

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.

**«Прогнозування руйнування конструкцій методом
акустичної емісії»**

(назва навчальної дисципліни)

8/II
(шифр за ОП)

**РОБОЧА 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.

Робоча програма кредитного модуля

«Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії»

для аспірантів за спеціальністю 132 – Матеріалознавство,

рівень вищої освіти – доктор філософії, за денною формою навчання

складена відповідно до програми навчальної дисципліни:

«Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії», 8/П

.

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)

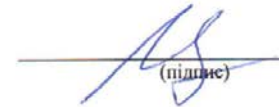


(підпис)

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)

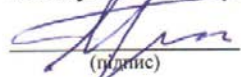
Програму затверджено на засіданні

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.

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>«Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії»</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 акустико-емісійної (АЕ) технології; її сутність; питання переваг та недоліків існуючих видів АЕ контролю; випробування зразків як основа для подальшої оцінки стану конструкцій; випробування елементів і вузлів конструкцій; роботи АЕ обладнання та застосування АЕ технології в режимі безперервного моніторингу, переваги віддаленого доступу до об'єктів контролю; принципи складання схем розташування датчиків на різних об'єктах, зокрема у особливо складних випадках; гіпотеза, покладена в основу алгоритмів оцінки стану матеріалу та прийняття рішення щодо стану матеріалу аналітичним блоком системи моніторингу; тарування АЕ приладів на прогнозування руйнівного навантаження; питання автоматизації прийняття рішення та нормованої інтелектуальної поради і їх практичного втілення на виробництві; атестація АЕ систем та стандарти з АЕ контролю.

В подальшому набуті знання і вміння будуть використовуватись при застосуванні найсучасніших досягнень АЕ технології у 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. 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),
- «Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах» (7/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. Акустико-емісійна (АЕ) технологія контролю та діагностування. Безперервний моніторинг</i>					
<i>Тема 1.1. Загальні відомості про види АЕ контролю</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 1.2. Випробування зразків як основа для подальшої оцінки стану конструкцій. АЕ випробування елементів і вузлів конструкцій</i>	13	2	4	–	7
<i>Тема 1.3. Основні засади застосування АЕ технології при безперервному моніторингу</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 1.4. Принципи роботи АЕ обладнання в режимі безперервного моніторингу. Віддалений доступ</i>	4	2	–	–	2
Разом за розділом 1	25	8	4	–	13
<i>Розділ 2. Особливості складання схем розташування датчиків та монтажу систем безперервного АЕ моніторингу</i>					
<i>Тема 2.1. Принципи складання схем розташування датчиків на різних об'єктах</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 2.2. Особливості монтажу систем моніторингу на великогабаритних ємностях</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 2.3. Особливості монтажу систем моніторингу на трубопроводах</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 2.4. Особливості</i>	4	2	–	–	2

