середюк, О. Б. Барна, О. С. Криницький. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. – 348 с.

3. Методи і засоби неруйнівного контролю якості продукції: конспект лекцій / уклад. А.А. Ткачук, В.Ю. Заблоцький, Т.В. Терлецький. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 196 с.
4. Технології електромагнітного неруйнівного контролю. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 63 с.

Додаткова література, яку рекомендовано використовувати для поглиблених знань з дисципліни:

1. Куц Ю.В. Магнітний неруйнівний контроль. Навчальний посібник. // Ю.В. Куц, А.Г. Протасов, В.К. Цепенко, В.С. Єременко, Ю.Ю. Лисенко – Київ: НТУУ "КПІ". – 2012. – 139 с.
2. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни "Електромагнітні методи неруйнівного контролю", ч.1 / Укл. А.Г. Протасов, Ю.В. Куц, Ю.Ю. Лисенко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 43 с.
3. Зацепин Н.Н. Магнитная дефектоскопия / Н.Н. Зацепин, Л.В. Коржова. – Минск: Наука и техника, 1981. – 208 с.
4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник. Кн.2 / Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1986. – 148 с.
5. Герасимов В.Г. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий / В.Г. Герасимов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.
6. Неразрушающий контроль: справочник в 5 кн. Кн. 3. Электромагнитный контроль: Практическое пособие / В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, В.В.Сухоруков; под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 312 с.
7. Учанін В.М. Накладні вихрострумові перетворювачі подвійного диференціювання / В.М. Учанін. – Львів: СПОЛОМ, 2013. – 268с
8. Маєвський С.М. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі / С.М. Маєвський, В.П. Бабак, Л.М. Щербак – Київ: Либідь, 1993. – 200 с.
9. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы / Ю.В. Афанасьев. –Л.: Энергия, 1982. – 258 с.
10. Бугров А.В. Высокочастотные емкостные преобразователи и приборы контроля качества / А.В. Бугров. – М.: Машностроение, 1982. – 253 с.
11. Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. посібник. Під заг. ред. В.В. Панасюка. Т.5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / Під ред. З.Т. Назарчука. – Львів: Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2001. –1134 с.
12. Механика разрушения и прочности материалов: Справочное пособие. Под общ. ред. В.В. Панасюка. Т.9: Прочность и долговечность авиационных материалов и элементов конструкций / О.П. Остап, В.М. Федирко, В.М. Учанин и др. – Львов: Сполом, 2007. – 1068 с.
13. ДСТУ 2866-94. Контроль неруйнівний електричний. Терміни а визначення.
14. Стислий україно-англійський глумачний словник термінів з вихрострумового неруйнівного контролю /Укладачі: Куц Ю.В., Лискнко Ю.Ю., Учанін В.М. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 63 с (2.6 авт.арк), Розглянуто Вченою радою Приладобудівного факультету (протокол № 5/23 від 29.05.2023 р.).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальні заняття передбачені у формі лекцій, практичних занять, лабораторних робіт та самостійної роботи студентів. Застосовується стратегія активного і колективного навчання, яка визначається інформаційно-комунікаційною технологією, що забезпечує проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання відеопідтримки навчальних занять тощо).

Лекційні заняття:

Лекційний курс розрахований на вивчення фізичних основ електромагнітного неруйнівного контролю та принципів побудови приладів реєстрації та відображення результатів контролю. Описані конструкції приладів та засобів електромагнітного неруйнівного контролю та способи перетворення сигналів в них. Нижче наведено деталізований опис кожного лекційного заняття:

Розділ 1

Тема 1.1

Лекція 1. Вступ. Основні поняття, визначення та теоретичні засади теорії магнетизму.

Призначення та область застосування МНК. Теоретичні основи МНК. Магнітне поле у вакуумі. Магнітне поле у речовині. Магнетики та їх класифікація. Намагнічування феромагнетиків. Криві намагнічування феромагнетиків. Намагнічування феромагнітних тіл кінцевих розмірів. Коефіцієнт розмагнічування.

