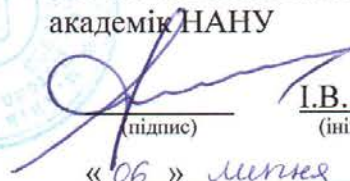


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О.ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
Відділ аспірантури при ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України



ЗАТВЕРДЖУЮ
Заст. директора
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
академік НАНУ


(підпис) І.В. Кривтун
(ініціали, прізвище)
«06» липень 2020 р.

**« Дослідження процесу руйнування матеріалів
методом акустичної емісії»**

(назва навчальної дисципліни)

6/П
(шифр за ОП)

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

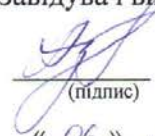
рівень вищої освіти – доктор філософії з матеріалознавства
форма навчання – денна
спеціальність – 132 – Матеріалознавство
галузь знань – 13 – механічна інженерія
освітня програма – Матеріалознавство

Затверджено на засіданні
випускового відділу за
спеціальністю 132
«Матеріалознавство»

Інститут електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАНУ

Протокол від 03.07 2020 р. № 1

Завідувач випускового відділу

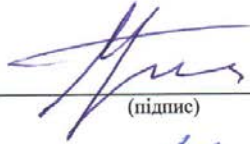

(підпис) А.І. Устінов
(ініціали, прізвище)
«06» липень 2020 р.

Київ – 2020

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

зав. відділом ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,
д.т.н., професор Недосека А.Я.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

пров. наук. співроб. ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,
д.т.н. Недосека С.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

Програму затверджено на засіданні

відділу «Технічна діагностика зварних конструкцій»

(повна назва відділу)

Протокол від «03» липня 2020 року № 1

Завідувач відділу


(підпис)

А.Я. Недосека

(ініціали, прізвище)

«06» липня 2020 р.

Вступ

Програму навчальної дисципліни «Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії» складено відповідно до освітньої програми підготовки докторів філософії спеціальності: **132 Матеріалознавство**

Навчальна дисципліна належить до циклу **дисциплін професійної та практичної підготовки**.

Предмет навчальної дисципліни: загальні питання технічної діагностики; методи прогнозування стану матеріалів; основні математичні питання, які використовуються при оцінці стану матеріалів та застосуванні технічної діагностики методом акустичної емісії (метод інтегральних перетворень, загальні питання теорії ймовірностей і обробки даних, факторний аналіз, методи розпізнавання образів); діагностика і залишковий ресурс конструкцій; основи оцінки ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії.

Міждисциплінарні зв'язки:

Навчальна дисципліна пов'язана з дисциплінами:

- «Методи дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів» (4/I),
- «Властивості матеріалів в нерівноважному стані та методи їх отримання» (3/I),
- «Твердофазні процеси формування нероз'ємних з'єднань матеріалів» (1/II),
- «Структура з'єднань матеріалів отриманих плавленням» (2/II),
- «Конструкційні сталі та їх здатність до зварювання» (3/II),
- «Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання» (4/II),
- «Основи конструкційної міцності» (5/II),
- «Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах» (7/II),
- «Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії»(8/II).

В подальшому набуті знання і вміння будуть використовуватись при розрахунках та оцінці стану матеріалів, конструкцій, елементів конструкцій та зварних з'єднань, діагностиці стану матеріалів і конструкцій, а також дозволять удосконалювати оцінку несучої здатності та залишкового ресурсу існуючих конструкцій за рахунок впровадження отриманих знань на практиці. Даний курс є необхідним підґрунтям для формування майбутнього доктора філософії, розширює технологічні можливості фахівця.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів компетентностей:

- Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (код ЗК 2).
- Здатність переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі соціальні, наукові, культурні, етичні та інші проблеми (код ЗК 3).
- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (код ЗК 4).
- Здатність ініціювання дослідницько-інноваційних проектів та автономно працювати під час їх реалізації(код ЗК 5).
- Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження(код ЗК 8).

