



# ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</i>
Освітня програма	<i>Роботизовані і автоматизовані системи неруйнівного контролю та діагностики</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни / кредитного модуля	<i>5,5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Галаган Роман Михайлович, <a href="mailto:r.galagan@kpi.ua">r.galagan@kpi.ua</a> Практичні: к.т.н., доцент Галаган Роман Михайлович Лабораторні: к.т.н., доцент Галаган Роман Михайлович</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/c/MTUyNzMyNDQyMTc4">https://classroom.google.com/c/MTUyNzMyNDQyMTc4</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю» присвячена вивченню фундаментальних основ ультразвукового неруйнівного контролю, який широко застосовується у різних галузях промисловості та медицини: в авіа- та машинобудуванні, приладобудуванні, на залізничному та інших видах транспорту, в енергетиці, легкій, хімічній, нафтогазовій промисловості, медицині, мистецтві тощо. За допомогою ультразвуку виявляють дефекти та пошкодження в різних матеріалах, визначають фізико-механічні характеристики, вимірюють геометричні параметри об'єктів, діагностують різноманітні захворювання внутрішніх органів людини тощо. Вивчення фізичних основ теорії випромінювання, поширення, приймання ультразвуку важливе для формування наукового світогляду сучасного фахівця у галузі неруйнівного контролю.

Знання, які отримують студенти при вивченні дисципліни, можуть використовуватися у подальшому при розрахунках та проектуванні ультразвукових приладів та багатоканальних систем технічної та медичної діагностики, а також під час експлуатації указаних систем.

**Предмет навчальної дисципліни:** теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю.

**Метою дисципліни** «Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю» є формування у студентів **компетентностей**:

- Здатність обґрунтовувати вибір методу неруйнівного контролю для визначення фізико-механічних характеристик матеріалів і конструкцій, виявлення дефектів, вимірювання геометричних параметрів об'єктів та орієнтуватися в актуальній нормативно-технічній документації у галузі неруйнівного контролю для вирішення професійних задач (ФК-12);

- Здатність проводити вибір і розрахунки первинних перетворювачів, що входять до складу автоматизованих засобів контролю та діагностики і дозволяють реєструвати фізичні поля різної природи (акустичне, теплове, оптичне, електромагнітне тощо) (ФК-15);

- Здатність визначати параметри виробів та продукції, які підлягають контролю і діагностиці, встановлювати вимоги до точності вимірювань та достовірності контролю, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою та аналізом їх результатів (ФК-17);

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- Знати методи неруйнівного контролю матеріалів, об'єктів і конструкцій та уміти користуватись актуальною нормативно-технічною документацією у галузі неруйнівного контролю і технічної діагностики (ПРН-15);

- Вміти розраховувати і конструювати первинні перетворювачі автоматизованих засобів контролю та управління, датчики та сенсори роботів (ПРН-18).

- Знати характеристики виробів та продукції, які підлягають контролю, методи оцінювання якості продукції та особливості їх реалізації (ПРН-21);

- Вміти проводити експерименти за заданими методиками та використовувати сучасні комп'ютерні технології обробки результатів цих експериментів (ПРН-22).

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

Навчальна дисципліна «Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю»: 1) базується на знаннях, здобутих студентами при вивченні таких дисциплін: вища математика, фізика та електротехніка; 2) є основою для дисципліни «Прилади та багатоканальні системи акустичного неруйнівного контролю»; 3) може бути використана під час виконання дипломного проекту.

## **3. Зміст навчальної дисципліни / кредитного модуля**

Навчальна дисципліна «Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю» складається з 3-х розділів. У першому розділі описані фізичні основи акустичних методів вимірювання і контролю. Другий розділ присвячений теорії електромеханічного перетворення та розрахункам п'єзоелектричних перетворювачів. В третьому розділі наводяться моделі акустичних трактів та основні формули для розрахунку.