Тема 1.2

Лекція 2. Технологія магнітної дефектоскопії.

Загальні відомості про дефектоскопію. Характерні типи дефектів феромагнітних ОК. Фізичні основи магнітної дефектоскопії: граничні умови для магнітного поля на межі поділу двох середовищ; магнітні поля розсіювання дефектів. Намагнічування ОК. Класифікація способів намагнічування. Циркулярне, повздожнє та комбіноване намагнічування. Розрахунок магнітного поля намагнічування Розмагнічування ОК.

Тема 1.3

Лекція 3. Методи магнітної дефектоскопії: магнітопорошковий, магнітографічний, магнітодіодний, магніотранзисторний та індукційний.

Поділ методів магнітної дефектоскопії за сенсорами та індикаторами магнітного поля. Магнітопорошкова дефектоскопія. Етапи виконання контролю технологія отримання магнітограм. Магнітографічна дефектоскопія. Запис магнітного рельєфу ОК на магнітоносій та перетворення магнітного відбитку у електричний сигнал. Магнітодіодний, магніотранзисторний та індукційний методи магнітної дефектоскопії.

Тема 1.4

Лекція 4. Гальваномагнітні методи магнітної дефектоскопії та метод віброзонда.

Гальваномагнітні ефекти та їх використання в магнітній дефектоскопії. Метод ефекта Холла. Електрорушійна сила. Постійна Холла матеріалів для перетворювачів. Ефект Гауса, його суть та фізичне обґрунтування. Магніторезистори, рівняння перетворення, схеми включення. Метод віброзонда, рівняння перетворення віброзондів α -типу і s-типу.

Тема 1.5

Лекція 5. Ферозондовий метод магнітної дефектоскопії.

Недиференціальний і диференціальний ферозонди з повздожнім збудженням. Рівняння перетворення. Поняття диференціальної магнітної проникності. Способи включення диференціальних ферозондів з повздожнім збудженням. Чутливість диференціальний ферозонди з повздожнім збудженням. Методика розрахунку диференціального ферозонду з повздожнім збудженням.

Тема 1.6

Лекція 6. Магнітна товщинометрія та магнітна структуроскопія.

Методи магнітної товщинометрії: пондеромоторний, магнітостатичний, індукційний, індуктивний. Рівняння перетворення, чутливість, первинні вимірювальні перетворювачі, особливості реалізації та застосування цих методів. Зв'язок методів механічної та хіміко-термічної обробки феромагнітних сталей з їх магнітними характеристиками. Магнітні структуроскопи.

Розділ 2

Тема 2.1

Лекція 7. Загальні відомості про електричний неруйнівний контроль. Ємнісний метод ЕНК.

Загальні відомості про ЕНК. Характерні особливості ЕНК. Класифікація методів електричного НК Основні фізичні поняття та визначення. Загальна характеристика електроємнісного методу ЕНК.

Типи ємнісних вимірювальних перетворювачів та їх конструкції. Основні розрахункові формули ємності перетворювачів. Схеми вмикання електроємнісних перетворювачів. Особливості побудови ємнісних приладів НК та ємнісних перетворювачів.

Тема 2.2

Лекція 8. Термоелектричний та трибоелектричний методи та засоби ЕН.

Термоелектричний метод НК. Фізичні основи методу. Використання термоелектричного методу для контролю марки сплавів. Термоелектричний метод контролю товщини захисного металічного покриття на металічній основі. Трибоелектричний метод НК. Електростатичний дефектоскоп плівкових виробів.

Тема 2.3

Лекція 9. Електроіскровий та електропотенціальний методи ЕНК.

Електроіскровий метод НК. Фізичні основи методу. Електричні розряди в газах: коронний та іскровий розряди. Електроіскровий дефектоскопи контролю труб з діелектричних матеріалів. Електроди для електроіскрового методу НК. Електропотенціальний метод ЕНК: фізична сутність, область застосування, використання для оцінювання глибини поверхневих тріщин. Приклади приладів НК, що реалізують електроіскровий і електропотенціальний методи.