- Здатність досліджувати проблеми із використанням системного аналізу та інших методів дослідження(код ЗК 9).
- Критичне осмислення наукових фактів, гіпотез, теорій, у професійній діяльності в сфері матеріалознавства(код ЗК 11).
- Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в механічній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації(код ФК 1).
- Здатність самостійно виконувати наукові дослідження в галузі матеріалознавства на основі сучасних теорій та методів термодинаміки, кінетики процесів в матеріалах, фізики конденсованого стану, та інформаційнокомунікаційних технологій(код ФК 2).
- Здатність узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, на основі фундаментальних та спеціальних знань синтезувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення (код ФК 4).
- Здатність використовувати новітні методи досліджень металів і сплавів в науково-дослідницькій діяльності (код ФК 11).

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання.

Знання:

- методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації (код ЗН 1);
- загальних принципів і методів природничих та технічних наук, а також методології наукових досліджень, їх застосування у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства (ЗН 3);
- новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах (ЗН 5);
- закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення (код ЗН 7);
- Фізичної сутності акустичної емісії (АЕ); фізичної та математичної моделі АЕ; теоретичних питань розповсюдження хвиль АЕ; визначення координат джерел АЕ; діагностичних АЕ систем на основі розпізнавання процесів, що протікають у матеріалах при руйнуванні. (код ЗН 19);
- Основних механічних і фізичних характеристик матеріалів, механічних та технологічних методів їх випробування; класифікації видів і методів неруйнівного контролю; випробування методом АЕ здатності матеріалів накопичувати пошкодження в процесі деформування; оцінки стану матеріалів за результатами металографічних досліджень; застосування АЕ технології при безперервному діагностичному контролі (моніторингу) конструкцій з оцінкою ресурсу матеріалів конструкцій(код ЗН 20);
- Як проводити із підлеглими заняття з метою підвищення рівня їх професійної підготовки(код ЗН 23);

Уміння:

- Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми матеріалознавства державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях в провідних наукових виданнях(код УМ 1);
- Використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані(код УМ 2);
- Застосовувати логіку та методологію наукового пізнання(код УМ 3);
- Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації(код УМ 4);
- Забезпечувати оригінальні розробки та ідей в контексті наукового дослідження(код УМ 5);
- Орієнтуватися в сучасних тенденціях та потребах суспільства з метою їх використання в професійній галузі; проявити вищу ступінь відповідальності за соціальні, культурні та екологічні наслідки комплексної технічної діяльності в контексті сталого розвитку; виявити готовність до ведення технічної діяльності з дотриманням етичних норм (код УМ 6);
- Планувати, організовувати, керувати продуктивною працею в різних напрямках в групі та команді, виконувати різні функції в колективі та соціумі в цілому(код УМ 7);
- синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії (код УМ 8);
- На основі аналізу потреб виробництва формулювати вимоги щодо рівня властивостей нових матеріалів(код УМ 10);
- генерувати нові ідеї для вирішення науково-дослідних проектів та дослідницько-конструкторських робіт (код УМ 12);
- Практично застосувати існуючі АЕ системи при безперервному контролі (моніторингу) матеріалів конструкцій з оцінкою їх залишкового ресурсу (код УМ 24).

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться **120 годин / 4 кредити ECTS**.

Навчальна дисципліна містить наступні кредитні модулі:

1. Загальні питання технічної діагностики. Методи прогнозування стану матеріалів.
2. Основні математичні питання, які використовуються при розробці та застосуванні технічної діагностики методом акустичної емісії.
3. Факторний аналіз. Методи розпізнавання образів.
4. Діагностика і залишковий ресурс конструкцій. Основи оцінки ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії.