1	2	3	4	5	6
<i>розташування АЕ датчиків при застосуванні зонної локації</i>					
Разом за розділом 2	16	8	–	–	8
<i>Розділ 3. Оцінка та прогнозування стану матеріалу конструкцій за результатами АЕ моніторингу</i>					
<i>Тема 3.1. Основна гіпотеза, закладена в основу алгоритмів оцінки стану матеріалу. Прийняття рішення. Аналітичний блок системи моніторингу. Структура блоку. Прогнозування стану матеріалу</i>	13	2	4	–	7
<i>Тема 3.2. Особливості тарування АЕ приладів на прогнозування руйнівного навантаження</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 3.3. Дія персоналу у різних випадках небезпеки. Нормована інтелектуальна порада і спеціалізовані аналітичні програми</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 3.4. Метрологічна атестація вузлів систем безперервного моніторингу. Базові нормативні документи з АЕ контролю</i>	4	2	–	–	2
Разом за розділом 3	25	8	4	–	13
<i>Розділ 4. Окремі випадки застосування АЕ моніторингу</i>					
<i>Тема 4.1. Особливості моніторингу конструкцій з важкодоступними зонами і контроль конструкцій складної геометрії</i>	8	2	2	–	4
<i>Тема 4.2. Контроль протяжних ділянок трубопроводів</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 4.3. Контроль конструкцій, що працюють при високій температурі. Використання хвилеводів</i>	8	2	2	–	4
<i>Тема 4.4. Контроль підземних ділянок трубопроводів</i>	4	2	–	–	2
Разом за розділом 4	24	8	4	–	12
<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 СРА з посиланням на літературу)
1	<p>Загальні відомості про види АЕ контролю</p> <p>Загальні відомості про акустико-емісійний (АЕ) контроль. Разовий, періодичний контроль, моніторинг, безперервний моніторинг. Їх переваги та недоліки. Переваги та недоліки АЕ порівняно з іншими методами неруйнівного контролю. Роль безперервного АЕ моніторингу у попередженні аварій на виробництві.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Вивчити основні терміни стосовно АЕ контролю, моніторингу, переваги АЕ моніторингу та основні чинники для його застосування на виробництві. <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1-4]</p>
2	<p>Випробування зразків як основа для подальшої оцінки стану конструкцій. АЕ випробування елементів і вузлів конструкцій</p> <p>Налаштування АЕ випробувань зразків на статичний розтяг. Налаштування випробувальної машини. Налаштування АЕ обладнання. Схема розташування датчиків. Використання даних, отриманих при АЕ випробуваннях зразків, при подальшому оцінюванні стану елементів і вузлів конструкцій з того ж самого матеріалу.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ознайомитись з результатами випробувань зразків різних типів на розтягнення з записом АЕ. Вивчити засоби використання даних, отриманих при АЕ випробуваннях зразків, при подальшому оцінюванні стану елементів і вузлів конструкцій з того ж самого матеріалу. <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1-3, 5]</p>
3	<p>Основні засади застосування АЕ технології при безперервному моніторингу</p> <p>Системи безперервного АЕ моніторингу як постійно діюча лабораторія. Дані АЕ контролю, які можливо отримати тільки завдяки безперервному моніторингу. Важливість отримання технологічних експлуатаційних параметрів конструкції для подальшої оцінки її стану та прогнозування руйнівного навантаження та залишкового ресурсу. Програма статистичної обробки попереджень про небезпеку.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ознайомитися на реальних прикладах з постійно діючими системами безперервного АЕ моніторингу. Вивчити, які технологічні параметри є обов'язковими для подальшої обробки разом з АЕ інформацією для оцінки стану конструкцій, що безперервно контролюються. Ознайомитися з підходами до статистичної обробки довгострокових даних щодо попереджень про небезпеку <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 3-7]</p>
4	<p>Принципи роботи АЕ обладнання в режимі безперервного моніторингу. Віддалений доступ</p> <p>Організація запису та збереження даних контролю. Інтеграція систем моніторингу у заводські внутрішні комп'ютерні мережі та у мережу Інтернет. Використання XML як основного засобу обміном даними у внутрішніх мережах підприємств. Віддалений доступ до роботи програм, що обслуговують системи безперервного моніторингу, через межу Інтернет. Віддалений контроль роботи АЕ обладнання та його налаштування.</p>

	<p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Ознайомитися з організацією запису та збереження даних контролю у моніторингових системах типу ЕМА, використанням XML як основного засобу обміном даними у внутрішніх мережах підприємств. Ознайомитися з роботою програм віддаленого доступу, а саме віддаленого робочого столу Windows, RAdmin, Team Viewer, AnyDesk та їм подібних.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 4, 5, 7]</p>
5	<p>Принципи складання схем розташування датчиків на різних об'єктах Основні локаційні схеми, формування локаційних антен у математичному забезпеченні до систем типу ЕМА. Адаптація локаційних антен до конфігурації об'єктів контролю. Засоби перевірки чутливості локаційних антен на діючих конструкціях</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити основні типи локаційних антен у системах типу ЕМА, особливості їх використання та налаштування. Навчитися використанню вбудованого генератора тестових сигналів систем ЕМА та інших засобів перевірки чутливості локаційних антен.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [9-12]</p>
6	<p>Особливості монтажу систем моніторингу на великогабаритних ємностях Конструктивні та експлуатаційні особливості великогабаритних ємностей. Монтаж датчиків та прокладання кабелів зв'язку у випадках відкритих та ізольованих поверхонь. Розташування АЕ обладнання у приміщеннях та на відкритому просторі, спеціалізовані контейнери. Організація мережевого доступу до АЕ обладнання.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти для великогабаритних ємностей конструктивні та експлуатаційні особливості, які є важливими для забезпечення їх АЕ моніторингу; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Запропонувати оптимальний, на думку аспіранта, спосіб організації розміщення датчиків, АЕ обладнання, мережевого доступу до АЕ обладнання на вибраному ним самостійно об'єкті контролю даного типу</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 13]</p>
7	<p>Особливості монтажу систем моніторингу на трубопроводах Конструктивні та експлуатаційні особливості трубопроводів різного призначення. Монтаж датчиків та прокладання кабелів зв'язку у випадках відкритих та ізольованих поверхонь. Розташування АЕ обладнання у приміщеннях та на відкритому просторі, спеціалізовані контейнери. Організація мережевого доступу до АЕ обладнання.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти для трубопроводів різного призначення конструктивні та експлуатаційні особливості, які є важливими для забезпечення їх АЕ моніторингу; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Запропонувати оптимальний, на думку аспіранта, спосіб організації розміщення датчиків, АЕ</p>