Розділ 3

Тема 3.1

Лекція 10. Загальні відомості про вихрострумівий НК (ВСНК).

Фізична сутність, задачі та характерні особливості ВСНК. Область застосування ВСК. Взаємодія електропровідних ОК з електромагнітним полем, аналогія з процесами, що відбуваються в індуктивно зв'язаних контурах. Параметри та характеристики ОК для контролю методами ВСНК. Класифікація вихрострумівих перетворювачів (ВСП). Типи прохідних, накладних та комбінованих вихрострумівих перетворювачів. Параметричні та трансформаторні ВСП.

Тема 3.2

Лекція 11. Фізичні закони та рівняння електростатики та електродинаміки.

Силкові характеристики електромагнітного поля. Закон Кулона. Електричний потенціал, різниця потенціалів. Рівняння Максвелла в інтегральній і диференціальній формах як теоретична основа вихрострумівого неруйнівного контролю. Закон повного струму. Закон електромагнітної індукції. Теорема Гауса. Принцип неперервності магнітного потоку.

Тема 3.3

Лекція 12. Теоретичні основи вихрострумівого неруйнівного контролю

Поширення плоскої електромагнітної хвилі (ЕМХ) у провідному напівпросторі. Проходження плоскої ЕМХ межі розділу «діелектрик – провідник». Характеристики ЕМХ у електропровідному середовищі: довжина, фазова швидкість, кут заломлення на межі діелектрик – провідник, глибина проникнення вихрових струмів в провідне середовище, хвильовий характеристичний опір середовища.

Тема 3.4

Лекція 13. Аналіз системи «довгий електропровідний пруток – ВСП прохідного типу».

Постановка задачі. Розрахунок складових ЕМХ у електропровідному прутку. Магнітний потік у електропровідному прутку. Поняття ефективної магнітної проникності. Способи визначення ефективної магнітної проникності: табличний, графічний, програмний. Експериментальне визначення коефіцієнту $\dot{\mu}_{\text{ef}}$.

Тема 3.5

Лекція 14. Контроль параметрів об'єктів циліндричної форми у прохідному ВСП.

Вихідні сигнали прохідних трансформаторних ВСП при контролі прутків з електропровідних матеріалів. Методика розрахунку прохідних трансформаторних ВСП. Графоаналітичний метод розрахунку прохідних ВСП. Годографи відносної внесеної напруги при контролі прутка у прохідному ВСП. Годограф відносної внесеної напруги при контролі труби з електропровідного немагнітного матеріалу у зовнішньому прохідному ВСП. Методика розрахунку сигналів зовнішніх прохідних ВСП.

Тема 3.6

Лекція 15. Комплексна чутливість ВСП до контрольованих параметрів. Контроль об'єктів плоскої форми накладними ВСП.

Поняття абсолютної та відносної комплексної чутливості ВСП. Чутливість прохідних ВСП до радіусу прутка, електропровідності та магнітної проникності. Годографи векторів комплексної чутливості прохідних ВСП. Контроль об'єктів плоскої форми накладними ВСП. Аналіз сигналів в системі «ВСП накладного типу – ОК». Методика графоаналітичного методу розрахунку накладних ВСП. Рекомендації щодо вибору робочої частоти та значень параметрів системи «ВСП – ОК».

Тема 3.7

Лекція 16. Схеми вмикання ВСП та методи і засоби опрацювання сигналів ВСП.

Схеми вмикання параметричних та трансформаторних ВСП. Методи опрацювання сигналів вихрострумовевого контролю та оцінювання їх інформативних параметрів: амплітудний, фазовий та метод проєкцій. Типова структурна схеми приладу ВСК, що реалізує амплітудний спосіб виділення інформації.

Тема 3.8

Лекція 17. Багатопараметровий ВСНК. Метод фазової дискримінації.

Загальні питання багатопараметрового ВСНК. Сутність методу фазової дискримінації. Апаратна реалізація методу фазової дискримінації. Визначення параметрів гармонічних сигналів за допомогою синхронних детекторів. Дослідження простору параметрів ОК розмірності більше за два.