Рекомендований розподіл навчального часу

Шифр	Назва навчальної дисципліни	Розподіл за семестрами		Кількість Кредитів ECTS	Кількість годин					
		Екзамени	Заліки		Загальний обсяг	Аудиторних				Самостійна робота
						у тому числі				
					Всього	лекцій	практичні	лабораторні		
6/П	Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії	3	–	4	120	40	32	8	–	80

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні питання технічної діагностики. Методи прогнозування стану матеріалів

Тема 1.1. Основні загальні питання та визначення технічної діагностики

Основне завдання технічної діагностики (ТД). Три основні питання щодо застосування ТД. Три групи методів для вирішення проблеми забезпечення безпеки конструкцій. Вимоги до систем оцінки стану конструкцій та споруд. Три етапи розвитку робіт в галузі ТД. Види контролю зварних конструкцій та їх відмінності. Основні поняття і визначення (технологічний та експлуатаційний контроль, якість та її контроль, технічний огляд, діагностування, контрольні та діагностичні параметри, технічна діагностика, неруйнівний контроль, розрахунковий залишковий ресурс, реальний залишковий ресурс, його прогнозування). Напрями в діагностиці (діагностика прямими методами та діагностика за непрямими ознаками).

Тема 1.2. Методи прогнозування стану матеріалів

Планування та прогноз. Три основні задачі прогнозування міцності. Мета, шляхи і засоби прогнозування. Послідовні та паралельні методи побудови прогнозних моделей, вимоги до них. Екстраполяційні методи (згладжування та вирівнювання функцій). Статистичні методи (метод кореляційного аналізу, регресивний аналіз, метод експертних оцінок, колективна генерація ідей).

Розділ 2. Основні математичні питання, які використовуються при розробці та застосуванні технічної діагностики методом акустичної емісії

Тема 2.1. Метод інтегральних перетворень

Теорія інтегральних перетворень. Розклад періодичних та неперіодичних функцій в ряди. Умова Дирихле. Прямі та обернені комплексні перетворення Фур'є. Прямі та обернені комплексні перетворення Лапласа. Прямі та обернені косинус- та синус-перетворення Фур'є. Кінцеві прямі та обернені косинус- та синус-перетворення Фур'є.

Пряме та обернене перетворення Ханкеля. Функція Беселя першого роду. Кінцеве пряме та обернене перетворення Ханкеля. Інтегральні перетворення деяких диференціальних операторів.

Симетричні та асиметричні східчасті функції. Симетрична одинична імпульсна функція (функція Дірака, δ -функція), асиметрична одинична імпульсна функція. Зв'язок східчастих та імпульсних функцій. Інтегральні перетворення функцій, що містять імпульсні функції.

Тема 2.2. Загальні відомості з теорії ймовірностей і обробки даних

Дискретні та безперервні випадкові величини. Вірогідність, ряд розподілу випадкової величини, многокутник розподілу. Функція та графік розподілу випадкової величини. Щільність розподілу випадкової величини. Нормальний закон розподілу (закон Гауса). Моменти випадкових величин. Початковий момент порядку r . Перший початковий момент (математичне очікування) випадкової величини. Центральні моменти порядку k . Другий центральний момент (дисперсія) випадкової величини. Розкид (середнє квадратичне відхилення). Нормована випадкова величина. Арифметичне середнє. Вибіркова дисперсія. Точне значення дисперсії. Коваріація та коефіцієнт кореляції двох випадкових величин.

Двовимірні розподіли: вірогідність, щільність, математичне очікування, дисперсія та кореляція; функція розподілу у випадку двовимірного розподілу випадкових величин. n -вимірні розподіли: вірогідність, щільність, математичне очікування, дисперсія та кореляція; функція розподілу. Відмінність між формулами, що описують нормальний одинірний і багатовимірний розподіли. Обробка даних: метод найменших квадратів, лінійна модель багатофакторного експерименту, приклад обробки результатів у випадку лінійної функції $y = b_0 + b_1x$. Повнофакторний експеримент (ПФЕ або план). ПФЕ типу 2^k . Рівні факторів. Матриця планування для дворівневого тривимірного експерименту. Властивості повнофакторних експериментів (симетричність відносно центру експерименту, умова нормування, ортогональність, рототабельність). Дробні факторні плани. Статистична перевірка результатів. Дисперсія відтворюваності. Критерій Стьюдента. Критерій Фішера: дисперсія адекватності, змінна Фішера, ступені свободи. Адекватність моделі.

