

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
академії НАНУ




(підпис) І.В. Кривцун
(ініціали, прізвище)

«06» липня 2020 р.

**«Теорія і експериментальні методи дослідження
розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах»**
(назва навчальної дисципліни)

7/II
(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» липня 2020 р.

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/П

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.

1. Опис кредитного модуля

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО <u>Третій (доктор філософії)</u>	Назва дисципліни <u>«Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах»</u>	Лекції <u>32</u> год.
Спеціальність <u>132 – Матеріалознавство</u> (шифр і назва)	Цикл <u>професійної підготовки</u> (загальної / професійної підготовки)	Практичні (семінарські) <u>12</u> год.
Освітня програма <u>ОНП «Матеріалознавство»</u> , (ОПП, ОНП, назва)	Статус кредитного модуля <u>вибірковий</u> (обов'язковий, вибірковий)	Лабораторні роботи <u>0</u> год. Самостійна робота <u>76</u> год., у тому числі на виконання індивідуального завдання <u>0</u> год.
	Семестр <u>4</u>	Індивідуальне завдання (вид) <u>0</u> год.
Форма навчання <u>денна</u> (денна, заочна)	Кількість кредитів (годин) <u>4/120</u>	Вид та форма семестрового контролю <u>екзамен</u> (екзамен / залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Предметом кредитного модуля є основні поняття акустичної емісії (АЕ); її фізична сутність; фізична та математична моделі АЕ; загальні теоретичні питання 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; 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.

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 удосконалити оцінку несучої здатності та залишкового ресурсу існуючих конструкцій за рахунок впровадження отриманих знань на практиці. Даний курс має велике значення для формування майбутнього доктора філософії, розширює технологічні можливості фахівця.

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

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів здатностей:

- 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).

2.2. 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).

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
<i>Розділ 1. Фізична сутність, фізична та математична моделі акустичної емісії (АЕ). Теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі</i>					
<i>Тема 1.1. Фізична сутність і фізична та математична моделі акустичної емісії (АЕ)</i>	6	2	–	–	4
<i>Тема 1.2. Основні теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі</i>	12	6	–	–	6
Разом за розділом 1	18	8	–	–	10
<i>Розділ 2. Теоретичні питання поширення хвиль АЕ в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання, спектральний аналіз хвиль АЕ</i>					
<i>Тема 2.1. Поширення хвиль АЕ в пластинах у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль C_α не перевищує швидкості поперечної хвилі C_2 ($0 < C_\alpha < C_2$)</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 2.2. Поширення хвиль АЕ в пластинах у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль C_α лежить між швидкостями поперечної та поздовжньої хвилі ($C_2 < C_\alpha < C_1$)</i>	4	2	–	–	2

1	2	3	4	5	6
<i>Тема 2.3. Поширення хвиль АЕ в пластинах у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль C_{α} перевищує швидкість поздовжньої хвилі C_1</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 2.4. Загальний аналіз поширення хвиль АЕ</i>	4	2	–	–	2
Разом за розділом 2	16	8	–	–	8
<i>Розділ 3. Перетворювачі (датчики) АЕ. Вплив різних чинників на реєстровані спектри хвиль. Хвилеводи. Імітація сигналів АЕ. Визначення координат джерел акустичної емісії</i>					
<i>Тема 3.1. Датчики АЕ. Вплив на реєстровані спектри хвиль амплітудно-частотних характеристик датчиків, опору клейового прошарку та інших факторів</i>	8	4	–	–	4
<i>Тема 3.2. Хвилеводи, їх конструкція, розрахунок, способи кріплення</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 3.3. Способи імітації сигналів АЕ. Імітація променем лазера</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 3.4. Визначення координат джерел акустичної емісії</i>	4	2	–	–	2
Разом за розділом 3	20	10	–	–	10
<i>Розділ 4. Апаратура акустичної емісії. Діагностичні системи на основі АЕ</i>					
<i>Тема 4.1. Апаратура акустичної емісії, принципи роботи апаратури</i>	20	4	6	–	10
<i>Тема 4.2. Вимоги до математичного забезпечення апаратури акустичної емісії. Діагностичні системи</i>	16	2	6	–	8
Разом за розділом 4	36	6	12	–	18
<i>Екзамен</i>					30
Всього годин	120	32	12	–	76

