

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. Кривцун  
(ініціали, прізвище)

« 06 » липень 2020 р.

**«Теорія і експериментальні методи дослідження  
розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах»**

(назва навчальної дисципліни)

7/Д

(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. Устінюв  
(ініціали, прізвище)

« 06 » липень 2020 р.

Київ – 2020

Робоча програма кредитного модуля

«Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах»

для аспірантів за спеціальністю 132 – Матеріалознавство,  
рівень вищої освіти – доктор філософії, за денною формою навчання  
складена відповідно до програми навчальної дисципліни:

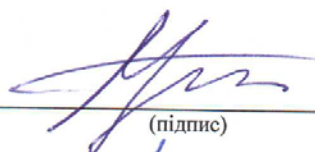
«Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах» 7/II

Розробники робочої 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)

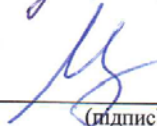


(підпис)

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)

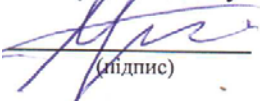
Програму затверджено на засіданні

відділу «Технічна діагностика зварних конструкцій»

(повна назва відділу)

Протокол від « 03 » липня 2020 р. № 1

Завідувач відділу



(підпис)

А.Я. Недосека

(ініціали, прізвище)

« 06 » липня 2020 р.

## **Вступ**

Програму навчальної дисципліни «**Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах**» складено відповідно до освітньої програми підготовки докторів філософії спеціальності: **132 Матеріалознавство**

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

Предмет навчальної дисципліни: основні поняття акустичної емісії (АЕ); її фізична сутність; фізична і математична моделі АЕ; загальні теоретичні питання АЕ розповсюдження хвиль АЕ у просторі, напівпросторі та пластинах довільної товщини від дії джерел випромінення різної конфігурації і заглиблення; вплив опору середовища на поширення хвиль АЕ; поширення хвиль АЕ в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання (при різних значеннях швидкостей розповсюдження елементарних хвиль), спектри хвиль АЕ; вплив опору середовища на коливання пластин; вплив АЕ характеристик датчика на реєстровані спектри хвиль; вплив опору клейового прошарку на коливання тонких пластинок обмежених розмірів; чутливі пластинки, що застосовуються в датчиках акустичної емісії; розпізнавання процесів, що протікають в матеріалах при руйнуванні; хвилеводи, їх призначення, вибір фізичних і геометричних параметрів, способи кріплення до об'єктів контролю, розрахунки хвилеводів; способи імітації сигналів АЕ; АЕ апаратура, принципи її роботи та математичне забезпечення; визначення координат джерел АЕ; діагностичні АЕ системи на основі розпізнавання процесів, що протікають у матеріалах при руйнуванні.

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'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),
- «Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії» (6/II),
- «Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії» (8/II).

В подальшому набуті знання і вміння будуть використовуватись при розрахунках та практичному оцінюванні 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.

## **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 (код ЗН 3);
- новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах (код 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);

#### **Уміння:**

- 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);
- 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. Фізична сутність, фізична та математична моделі акустичної емісії (АЕ). Теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі.
2. Теоретичні питання поширення хвиль АЕ в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання, спектральний аналіз хвиль АЕ.
3. Перетворювачі (датчики) АЕ. Вплив різних чинників на реєстровані спектри хвиль. Хвилеводи. Імітація сигналів АЕ.
4. Апаратура акустичної емісії. Діагностичні системи на основі АЕ.

### Рекомендований розподіл навчального часу

Шифр	Назва навчальної дисципліни	Розподіл за семестрами		Кількість Кредитів ECTS	Кількість годин					
		Екзамени	Заліки		Загальний обсяг	Аудиторних			Самостійна робота	
						Всього	у тому числі			
				лекцій	практичні		лабораторні			
7/П	Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах	4	–	4	120	44	32	12	–	76

### 3. Зміст навчальної дисципліни

**Розділ 1.** Фізична сутність, фізична та математична моделі акустичної емісії (АЕ). Теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі

**Тема 1.1.** Фізична сутність і фізична та математична моделі акустичної емісії (АЕ)

Загальні відомості про фізичну сутність акустичної емісії (АЕ). Фізична і математична моделі АУ.