## **Розділ 1. Фізичні основи акустичних методів контролю**

**Тема 1.1.** Механічні коливання та хвилі.

**Тема 1.2.** Акустичне поле та його характеристики.

**Тема 1.3.** Форми і типи хвиль та їх особливості.

**Тема 1.4.** Характеристики проходження та відбиття ультразвукових хвиль (УЗХ) на межах середовищ.

**Тема 1.5.** Характеристики згасання УЗХ. Коливальні системи із згасанням.

## **Розділ 2. Перетворювачі для ультразвукового контролю**

**Тема 2.1.** Основи теорії електромеханічного перетворення. П'єзоефект.

**Тема 2.2.** Акустичне поле плоских перетворювачів.

**Тема 2.3.** Типи перетворювачів та розрахунки їх геометричних розмірів. Фокусувальні перетворювачі. Розподілені перетворювачі.

**Тема 2.4.** Елементи конструкцій п'єзоперетворювачів.

## **Розділ 3. Розробка та розрахунок акустичних трактів УЗ перетворювачів**

**Тема 3.1.** Акустичні тракти прямих суміщених перетворювачів.

**Тема 3.2.** Акустичні тракти похилих суміщених п'єзоперетворювачів.

**Тема 3.3.** Електроакустичний тракт.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю [Електронний ресурс]: підручник / Р. М. Галаган; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27002>

2. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник / В.К. Цапенко, Ю.В. Куц. – К.: НТУУ «КПІ». – 2010. – 448 с.

3. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Р. М. Галаган; Г. А. Богдан; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,1 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 145 с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41370>

### **Допоміжна література**

4. Грінченко В.Т., Вовк І.В., Маципура В.Т. Основи акустики: навч. посібник. – Київ: Наукова думка, 2007. – 640 с.

5. Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд.: пер. с нем. / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.

## Навчальний контент

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

Основні форми навчання – лекції, практичні заняття, лабораторні роботи та самостійна робота студентів.

Лекційний курс розрахований на вивчення фізичних основ ультразвукового неруйнівного контролю і є базовим для більш детального та конкретного знайомства з методами, приладами та системами ультразвукового неруйнівного контролю.

#### Розділ 1

##### Тема 1.1

**Лекція 1.** Передмова. Історія розвитку УЗ техніки. Мета та задачі дисципліни УЗНК [1-3].

*В лекції розкриваються мета і завдання курсу. Описується історія розвитку УЗ техніки.*

**Лекція 2.** Коливання. Кінетична та потенційна енергія пружних коливань [1,9]. Хвилі. Рівняння хвильового процесу. Властивості хвиль. Принцип Гюйгенса. [1-4]

*В лекції розглянуті власні та вимушені коливання. Наведені формули для розрахунку кінетичної та потенційної енергій пружних коливань. Описано математичний та пружинний маятники; наведені формули для розрахунку періоду коливань. В лекції розглянуті рівняння хвилі, параметри ультразвукових хвиль.*

##### Тема 1.2

**Лекція 3.** Характеристики акустичного поля. Акустичний імпеданс. Енергетичні характеристики хвильових процесів. [1,2,4,5]. Форми хвиль: плоска, циліндрична та сферична. [1,2,4]

*В лекції наводяться величини, що характеризують акустичне поле. Розглянуті принципи поширення акустичних хвиль в пружному середовищі. Поняття акустичного імпедансу. В лекції розглянуті плоскі, циліндричні та сферичні хвилі. Залежність тиску та інтенсивності різних форм хвильових процесів від відстані.*

##### Тема 1.3

**Лекція 4.** Властивості хвиль [1].

*В лекції розглянуті властивості хвиль.*

**Лекція 5.** Типи хвиль: поздовжня, поперечна та поверхнева. Швидкості різних типів хвиль. [1,2,5]

*В лекції розглянуті особливості та характер поширення поздовжньої, поперечної, поверхневої, нормальної та ін. типів хвиль. Наведені формули для розрахунку швидкості різних типів хвиль.*