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СР з посиланням на літературу)
1	<p>Сутність акустичної емісії Загальні відомості про фізичну сутність акустичної емісії (АЕ). Фізична і математична моделі АЕ <i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ознайомлення з питанням попередження аварій на промисловості та ролі АЕ у цьому, наочним матеріалом щодо виникнення АЕ та ролі різних фізичних факторів, які впливають на нього. <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1-3]</p>
2	<p>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. <i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Вивчити питання розповсюдження хвиль Релея у пластинах обмеженої товщини. – Розглянути приклад обчислення переміщень та визначення спектра частот для листа складної геометрії. <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [4]</p>
3	<p>Основні теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі (продовження) Поширення хвиль АЕ в напівпросторі від дії несиметричного локального джерела випромінювання: загальні рівняння; розв'язання рівнянь. <i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Вивчити основи розрахунку поширення хвиль від симетричного та несиметричного локального джерела <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [5-7]</p>
4	<p>Основні теоретичні питання поширення хвиль АЕ в напівпросторі (продовження) 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. <i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Вивчити вплив локального скупчення дефектів на параметри хвиль АЕ <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [8, 9]</p>
5	<p>Поширення хвиль акустичної емісії в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання Складання загальних рівнянь та граничних умов. Розв'язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль не переви-</p>

	<p>ще швидкості поперечної хвилі C_2 ($C_\alpha < C_2$).</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися складанню загальних рівнянь та граничних умов, розв’язанню задачі поширення хвиль АЕ</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [5-9]</p>
6	<p>Поширення хвиль акустичної емісії в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання (продовження)</p> <p>Розв’язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль лежить між швидкостями поперечної та поздовжньої хвиль: $C_2 < C_\alpha < C_1$.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити розв’язання задачі поширення хвиль при $C_2 < C_\alpha < C_1$</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [-]</p>
7	<p>Поширення хвиль акустичної емісії в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання (продовження)</p> <p>Розв’язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження елементарних хвиль перевищує швидкість поздовжньої хвилі $C_\alpha > C_1$.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити розв’язання задачі поширення хвиль у випадку, коли швидкість розповсюдження хвиль перевищує швидкість поздовжньої хвилі $C_\alpha > C_1$.</p> <p>Література, основна: [1] Література, основна: [10]</p>
8	<p>Поширення хвиль акустичної емісії в пластинах довільної товщини від дії симетричного локального джерела випромінювання (продовження)</p> <p>Загальний аналіз формування хвиль акустичної емісії в різних випадках. Фільтрація хвиль перетворювачами АЕ.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити вплив параметрів датчика АЕ на вихідну форму та спектр хвиль, які він сприймає</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [11]</p>
9	<p>Вплив різних чинників на реєстровані спектри хвиль</p> <p>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 α. Смуга пропускання. Залежність амплітуди сигналу від коефіцієнта пропускання датчика. Точність локації АЕ події.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити типову конструкцію датчика АЕ. Амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) датчиків АЕ та їх вплив на реєстровані спектри хвиль.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 11, 17, 18]</p>
10	<p>Вплив різних чинників на реєстровані спектри хвиль (продовження)</p>

	<p>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.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити основи розрахунку чутливих пластинок у різних умовах закріплення</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 13, 14]</p>
11	<p>Хвилеводи</p> <p>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.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити особливості конструкції та розрахунку хвилеводів</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 12]</p>
12	<p>Способи імітації сигналів акустичної емісії</p> <p>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.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити способи імітації акустичної емісії</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [5-7]</p>
13	<p>Визначення координат джерел акустичної емісії</p> <p>Лінійна антена датчиків: визначення координат джерела АЕ лінійною 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.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити принципи та основні формули локації джерел АЕ на різних типах поверхонь</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 17-19, 22]</p>
14	<p>Апаратура акустичної емісії</p> <p>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 без-</p>

	<p>перервного АЕ сигналу. Багатоканальна АЕ локація, заснована на різниці часів приходу сигналів на різні датчики. Деякі суттєво важливі характеристики систем ЕМА.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити параметри АЕ подій; визначення координат АЕ джерел за різницею часу надходження при багатоканальній локації, відмінність використання зонної та координатної локації, основні характеристики АЕ систем типу ЕМА</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-19, 22]</p>
15	<p>Апаратура акустичної емісії (продовження)</p> <p>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.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити, як загальні вимоги, сформульовані до МЗ систем АЕ діагностування, практично реалізовано у МЗ до АЕ систем типу ЕМА</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-24]</p>
16	<p>Розпізнавання процесів руйнування</p> <p>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.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити значення термінів вектору стану матеріалу, підходи до прогнозування руйнівного навантаження. Знати особливості прогнозування руйнування у системах типу ЕМА</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 16, 20, 21, 23, 24]</p>

5. Практичні заняття¹

Основним завданням циклу практичних занять є закріплення знань, що були одержані на лекційних заняттях.