**Тема 1.2.** Основні теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі

Поширення хвиль АЕ в напівпросторі від дії *симетричного* локального джерела випромінювання: загальні рівняння; деякі відомості з математики (теорема розкладання Гельмгольца); хвилі Релея у товстих листах. Поширення хвиль АЕ в напівпросторі від дії *несиметричного* локального джерела випромінювання: загальні рівняння; розв'язання рівнянь. Вплив опору середовища на поширення хвиль акустичної емісії: швидкість реакції середовища, динамічний коефіцієнт опору середовища, складання та розв'язання диференціальних рівнянь динамічної задачі теорії пружності з урахуванням опору.

**Розділ 2.** Теоретичні питання поширення хвиль АЕ в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання, спектральний аналіз хвиль АЕ

**Тема 2.1.** Поширення хвиль АЕ в пластинах у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль  $C_\alpha$  не перевищує швидкості поперечної хвилі  $C_2$  ( $0 < C_\alpha < C_2$ )

Складання загальних рівнянь та граничних умов. Розв'язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль не перевищує швидкості поперечної хвилі  $C_2$  ( $C_\alpha < C_2$ ).

**Тема 2.2. Поширення хвиль АЕ в пластинах у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль  $C_\alpha$  лежить між швидкостями поперечної та поздовжньої хвилі ( $C_2 < C_\alpha < C_1$ )**

Розв'язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль лежить між швидкостями поперечної та поздовжньої хвилі:  $C_2 < C_\alpha < C_1$ .

**Тема 2.3. Поширення хвиль АЕ в пластинах у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль  $C_\alpha$  перевищує швидкість поздовжньої хвилі  $C_1$**

Розв'язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль перевищує швидкість поздовжньої хвилі  $C_\alpha > C_1$ .

**Тема 2.4. Загальний аналіз поширення хвиль АЕ**

Загальний аналіз формування хвиль акустичної емісії в різних випадках. Фільтрація хвиль перетворювачами АЕ.

**Розділ 3. Перетворювачі (датчики) АЕ. Вплив різних чинників на реєстровані спектри хвиль. Хвилеводи. Імітація сигналів АЕ. Визначення координат джерел акустичної емісії**

**Тема 3.1. Датчики АЕ. Вплив на реєстровані спектри хвиль амплітудно-частотних характеристик датчиків, опору клейового прошарку та інших факторів**

Типова конструкція перетворювача (датчика) АЕ. Амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) датчиків АЕ та їх вплив на реєстровані спектри хвиль. Амплітудно-частотні та хвильові характеристики АЕ датчика в залежності від частоти  $f$  і хвильового числа  $\alpha$ . Смуга пропускання. Залежність амплітуди сигналу від коефіцієнта пропускання датчика. Точність локації АЕ події. Чутливі пластинки, що застосовуються в датчиках акустичної емісії. Загальні засади розрахунку переміщень пластини. Пластинки на пружній основі. Вплив опору клейового прошарку на коливання тонких пластинок обмежених розмірів. Три випадки різного закріплення пластинки.

**Тема 3.2. Хвилеводи, їх конструкція, розрахунок, способи кріплення**

Призначення та конструктивні особливості хвилеводів. Способи кріплення хвилеводів до поверхні контрольованої конструкції. Різні способи передачі інформації на робочий кінець хвилеводу. Передача інформації шляхом переміщення. Механічне кріплення хвилеводу до поверхні конструкції. Особливості роботи хвилеводів, які отримують інформацію у вигляді ударів по робочому кінцю. Вплив коефіцієнта в'язкості матеріалу хвилеводу на розподіл у ньому переміщень, викликаних хвилею АЕ.

**Тема 3.3. Способи імітації сигналів АЕ. Імітація променем лазера**

Способи імітації сигналів АЕ. Імітація сигналів АЕ шляхом розподіленого по колу удару. Імітація сигналів АЕ шляхом нагрівання пластини зосередженим променем лазера. Аналітичні розрахунки переміщень для різних випадків прикладання тепла.