Розділ 3. Факторний аналіз. Методи розпізнавання образів.

Тема 3.1. Факторний аналіз

Побудова загальної моделі. Загальні та характерні фактори. Основна модель факторного аналізу. Гіпотези факторного аналізу. Схема реалізації моделі факторного аналізу. Факторне відображення. Факторна структура. Вихідна інформація для побудови факторної моделі. Факторна структура. Прогнозування при факторному аналізі.

Тема 3.2. Методи розпізнавання образів

Загальні поняття. Задачі представлення вихідних даних, виділення характерних ознак (попередня обробка масиву інформації та вибір ознак), пошук оптимальних алгоритмів розрахунку. Кластеризація. Методи розпізнавання образів: метод вирішальних функцій (вирішальна або дискримінантна функція, ваговий вектор, поповнений вектор); метод найменшої відстані. Загальний випадок відстані: відстань Махаланобіса, відношення правдоподібності. Байєсівський класифікатор: принцип середнього ризику; формула Байєса, відношення правдоподібності; порогове значення; функція правдоподібності; критерій мінімакса; критерій Неймана-Пірсона. Приклад застосування байєсівського класифікатора. Оцінка результатів класифікації.

Розділ 4. Діагностика і залишковий ресурс конструкцій. Основи оцінки ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії

Тема 4.1. Діагностика і залишковий ресурс конструкцій

Загальні положення: методи діагностування та визначення залишкового ресурсу, їх недоліки та переваги; місце методу акустичної емісії серед інших методів діагностування.

Апаратура для діагностики стану матеріалів: вимоги до апаратури; статистична обробка інформації.

Функціональна схема системи технічної діагностики. Алгоритм обробки інформації в реальному масштабі часу. Основні функції математичного забезпечення першого рівня. Метод кластеризації. Двоступенева статистична обробка сигналів АЕ.

Тема 4.2. Оцінка ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії

Загальні відомості. Шляхи оцінки стану матеріалів на теоретичній та експериментальній основі. Поняття вектора стану матеріалу (ВСМ). Основні параметри акустичної активності матеріалів, закладені у ВСМ.

Процедура випробувань: обладнання та засоби вимірювань; підготовка до випробувань; попереднє налаштування апаратури; проведення випробувань; обробка та аналіз результатів випробувань; прийняття рішення; деякі особливості випробувань конструкцій.

Режими застосування методу АЕ (цілевказівки та діагностування). Прогноз руйнівного навантаження та залишкового ресурсу.

4. Рекомендована тематика практичних занять

Для закріплення знань, що були одержані на лекційних заняттях та для придбання умінь і навичок у застосуванні методу інтегральних перетворень, теорії ймовірностей і обробки даних, методів розпізнавання образів, а також для ознайомлення з засобами АЕ та моделями контролю конструкцій передбачено проведення практичних занять за темами:

Практичне заняття № 1. Приклад застосування методу інтегральних перетворень при розрахунку температурного поля, викликаного точковим джерелом тепла у пластині товщини δ (2 години).

Практичне заняття № 2. Статистична перевірка результатів експериментальних досліджень. Дисперсія відтворюваності. Критерій Стьюдента. Критерій Фішера: дисперсія адекватності, змінна Фішера, ступені свободи. Адекватність вибраної моделі (2 години).

Практичне заняття № 3. Застосування методу розпізнавання образів до питань обробки первинної акустико-емісійної інформації (2 години).

Практичне заняття № 4. Апаратура АЕ та її програмне забезпечення. Ознайомлення з теоретичними моделями контролю конструкцій (2 години).