№ з/п	Назва теми заняття
1	<p>Ознайомлення з АЕ апаратурою сімейства ЕМА, основними вузлами АЕ обладнання, їх можливостями та особливостями. Математичне забезпечення системи ЕМА.</p> <p>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).</p>

¹ За наявності ПЗ

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).
---	--

6. Семінарські заняття²

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

7. Лабораторні заняття³

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

8. Самостійна робота⁴

Робочою навчальною програмою кредитного модулю «Акустична емісія (АЕ): фізичні та математичні моделі, теоретичні та практичні питання розповсюдження хвиль АЕ у матеріалах. АЕ апаратура та її математичне забезпечення» відведено **76** годин на самостійну роботу аспіранта, яка міститься у роботі над конспектом лекцій, монографіями, підручниками, науковими періодичними виданнями, базами наукової електронної інформації при підготовці до лекцій, 2-х практичних занять, та на підготовку до іспиту.

9. Контрольні роботи⁵

Підсумковий контроль результатів навчання проводиться у формі екзамену.

10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання⁶

з кредитного модуля (дисципліни): «Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах», ОНП 7/II для спеціальності: 132 Матеріалознавство

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	кредити	академічних годин	Лекції	Практика	Лаб. заняття	СР аспіранта	МКР	РР	Семестрова атестація
4	4	120	32	12	–	76	–	–	Екзамен

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує на:

² За наявності СЗ

³ За наявності ЛР, КП

⁴ За умови виділення певної частки навчального матеріалу на самостійне вивчення.

⁵ За наявності

⁶ Вимоги до РСО та методика її складання надані у Положенні про рейтингову систему оцінювання результатів навчання студентів / Уклад.: В. П. Головенкін. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 20 с.

1. питання, що кожен аспірант отримує у кінці кожного практичного заняття (час відповіді 15 хвилин);
2. відповідь при проведенні екзамену.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2,4. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює $4 \times 12 = 48$ балів (*4 бали* - відповідь на питання, *2 бали* – неповна відповідь на питання, *0 балів* - відсутність відповіді)

2. Штрафні бали

Відсутність на лекції, або на практичному занятті без поважної причини **-1 бал**;

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$R_c = 48$ балів

На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних та одне практичне питання. Перелік питань наведено у робочій навчальній програмі. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне у 22 бали.

Система оцінювання питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 14-15 балів (21- 22 бали з практичного питання);
- «дуже добре» - майже повна відповідь (не менше 85% потрібної інформації) – 12-13 балів (19-20 бали з практичного питання);
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 11 балів (17-18 балів з практичного питання);
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки) – 10 балів (14-16 балів з практичного питання);
- «достатньо» - неповна відповідь із значними недоліками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 9 балів (13 балів з практичного питання);
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0 балів.

Бали, отримані за екзаменаційну контрольну роботу підсумовуються:

$R_E = 52$ бали

Сума стартових балів і балів за іспитову контрольну роботу переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R_D = R_C + R_E$	Екзаменаційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
$R_C < 16$	Не допущено

11. Методичні рекомендації

Робоча навчальна програма складена з урахуванням направлення підготовки фахівця. Для послідовного та повного вивчення та засвоєння матеріалу вона складається з 4 розділів. Особливу увагу слід приділяти не тільки засвоєнню конкретних теоретичних положень, а й практичному їх використанні. При складанні екзамену аспіранти на основі одержаних ними знань повинні показати знання з таких питань як: основні поняття акустичної емісії (АЕ); її фізична сутність; фізична та математична моделі АЕ; загальні теоретичні питання розповсюдження хвиль АЕ у просторі, напівпросторі та пластинах довільної товщини від дії різних джерел випромінювання; 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; 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.

12. Рекомендована література

12.1. Базова

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

12.2. 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 "Индром".
23. Методика поверки и аттестации акустико-эмиссионной аппаратуры по прогнозу разрушающей нагрузки №2-ТКУ78 / 14. – 2002. – Киев: Изд-во "Индром".
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.

Склали:

Завідувач 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

Ухвалено на засіданні
відділу «Технічна діагностика зварних конструкцій»
(повна назва відділу)

Протокол від «___» _____ 2020 р. № _____

Завідувач відділу
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
д.т.н., професор

А.Я. Недосека

«___» _____ 2020 р.