**Лекція 4.** Ефект Допплера [1].

*В лекції розглянуто ефект Допплера.*

##### Тема 1.4

**Лекція 7.** Проходження хвиль через плоскі межі середовищ при нормальному падінні. Просвітлюючі та узгоджуючі шари [1,2]. Проходження хвиль через плоскі межі середовищ при похилому падінні. Трансформація хвиль. Критичні кути. [1,2]

*В лекції розглядаються явища проходження та віддзеркалення ультразвукових хвиль на межі поділу двох середовищ. Коефіцієнти проходження та віддзеркалення при нормальному падінні хвиль. Просвітлюючі та узгоджуючі шари. В лекції розглядаються явища проходження, віддзеркалення та заломлення ультразвукових хвиль на межі поділу двох середовищ при похилому падінні. Коефіцієнти проходження та віддзеркалення при похилому падінні хвиль. Явище трансформації. Критичні кути.*

##### Тема 1.5

**Лекція 8.** Чинники, що обумовлюють згасання акустичних хвиль. Коефіцієнти згасання. Залежність згасання акустичних хвиль від частоти [1,2,4,5].

*В лекції пояснюються причини згасання та показники, що його характеризують. Коефіцієнти згасання по тиску та інтенсивності. Рівняння хвилі з урахуванням її згасання в середовищі. Залежність згасання акустичних хвиль від частоти.*

## **Розділ 2**

### **Тема 2.1**

**Лекція 9.** Прямий та зворотний п'єзо ефект. П'єзомодулі та п'єзоконстанти. Коефіцієнт електромеханічного зв'язку. [1,8]

*В лекції наведені основні рівняння прямого та зворотного п'єзо ефекту. Описані п'єзомодулі та п'єзоконстанти. Коефіцієнт електромеханічного зв'язку*

### **Тема 2.2**

**Лекція 10.** Характеристики акустичного поля плоских (круглих та прямокутних) ПЕП. Структура поля в ближній та дальній зонах [1,2,5].

*В лекції розглянута структура акустичного поля плоских перетворювачів. Фізичний зміст межі ближньої зони. Трубка випромінювання. Особливості використання ближньої і дальньої зон поля випромінювача в акустичному контролі.*

**Лекція 11.** Характеристики діаграми направленості. Розрахунок ширини діаграми направленості на заданих рівнях відносно максимуму [1,2,5].

*В лекції розглянуті характеристики направленості плоского випромінювача. Наводяться формули для розрахунку ширини діаграми направленості на заданих рівнях відносно максимуму.*

### **Тема 2.3**

**Лекція 12.** Фокусувальні перетворювачі: рефрактор, рефлектор, концентратор. Розрахунок геометричних розмірів. Розрахунок сфокусованих полів. Розрахунок роздільної здатності [1-3]. Основи теорії розподілених ПЕП. Розрахунки геометричних характеристик фазованих антенних решіток та комотованих матриць. [1]

*В лекції розглянута теорія фокусування акустичних хвиль. Наведені конструкції основних фокусувальних перетворювачів та розрахункові формули. В лекції розглянуті основні формули для розрахунку геометричних параметрів ФАР та КМ. Пояснюється принцип їх дії. Наводяться критерії їх використання.*

### **Тема 2.4**

**Лекція 13.** Огляд основних конструкцій ультразвукових датчиків. [1,2]

*В лекції розглянуті елементи конструкції ПЕП та описано їх призначення. Описані основні фактори, що визначають чутливість, смугу пропускання та стабільність роботи ПЕП.*

**Лекція 14.** Електромагнітоакустичні перетворювачі [2]

*В лекції розглянуті електромагнітоакустичні перетворювачі*

## **Розділ 3**

### **Тема 3.1**

**Лекція 15.** Моделі дефектів, що використовуються при виведенні формул коефіцієнтів акустичних трактів. Формули коефіцієнтів акустичних трактів для різних типів відбивачів при нормальному введенні ультразвуку [1, 2].