5. Рекомендований перелік комп'ютерних практикумів

Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми) навчальним планом не передбачені.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Самостійна робота студентів включає підготовку до лекцій, практичних занять. Розподілення часу на самостійну роботу наведено в додатку 1.

7. Рекомендована література

7.1 Базова:

1. Недосека А. Я., Недосека С. А. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. – Киев: Издательство «ИНДПРОМ», 2020. – 886 с.

7.2 Допоміжна:

1. Недосека С.А., Недосека А.Я. Комплексная оценка поврежденности и остаточного ресурса металлов с эксплуатационной наработкой // Техн. диагностика и неразруш. контроль – 2010. – №1. – С. 9-16.
2. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразований Лапласа и Z-преобразований. – М.: Наука, 1971. – 288 с.
3. Диткин В.А., Прудников А.П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. – М.: Физматгиз, 1961.
4. Брычков Ю.А., Прудников А.П. Интегральные преобразования. – М.: Наука, 1977. – 286 с.
5. Галицын А.С., Жуковский А.Н. Интегральные преобразования и специальные функции в задачах теплопроводности. – Киев: Наук. думка, 1976. – 48 с.
6. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: учебник для гос. ун-тов. – М.: Наука, 1965. – 400 с.
7. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. – М.: Мир, 1984. – Т.1. – 528 с.; Т.2. – 738 с.
8. Кибзун А.И. Теория вероятностей и математическая статистика: базовый курс с примерами и задачами: учебное пособие для вузов / А.И. Кибзун, Е.Р. Горяинова, А.В. Наумов ; под ред. А.И. Кибзуна. – М.: Физматлит, 2007. – 231 с.
9. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособ. для вузов. – М.: Высш. шк., 2009. – 478 с.
10. Барковський В.В., Барковська Н.В., Лопатін О.К. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. – К.: ЦУЛ, 2002. – 448 с.
11. Приймак В.І., Голубник О.Р. Теорія ймовірностей та математична статистика: Підручник. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2011. – 556 с.
12. Методи розпізнавання образів: Навч. посіб. для студ. / В.М. Заяць, Р.М. Камінський: Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів, 2004. – 173 с.
13. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Физматгиз, 1971. – 1108 с.
14. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. – М.: Наука, 1966. – 228 с.
15. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: довідн. пос. У 8-ми томах / За заг. ред. З.Т. Назарчука. – Львів: Простір-М, 2017. – Том 1: Експлуатаційна деградація конструкційних матеріалів / Є.І. Крижанівський, О.П. Остащ, Г.М. Никифорчин, О.З. Студент, П.В. Ясний – за ред. Акад. НАН України Є.І. Крижанівського – Львів: Простір-М, 2016. – 360 с.
16. Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: довідн. пос. у 8-ми томах / За заг. ред. З.Т. Назарчука. – Львів: Простір-М, 2017. – Том 8: Методи оцінювання залишкової міцності та довговічності елементів конструкцій за даними неруйнівного контролю / О.Є. Андрейків, В.М. Пустовий, Д.В. Рудавський, І.Я. Долінська, П.О. Семенов. – Львів: Простір-М, 2017. – 460 с.
17. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений / [А.В. Шимановский, В.Н. Гордеев, В.П. Королев, А.И. Оглобля и др.]: под общ. ред. А.В. Шимановского. – К.: Изд-во «Сталь», 2008. – 463 с.

8. Підсумковий контроль результатів навчання

Підсумковий контроль результатів навчання проводиться у формі екзамену.

9. Засоби діагностики успішності навчання

Семестрова атестація проводиться у виді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала оцінювання.

Навчальна програма складена на основі ОНП підготовки докторів філософії спеціальності 132 – «Матеріалознавство»

Програму розробили:

Зав. відділу

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

д.т.н., професор

А.Я. Недосєка

Пров. наук. співроб.

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,

д.т.н.

С.А. Недосєка