	<p>обладнання, мережевого доступу до АЕ обладнання на вибраному ним самостійно об'єкті контролю даного типу.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 3]</p>
8	<p>Особливості розташування АЕ датчиків при застосуванні зонної локації Випадки, коли можливе застосування лише зонного типу локації джерел АЕ. Вибір місць розташування датчиків АЕ. Налаштування АЕ систем для роботи у режимі зонної локації.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти конструктивні та експлуатаційні особливості конструкцій, вузлів або агрегатів, для яких неможливий АЕ контроль з допомогою локаційних антен; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків у режимі зонної локації та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Вивчити особливості налаштування і використання зонного типу локації у АЕ системах типу ЕМА</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [-]</p>
9	<p>Основна гіпотеза, закладена в основу алгоритмів оцінки стану матеріалу. Прийняття рішення. Аналітичний блок системи моніторингу. Структура блоку. Прогнозування стану матеріалу Гіпотеза щодо АЕ як відображення процесів, що відбуваються у процесі пошкодження матеріалу. АЕ як акустичний паспорт матеріалу. Модель накопичення пошкоджень та виникнення хвиль АЕ. Вектор стану матеріалу, прогнозування руйнівного навантаження та залишкового ресурсу за даними АЕ контролю у системах АЕ контролю типу ЕМА.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити та вміти детально пояснювати схему прийняття рішення у системах типу ЕМА, використання моделі накопичення пошкоджень, вектору стану матеріалу, способів прогнозування руйнування та залишкового ресурсу.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 6, 18-21]</p>
10	<p>Особливості тарування АЕ приладів на прогнозування руйнівного навантаження Налаштування математичного забезпечення систем ЕМА на генерацію попереджень про небезпеку та прогноз руйнівного навантаження. Два типи прогнозу та випадки, рекомендовані для використання кожного з них.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити різницю між налаштуванням прогнозу для об'єктів контролю з умовно постійним навантаженням та змінним навантаженням, викликаним проведенням випробувань або експлуатаційними особливостями. Вміти налаштовувати системи типу ЕМА на той чи інший тип прогнозування.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [-]</p>
11	<p>Дія персоналу у різних випадках небезпеки. Нормована інтелектуальна порада і спеціалізовані аналітичні програми Стандартна таблиця попереджень про небезпеку для систем типу ЕМА. Її практична реалізація у математичному забезпеченні. Термін «Нормована інтелектуальна порада» і його практичне втілення в спеціалізованих програмах.</p>

	<p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити стандартну таблицю попереджень у системах типу ЕМА та вміти нею користуватися. Ознайомитись з терміном «Нормована інтелектуальна порада», його змістом, втіленням в спеціалізованих програмах та практичним використанням.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 27]</p>
12	<p>Метрологічна атестація вузлів систем безперервного моніторингу. Базові нормативні документи з АЕ контролю</p> <p>Блоки, за якими атестується АЕ обладнання. Методики атестації локації координат джерел АЕ та прогнозу руйнівного навантаження. Пристрої для перевірки АЕ обладнання. Стандарти з діагностики та АЕ контролю.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Ознайомитись з основними чотирма блоками, за якими атестується АЕ обладнання, методиками атестації локації координат джерел АЕ та прогнозу руйнівного навантаження.</p> <p>– Ознайомитись з пристроями для перевірки АЕ обладнання. Вивчити перелік основних стандартів з діагностики та АЕ контролю, вміти коротко викласти їх зміст.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [15, 22-29]</p>
13	<p>Особливості моніторингу конструкцій з важкодоступними зонами і контроль конструкцій складної геометрії</p> <p>Приклади конструкцій з важкодоступними зонами та складної геометрії. Принципи вибору локаційних схем та формування локаційних АЕ антен для таких конструкцій.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти для об'єктів контролю з важкодоступними зонами та складної геометрії конструктивні та експлуатаційні особливості, які є важливими для забезпечення їх АЕ моніторингу; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Запропонувати оптимальний, на думку аспіранта, спосіб організації розміщення датчиків, АЕ обладнання, мережевого доступу до АЕ обладнання на вибраному ним самостійно об'єкті контролю даного типу</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 14]</p>
14	<p>Контроль протяжних ділянок трубопроводів</p> <p>Конструктивні та експлуатаційні особливості протяжних ділянок трубопроводів. Монтаж датчиків та прокладання кабелів зв'язку у випадках відкритих та ізольованих поверхонь. Розташування АЕ обладнання у приміщеннях та на відкритому просторі, спеціалізовані контейнери. Організація мережевого доступу до АЕ обладнання.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти для протяжних ділянок трубопроводів конструктивні та експлуатаційні особливості, які є важливими для забезпечення їх АЕ моніторингу; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Запропонувати оптимальний, на думку аспіранта, спосіб організації розміщення датчиків, АЕ облад-</p>