*В лекції наведена класифікація моделей дефектів, що використовуються при виведенні формул коефіцієнтів акустичних трактів: отвір з плоским та напівсферичним дном, свердління, риска тощо. Поняття ефективного розміру дефекту. Формули коефіцієнтів акустичних трактів для різних типів відбивачів.*

### **Тема 3.2**

**Лекція 16.** Тракти об'єктів, що мають багатошарову структуру [1,2]. Розрахунок коефіцієнтів акустичних трактів при похилому введенні [1,2]

*В лекції описано, що таке багатошарова структура. Наведено формули для розрахунків акустичних трактів багатошарових структур та трактів при похилому введенні ультразвуку.*

**Лекція 17.** Модульна контрольна робота

### Тема 3.3

**Лекція 18.** Розрахунок електроакустичного тракту [1,2]. Заключне заняття. Повторення основних тем. Підбиття підсумків.

*В лекції розглянуті питання розрахунку електроакустичного тракту. Також повторюються основні формули та теми.*

**Мета проведення лабораторних робіт** – закріплення на практиці теоретичних знань, набутих студентами під час лекційних занять з дисципліни.

Номер розділу	Номер заняття	Зміст заняття	Об'єм (год.)
1	Л1	Вступне заняття. Техніка безпеки. Знайомство з лабораторією та робочими місцями. Поділ на бригади. Видача завдань. Виконання демонстраційної роботи по візуалізації нерухомих хвиль за допомогою динаміка (не входить у рейтинг)	2
	Л2	Дослідження явища суперпозиції двох коливань	2
	Л3	Дослідження явища додавання двох взаємно перпендикулярних гармонійних коливань за допомогою фігур Ліссажу	2
	Л4	Дослідження ультразвукового луна-імпульсного методу вимірювання відстані	2
	Л5	Дослідження явища дисперсії швидкості згинних хвиль за допомогою фігур Хладні	2
2	Л6	Вимірювання характеристик направленості ультразвукових перетворювачів	2
	Л7	Дослідження параметрів п'єзоелементів.	2
	Л8	Знайомство зі спеціалізованими лабораторними стендами. Створення сигналів за допомогою синтезаторів частоти (не входить у рейтинг)	2
	Л9	Виконання демонстраційної роботи по візуалізації ефекту фокусування за допомогою концентратора (не входить у рейтинг). Підбиття підсумків	2

**Мета проведення практичних занять** – розвиток у студентів самостійності у застосуванні одержаних теоретичних знань на практиці.

Номер розділу	Номер заняття	Зміст заняття	Об'єм (год.)
1	П1	Вступ. Пояснення тем занять та тематики задач. Коливальні процеси. Енергетичні характеристики коливальних систем	2
	П2	Математичний та пружинний маятник. Параметри пружних хвиль	2
	П3	Форми хвильових процесів. Плоска, циліндрична та сферична хвилі	2

		<i>Розрахунки акустичних полів плоского, циліндричного та сферичного випромінювачів.</i>	
	П4	Типи хвиль: поздовжня, поверхнева та поперечна хвилі	2
	П5	Проходження хвиль через плоскі межі середовищ при нормальному та похилому падінні. Трансформація хвиль. Критичні кути <i>Розрахунки коефіцієнтів проходження та відбиття по тиску та інтенсивності. Задачі, що пов'язані із використанням закону Снеліуса. Розрахунок 1-го, 2-го та 3-го критичних кутів</i>	2
	П6	Коефіцієнти згасання по тиску та інтенсивності <i>Розрахунки згасання ультразвукових хвиль</i>	2
2	П7	Розрахунок геометричних розмірів ПЕП. Акустичне поле круглого та прямокутного ПЕП. Розрахунок зон акустичного поля	2
	П8	Розрахунок фокусувальних перетворювачів	2
	П9	Розрахунок розподілених перетворювачів. Завершальне заняття. Підбиття підсумків	2

## 6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 93 годин самостійної роботи студентів, з яких 30 годин – на підготовку до екзамену і 63 години – на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, самостійний розв'язок додаткових задач, оформлення результатів виконання лабораторних робіт та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу та на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає:

- закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни;
- здобуття навичок самостійного вивчення матеріалу.