Тема 3.9

Лекція 18. Вихрострумова дефектоскопія та структуроскопія.

Аналіз годографів сигналів накладних ВСП від переметрів дефектів. Аналіз залежності параметрів сигналів прохідних ВСП від дефектів. Типова функціональна схеми вихрострумовевого дефектоскопу. Приклади сучасних вихрострумовевих дефектоскопів. Загальні питання та завдання вихрострумовевої структуроскопії. Використання вихрострумовевої структуроскопії для оцінювання степені деградації металів та сплавів в авіації. Електропровідність як структурно-чутливий параметр. Деградація алюмінієвих сплавів під час експлуатації авіаційної техніки.

Практичні заняття:

Основні завдання циклу практичних занять полягають у закріпленні лекційного теоретичного матеріалу. На практичних заняттях студенти мають можливість ознайомитись з методикою розрахунків параметрів електромагнітного поля в провідних середовищах та навчитись проводити розрахунок параметрів різних перетворювачів для електромагнітного методу контролю. За результатами вивчення розділів кредитного модулю з метою перевірки знань проводиться контрольні роботи. Нижче наведено опис практичних занять з переліком основних питань:

ПЗ 1. Загальні відомості про магнітний НК. Взаємодія зарядженої частинки з електромагнітним полем. Розрахунок магнітного поля намагнічування. Розрахунок заряду частинок до та після взаємодії з полем.

ПЗ 2. Магнітна дефектоскопія за способом ефекту Холла. Магнітна дефектоскопія за способом ефекту Гауса. Розрахунок перетворювача Холла та Гауса для вимірювання магнітного поля розсіювання дефектів. Задачі на закріплення матеріалу.

- ПЗ 3. Ферозондовий метод магнітної дефектоскопії. Апаратна реалізація ферозондових дефектоскопів. Розрахунок ферозондових перетворювачів для вимірювання магнітного поля розсіювання дефектів. Розрахунок інших перетворювачів.
- ПЗ 4. Магнітна товщинометрія. Розрахунок перетворювачів магнітних товщиномірів пондеромоторного, електростатичного, індукційного типів. Розрахунок перетворювачів магнітних товщиномірів індуктивного типу.
- ПЗ 5. Контрольна робота 1. Плоска електромагнітна хвиля у провідному середовищі. Розрахунок параметрів електромагнітної хвилі у провідному середовищі. Задачі на закріплення матеріалу.
- ПЗ 6. Електромагнітна хвиля у циліндрі. Ефективна магнітна проникність. Розрахунок параметрів електромагнітної хвилі у провідному середовищі. Задачі на закріплення матеріалу.
- ПЗ 7. Комплексна чутливість ВСП. Розрахунок комплексної чутливості вихрострумових перетворювачів. Годографи векторів комплексних чутливості прохідних ВСП.
- ПЗ 8. Контроль ОК за допомогою накладних ВСП. Графоаналітичний метод розрахунку вихрострумового перетворювача накладного типу. Задачі на закріплення матеріалу.
- ПЗ 9. Контроль ОК за допомогою накладних ВСП. Розрахунок вихрострумового перетворювача прохідного типу. Інші методи розрахунку ВСП прохідного типу. Контрольна робота 2.

Лабораторні заняття:

Основні завдання циклу лабораторних занять: закріпити теоретичний матеріал, отримати практичні навички роботи з приладами електромагнітного контролю, викликати інтерес до подальшого застосування знань з дисципліни в навчальній, науковій та професійних сферах. Нижче наведено деталізований опис лабораторних занять:

- ЛЗ 1. Вступне заняття з техніки безпеки й правил поведіння в лабораторії. Контроль товщини немагнітних покриттів на магнітній основі (прилад МТ-40НЦ).
- ЛЗ 2. Контроль товщини немагнітних покриттів на магнітній основі (прилад ВТ-10НЦ).
- ЛЗ 3. Методи обчислення та експериментального визначення ефективної магнітної проникливості.
- ЛЗ 4. Дослідження роботи зовнішніх прохідних параметричних вихрострумових перетворювачів.
- ЛЗ 5. Дослідження роботи зовнішніх прохідних трансформаторних вихрострумових перетворювачів.
- ЛЗ 6. Дослідження дефектів вихрострумовим методом.
- ЛЗ 7. Дослідження вихрострумового методу та приладу контролю товщини металізації отворів друкованих плат.
- ЛЗ 8. Дослідження індукційного струму накладного вихрострумового перетворювача
- ЛЗ 9. Захист виконаних робіт. Підведення підсумків

6. Самостійна робота студента/аспіранта

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 48 години для самостійної роботи студентів, з яких 6 годин відводиться на підготовку до заліку та 42 години на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, опрацювання матеріалів практичних занять, розрахунок та оформлення результатів виконання лабораторних робіт та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота студента направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу, на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни та здобуття навичок самостійного опанування матеріалу.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні вимоги для вивчення дисципліни та успішного проходження семестрового контролю:

- **правила відвідування занять:**
 - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
 - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції на платформі Zoom (або будь якій іншій за вимогою студентів), посилання надається стуростам на початку семестру.
- **правила поведінки на заняттях:**
 - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни;
 - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
 - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
 - поточні запитання за темою заняття необхідно прописувати в чаті конференції, щоб запобігти перериванню викладення матеріалу на середині. У перерві між темами (підтемами) ці питання будуть розглянуті.
- **правила захисту лабораторних робіт:**
 - захист лабораторних робіт проходить під час проведення лабораторного заняття, а у випадку дистанційного навчання – за вибором студентів або у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom (кожен отримує індивідуальне запитання для усної відповіді) або шляхом заповнення тесту через GoogleForm;
 - у окремих випадках допускається можливість захисту не за розкладом та за домовленістю зі студентами.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - докладна інформація про штрафні та заохочувальні бали наведена у п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
 - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- **політика дедлайнів та перескладань:**
 - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин відсутності на занятті (не застосовується у період особового стану);
 - захист лабораторних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у межах трьох занять після проведення лабораторної роботи (не застосовується у період особового стану);
 - перескладань для підвищення балів не передбачено.
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа за правилами округлення.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
 - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
 - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
 - негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Оскарження результатів контрольних заходів

У випадку незгоди із результатами контрольних заходів студенти можуть виконувати і/або захищати їх у присутності комісії, яка формується із викладачів кафедри АСНК.

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

Оцінювання результатів навчання студента здійснюється за 100-бальною системою та передбачає оцінювання навчальної діяльності здобувача впродовж семестру – виконання модульної контрольної роботи, роботу на практичних заняттях та виконання лабораторних робіт та/або написання залікової роботи (оцінювання під час семестрового контролю).

Рейтинг студента формується як сума балів, отриманих студентом за:

- виконання 1 модульної контрольної роботи;
- виконання, підготовку та захист 6 робіт за результатами лабораторних занять;
- роботи на 9 практичних заняттях.

8.1. Критерії нарахування балів

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 26. Проводиться в якості письмової роботи. Критерії оцінювання:

26-24 балів – відповіді правильні, повні, повністю розкривають сутність поставленого питання, демонструють глибокі знання студента з даного розділу (не менше 90% потрібної інформації);

23-20 балів – виконана більша частина завдання, відповіді в основному правильні, але не повні (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями;

19-14 балів – виконані не всі пункти завдання, відповіді не конкретизовані, не розкривають сутності поставленого питання або розкривають її лише частково (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки ;

0 балів – незадовільна відповідь, завдання не виконано.

Лабораторні роботи №1, 2, 4, 5, та 7

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів за всі лабораторні заняття дорівнює $10 \text{ балів} \times 4 = 40 \text{ балів}$. Критерії оцінювання:

10-9 балів – завдання виконано в повному обсязі, є усне пояснення виконаних завдань, надано належним чином оформлений протокол;

8-7 балів – виконана більша частина завдання, пояснення невпевнені, надано оформлений протокол;

6-4 балів – виконані не всі пункти завдання та/або є певні недоліки у виконанні роботи, пояснення відсутні;

0 балів – завдання не виконано.