**Тема 3.4. Визначення координат джерел акустичної емісії**

Лінійна антена датчиків: визначення координат джерела АЕ лінійної антеною з двох датчиків; формули розрахунку та їх похибки. Визначення координат джерела на плоскій поверхні двома лінійними антенами: наближені формули; точні формули; формули напрямку для визначення координат віддалених джерел випромінювання. Визначення координат джерела на сферичній поверхні.

**Розділ 4. Апаратура акустичної емісії. Діагностичні системи на основі АЕ**

#### **Тема 4.1. Апаратура акустичної емісії, принципи роботи апаратури**

Принципи роботи апаратури. Інформативні параметри обвідної сигналу АЕ (максимальна амплітуда сигналу-події, час наростання сигналу до максимального значення, енергія сигналу, частота сигналу, тривалість сигналу до моменту завершення, число осциляцій в сигналі, частота надходження сигналів-подій з конкретної області матеріалу, характерний розподіл сигналів-подій в області, де протікають процеси руйнування матеріалу). Системи з внутрішньою обробкою взаємодії між каналами АЕ. Форма сигналів дискретної АЕ. Виділення одиничної події з безперервного АЕ сигналу. Багатоканальна АЕ локація, заснована на різниці часів приходу сигналів на різні датчики. Деякі суттєво важливі характеристики систем ЕМА. Математичне забезпечення (МЗ) апаратури акустичної емісії. Загальні вимоги до МЗ: до інтерфейсу з апаратурою, до алгоритмічної частини і до інтерфейсу користувача. Приклад МЗ діагностичної системи ЕМА-3.

#### **Тема 4.2 Вимоги до математичного забезпечення апаратури акустичної емісії. Діагностичні системи**

Розпізнавання процесів, що протікають в матеріалах при руйнуванні. Функціональна схема адаптивної системи розпізнавання образу при оцінці технічного стану конструкцій. Основи формування вектора стану матеріалу і застосування його для прогнозу руйнівних навантажень і залишкового ресурсу конструкцій. Режими застосування методу АЕ (цілевказування та діагностування). Об'єктний підхід до вирішення задач прогнозування. Прогнозування руйнівного навантаження у МЗ систем типу ЕМА.

### **4. Рекомендована тематика практичних занять**

Для закріплення знань, що були одержані на лекційних заняттях та для придбання умінь і навичок користування апаратурою АЕ при проведенні випробувань зразків з метою визначення координат імітованих дефектів та встановлення оптимальних налаштувань параметрів АЕ обладнання передбачено проведення практичних занять за темами:

***Практичне заняття №1.*** Ознайомлення з АЕ апаратурою сімейства ЕМА, основними вузлами АЕ обладнання, їх можливостями та особливостями. Математичне забезпечення системи ЕМА. Ознайомлення з методикою АЕ випробування зразків на розтягнення. Види зразків. Технічні умови на зразки. Імітація дефектів у зразках. Техніка безпеки при роботі на розривній машині (6 годин).

***Практичне заняття № 2.*** Практична робота з математичним забезпеченням систем ЕМА. Визначення координат джерела АЕ при випробуваннях на лінійному, плоскому, циліндричному та сферичному зразках. Ознайомлення з вимогами до зразків і методикою випробувань. Методи імітації дефектів у зразках. Обробка отриманої інформації з визначенням похибок (6 годин).