## Політика та контроль

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

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
  - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
  - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції у програмі Zoom - посилання на конференцію видається на початку семестру.
- **правила поведінки на заняттях:**
  - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або може зашкодити здоров'ю;
  - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять.
- **правила захисту лабораторних робіт:**
  - захист лабораторної роботи проходить під час проведення лабораторної роботи, а у випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom; викладач індивідуально задає запитання, на які пропонується відповісти усно;



- у окремих випадках допускається можливість захисту під час проведення консультацій.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - докладна інформація із приводу штрафних та заохочувальних балів 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;
  - захист лабораторних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у межах трьох занять після проведення лабораторної роботи;
  - 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)**

**8.1. Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою. PCO складається з двох складових:**

- стартової  $R_C$  – призначена для оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру;
  - екзаменаційної  $R_E$  – призначена для оцінювання окремих запитань (завдань) на екзамені.
- Стартова шкала становить  $R_C=50$  балів, відповідно, екзаменаційна –  $R_E=50$  балів.

Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) виконання та захист 6-ти лабораторних робіт;



- 2) вирішення 1-ї задачі на практичному або лекційному занятті;
- 3) виконання модульної контрольної роботи;

## **8.2. Критерії нарахування балів.**

### **8.2.1. Виконання лабораторних робіт:**

Ваговий бал - 6. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює **6 балів x 6 = 36 балів**.

Критерії оцінювання:

6 балів – робота виконана в повному обсязі і захищена вчасно, пояснені отримані результати і дані правильні відповіді на контрольні запитання з невеликими неточностями;

5 балів – робота виконана в повному обсязі, але захищена невчасно, пояснення отриманих результатів нечіткі, відповіді на контрольні запитання отримані тільки після підказок викладача;

4 бали – робота виконана в повному обсязі, але захищена невчасно, пояснення отриманих результатів відсутні, відповіді на контрольні запитання відсутні;

0 балів – робота не виконана.

### **8.2.2. Робота на практичних заняттях.**

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за вирішення задачі дорівнює 4 бали x 1 = 4 бали.

Критерії оцінювання розв'язку задачі:

4 бали – задача вирішена правильно і самостійно (без підказок);

3 бали – задача вирішена із незначною кількістю підказок від викладача або при самостійному розв'язку отримана відповідь не є правильною, але дуже близька до вірної;

2 бали – задача вирішена, але тільки зі значними підказками від викладача, або вирішена тільки частково;

0 балів – задача не вирішена.

### **8.2.3. Виконання модульної контрольної роботи (МКР).**

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює 10 балів x 1 = 10 балів.

Критерії оцінювання контрольних робіт:

10 балів – контрольна робота виконана повністю, при цьому результат вірний або незначним чином відрізняється від вірного;

8-9 балів – присутній хід розв'язку завдання, який є правильним, але кінцева відповідь не отримана;

6-7 балів – виконані не всі завдання контрольної роботи;

0 балів – контрольна робота не виконана або виконана невірно.

Якщо контрольна робота виконується невчасно (пізніше встановленого строку) без поважної причини, то знімається 5 балів.

## **8.3. Штрафні та заохочувальні бали за:**

- несвоєчасне виконання лабораторної роботи знімається -1 бал;

- участь у факультетській олімпіаді з дисципліни, модернізації лабораторних робіт надається від +1 до +3 заохочувальних балів;

- активну роботу на лабораторних, практичних заняттях, лекціях та 100% відвідування надається +3 бали.