Лабораторні роботи №3, та №8

Ваговий бал – 8. Максимальна кількість балів за всі лабораторні заняття дорівнює $8 \text{ балів} \times 2 = 16 \text{ балів}$. Критерії оцінювання:

8 балів – завдання виконано в повному обсязі, є усне пояснення виконаних завдань, надано належним чином оформлений протокол;

7-6 балів – виконана більша частина завдання, пояснення невпевнені, надано оформлений протокол;

5-4 балів – виконані не всі пункти завдання та/або є певні недоліки у виконанні роботи, пояснення відсутні;

0 балів – завдання не виконано.

Практичні заняття

Ваговий бал – 2. Критерії оцінювання:

2 бали – творчо виконане завдання, враховані всі особливості роботи/завдання, продемонстровано глибокі знання з даної дисципліни (не менше 80% потрібної інформації);
1 бал – завдання виконано з недоліками, проте враховано майже всі особливості роботи/завдання, або є несуттєві помилки;
0 балів – завдання не виконане або є грубі помилки.

8.2. Штрафні та заохочувальні бали

- якщо лабораторна робота здається невчасно (пізніше встановленого строку) без поважної причини, то нараховується 1 штрафний бал (знімається 1 бал) (не застосовується у період особового стану);
- за участь у факультетських олімпіадах з дисципліни, модернізації лабораторних робіт надається від 1 до 5 заохочувальних балів;
- за активну участь у практичних заняттях, лабораторних роботах та лекціях надається від 1 до 5 заохочувальних балів.

Сума штрафних балів не може перевищувати -10, сума заохочувальних балів не може перевищувати +10.

*) Під час воєнного стану штрафні бали не нараховуються.

8.3. Умови позитивного календарного контролю (атестації)

Для отримання «атестовано» з першого календарного контролю (першої атестації) студент повинен мати не менше ніж 13 балів та виконання лабораторних робіт (на час атестації). Умовою другого календарного контролю – отримання не менше 33 бали, виконання лабораторних робіт (на час атестації) та виконання однієї контрольної роботи.

8.4. Умови позитивного семестрового контролю

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, контрольних робіт та рейтинг не менше 60 балів. В такому разі студент отримує відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань, яка переводяться до оцінок за університетською шкалою згідно таблиці 1.

У випадку, коли студент виконав усі умови допуску до заліку та має рейтинг менше 60 балів, або бажає підвищити свій рейтинг, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи. Після виконання залікової контрольної роботи, студент отримує в якості підсумкової оцінки більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи або за рейтингом.

8.5. Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

На екзамені студенти мають представити письмову роботу за тематикою завдання. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне (задачу).

Кожне теоретичне питання оцінюється у 35 балів, за такими критеріями:

35-34 балів – повна відповідь, студент демонструє додаткові знання та загальну обізнаність (не менше 90% потрібної інформації);

33-30 балів – достатньо повна відповідь, незначні неточності, студент володіє знаннями по даному питанню (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності);

29-26 балів – неповна відповідь, суттєві неточності, студент володіє тільки частиною знань з даного питання (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки);

0 балів – незадовільна відповідь або взагалі відсутня, рівень знань, продемонстрований студентом, низький.

Практичне завдання оцінюється у 30 балів, за такими критеріями:

30-28 балів – повне безпомилкове розв'язування завдання з усіма коментарями (усними та письмовими);

27-25 балів – повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями;

24-22 балів – завдання виконане з певними недоліками;

0 балів – завдання не виконано.

Таблиця 1. 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено у додатку до силабусу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., професор Куц Юрій Васильович
доц., к.т.н., доцент Лисенко Юлія Юріївна

Ухвалено кафедрою автоматизації та систем неруйнівного контролю (протокол № 17 від 21.06.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 7/23 від 22.06.2023)