### **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. Патон Б.Е., Лобанов Л.М., Недосека А.Я., Недосека С.А., Яременко М.А. Акустическая эмиссия и ресурс конструкций: Теория, методы, технологии, средства, применение. – К.: Издательство «Индпром», 2012. – 312 с.
2. Недосека А.Я., Недосека С.А. Формирование волн акустической эмиссии // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2013. – № 3. – С. 5-8.
3. Недосека А.Я., Недосека С.А., Волошкевич И.Г. Волны деформаций, возникающие при локальной перестройке структуры материалов // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2004. – № 3. – С. 8-15.
4. Недосека А.Я., Недосека С.А., Волошкевич И.Г. О волнах Рэлея в пластинах ограниченной толщины // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2006. – № 3. – С. 3-8.
5. Недосека С.А. Напряженное состояние в полупространстве при действии на его поверхность распределенной в круге нагрузки // Вестник Киев. политехн. ин-та. Машиностроение. – 1987. – Вып. 24. – С. 70-75.
6. Недосека С.А. Напряженное состояние в полупространстве при действии круговой ударной нагрузки // V Межреспубликанская научно-техническая конференция «Проблемы повышения прочности элементов машиностроительных конструкций». Киев. КПИ. 3-5 февраля 1987 г.: Тез. докладов. – С. 35.
7. Недосека А.Я., Недосека С.А., Олейник Р.А. Распространение волн акустической эмиссии в пластинах от действия локального источника излучения // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2001. – № 3. – С. 3-10.
8. Недосека А.Я., Недосека С.А., Бойчук О.И. Влияние локального скопления дефектов на распространение волн акустической эмиссии. Сообщение 1 // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2013. – № 2. – С. 3-8.
9. Недосека А.Я., Недосека С.А. Влияние локального скопления дефектов на распространение акустических волн в пластинах. Сообщение 2 // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2014. – № 1. – С. 12-15.
10. Недосека А.Я., Недосека С.А., Волошкевич И.Г. О движении волн акустической эмиссии с большими скоростями // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2013. – № 1. – С. 3-9.
11. Недосека А.Я., Недосека С.А. Влияние характеристик АЭ датчика на регистрируемые спектры волн // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2017. – № 4. – С.3-6.
12. Недосека А.Я., Недосека С.А., Бойчук О.И. Результаты исследования волноводов // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2017. – № 1. – С. 11-15.
13. Недосека А.Я., Недосека С. А. Моделирование колебаний чувствительной пластинки применительно к датчикам акустической эмиссии. Сообщение 1 // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2015. – №1. – С. 17-22.
14. Недосека А.Я., Недосека С. А. Моделирование колебаний чувствительной пластинки применительно к датчикам акустической эмиссии. Сообщение 2 // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2015. – № 2. – С. 10-15.
15. Особенности АЭ диагностики. Технология, аппаратура и алгоритмы / С.А. Недосека, А.Я. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко, О.И. Бойчук, И.Г. Волошкевич // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2019. – № 1. С. 3–12.
16. Программное обеспечение систем АЭ диагностики ЕМА-3.9 / А.Я. Недосека, С.А. Недосека, М.А. Яременко, М.А. Овсиенко, Л.Ф. Харченко, Ю.А. Смоголь, С.А. Кушниренко // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2013. – № 3. – С. 16-22.

17. Недосека С.А., Недосека А.Я, Овсиенко М.А. Влияние методов обработки акустико-эмиссионной информации на формирование АЭ событий и определение их координат // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2011. – № 2. – С. 5-14.
18. Недосека С.А., Овсиенко М.А. Особенности обработки данных акустической эмиссии для сложных и множественных локационных антенн // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2012. – № 2. – С. 7-12.
19. Оптимизация размещения датчиков и повышение точности локации источников акустической эмиссии / С.А. Недосека, М.А. Овсиенко, Л.Ф. Харченко, М.А. Яременко // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2015. – №3. – С. 18-25.
20. Недосека С.А. Объектный подход к решению задач механики несплошной среды и прогнозированию состояния материалов // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 1998. – № 1. – С.13-21.
21. Недосека С.А. Прогноз разрушения по данным акустической эмиссии // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2007. – № 2. – С. 3-9.
22. Методика поверки и аттестации акустико-эмиссионной аппаратуры по определению координат АЭ сигналов №1-ТКУ78 / 14. – 2002. – Киев: Изд-во "Индпром".
23. Методика поверки и аттестации акустико-эмиссионной аппаратуры по прогнозу разрушающей нагрузки №2-ТКУ78 / 14. – 2002. – Киев: Изд-во "Индпром".
24. Недосека С.А., Недосека А.Я. Диагностические системы семейства «ЕМА». Основные принципы и особенности архитектуры (Обзор) // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2005. – № 3. – С. 20-26.

## **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. Недосека**

**Пров. наук. співроб.**

**ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,  
д.т.н.**

**С.А. Недосека**