Заохочувальні бали також можуть надаватись за активну участь в обговоренні та розв'язку завдань на лекційних заняттях та комп'ютерних практикумах. Сума заохочувальних балів визначається викладачем (це може бути +0,5 або +1 бал (але не більше) за одне заняття).

Сума штрафних балів не може перевищувати «-5», сума заохочувальних балів не може перевищувати «+5».

#### **8.4. Умови позитивної проміжної атестації (календарний контроль).**

Умовою першої атестації є отримання не менше 10 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) та присутність на більше ніж 50% лекційних занять.

Умовою другої атестації є отримання не менше 20 балів, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації) та присутність на більше ніж 50% лекційних занять.

#### **8.5. Умови допуску до екзамену.**

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг не менше 50 % від  $R_C$ , тобто 25 балів.

У випадку, якщо семестровий рейтинг студента становить  $R_C \geq 54$  балів та студент був присутнім на більш ніж 90% усіх занять, то він може розраховувати на отримання автоматом оцінки **відмінно (96 балів)** на екзамені. Якщо ж студент брав участь у науковій конференції із друком тез та виступом за тематикою, що пов'язана із ультразвуковим неруйнівним контролем, то він може розраховувати і на вищий бал автоматом (від **97 до 99** балів), але це обговорюється окремо.

Якщо студент був присутнім на більше ніж 50% усіх занять і має стартовий рейтинг  $R_C$  від **35 до 54** балів, то він може претендувати на отримання автоматом оцінки, яка розраховується наступним чином:

**Оцінка автоматом =  $R_C + 40$ .**

Якщо студент був присутнім на більше ніж 50% усіх занять і має стартовий рейтинг  $R_C$  від **25 до 34** балів, то він може претендувати на отримання автоматом оцінки, яка розраховується наступним чином:

**Оцінка автоматом =  $R_C + 35$ .**

У випадку відмови від оцінки автоматом студент складає екзамен за загальними правилами.

Якщо було **пропущено більше половини усіх занять без поважних причин** – студент **обов'язково пише екзамен**, незважаючи на те, який у нього стартовий рейтинг.

#### **8.6. Критерії екзаменаційного оцінювання (семестровий контроль).**

Екзаменаційний білет в базовому об'ємі складається з п'яти запитань/задач, кожне з яких оцінюється в 10 балів. Максимальна кількість балів, яку можна отримати за всі питання 10 балів  $\times$  5 = 50 балів.

Критерії оцінювання кожного окремого запитання:

9-10 балів – повна письмова відповідь з усним поясненням (не менше 90% потрібної інформації);

7-8 балів – повна письмова відповідь без усних пояснень, незначні неточності (не менше 75% потрібної інформації);

6 балів – відповідь неповна, суттєві неточності (не менше 60% потрібної інформації);

0 балів – відповідь відсутня або невірна.

У випадку, якщо студент пропускає без поважної причини певну кількість лекційних занять (більше чотирьох), то до базових запитань/задач білету додаються додаткові питання, кількість яких визначається із співвідношення:

$$M = \text{round}\left(\frac{N}{4}\right),$$

де  $N$  – кількість пропущених занять (розрахунок починається при  $N \geq 4$ ), round – функція округлення.

В такому разі до 5 базових питань/задач додається М додаткових питань. Кількість балів за окреме питання/задачу визначається із умови:

$$K - \text{ть балів за окреме питання} = \frac{50}{5 + M}$$

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

Кількість балів	Оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
RD < 59	Незадовільно
<b>R<sub>c</sub> &lt; 25</b> або не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущений

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

У рамках опанування дисципліни «**Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю**» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням викладачем).

**Робочу програму навчальної дисципліни / кредитного модуля (силабус):**

Складено доцент кафедри АСНК, к.т.н., доцент Галаган Роман Михайлович

Ухвалено кафедрою АСНК (протокол № 23 від 07.07.22)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 7/22 від 07.07.22)