	<p>нання, мережевого доступу до АЕ обладнання на вибраному ним самостійно об'єкті контролю даного типу</p> <p>Література, основна: [1]</p> <p>Література допоміжна: [1, 15, 16]</p>
15	<p>Контроль конструкцій, що працюють при високій температурі. Використання хвилеводів</p> <p>Приклади конструкцій, що працюють при високій температурі. Вплив температури на можливість встановлення датчика АЕ безпосередньо на поверхні високо-температурного об'єкту контролю, визначення необхідності задіяння хвилеводів. Підбір та розрахунок хвилеводів. Розташування АЕ обладнання у приміщеннях та на відкритому просторі, спеціалізовані контейнери. Організація мережевого доступу до АЕ обладнання.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти для конструкцій, що працюють при високій температурі, конструктивні та експлуатаційні особливості, які є важливими для забезпечення їх АЕ моніторингу; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Визначати необхідність встановлення хвилеводів, розробляти їх конструкцію та схему монтажу. Запропонувати оптимальний, на думку аспіранта, спосіб організації розміщення датчиків, АЕ обладнання, мережевого доступу до АЕ обладнання на вибраному ним самостійно об'єкті контролю даного типу.</p> <p>Література, основна: [1]</p> <p>Література допоміжна: [1, 15-17]</p>
16	<p>Контроль підземних ділянок трубопроводів</p> <p>Конструктивні та експлуатаційні особливості протяжних ділянок трубопроводів. Монтаж датчиків та прокладання кабелів зв'язку у випадках відкритих та ізольованих поверхонь. Розташування АЕ обладнання у приміщеннях та на відкритому просторі, спеціалізовані контейнери. Організація мережевого доступу до АЕ обладнання.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Навчитися виявляти для підземних ділянок трубопроводів конструктивні та експлуатаційні особливості, які є важливими для забезпечення їх АЕ моніторингу; складати і обґрунтовувати схеми розміщення датчиків та АЕ обладнання відповідно до конструктивних особливостей об'єкту контролю. Запропонувати оптимальний, на думку аспіранта, спосіб організації розміщення датчиків, АЕ обладнання, мережевого доступу до АЕ обладнання на вибраному ним самостійно об'єкті контролю даного типу</p> <p>Література, основна: [1]</p> <p>Література допоміжна: [1, 18]</p>

5. Практичні заняття¹

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

№ з/п	Назва теми заняття
-------	--------------------

¹ За наявності ПЗ

1	Ознайомлення з технологією АЕ моніторингу, особливостями та основними вузлами АЕ обладнання. Вивчення особливостей конкретних об'єктів контролю та попередні АЕ випробування зразків матеріалів конструкцій (4 години).
2	Визначення поточного стану конструкцій та прогноз руйнівних навантажень і залишкового ресурсу об'єктів контролю. Комп'ютерний повтор випробувань (4 години).
3	Ознайомлення із прикладами застосування АЕ технології, у тому числі дистанційного, великогабаритних особливо небезпечних об'єктів на прикладі сховищ аміаку та мостових переходів трубопроводів (2 години).
4	Ознайомлення з прикладами застосування АЕ технології на об'єктах цеху переробки аміаку та ТЕЦ, що працюють при високих температурах (2 години).

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 «Застосування АЕ технології у безперервному моніторингу конструкцій, що працюють під тиском. Прогнозування руйнівного навантаження та залишкового ресурсу» 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, чотирьох 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): «Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії», ОНП 8/П для спеціальності: 132 Матеріалознавство

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

№	Навчальний час	Розподіл навчальних годин	Контрольні заходи
---	----------------	---------------------------	-------------------

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.

	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:

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:

$$R_C = 48 \text{ балів}$$

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:

$$R_E=52 \text{ бали}$$

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 напрямлення 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 акустико-емісійної (АЕ) технології; її сутність; питання переваг та недоліків існуючих видів АЕ контролю; випробування зразків як основи для подальшої оцінки стану конструкцій; випробування елементів і вузлів конструкцій; застосування АЕ технології при безперервному моніторингу; роботи АЕ обладнання в режимі безперервного моніторингу; переваги віддаленого доступу до об'єктів контролю; принципи складання схем розташування датчиків на різних об'єктах, зокрема в особливо складних випадках; гіпотеза, закладена в основу алгоритмів оцінки стану матеріалу та прийняття рішення щодо стану матеріалу аналітичним блоком системи моніторингу; тарування АЕ приладів на прогнозування руйнівного навантаження; питання автоматизації прийняття рішення та нормованої інтелектуальної поради, їх практичного втілення на виробництві; атестація АЕ систем та стандарти з АЕ контролю.

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. Акустическая эмиссия и ресурс конструкций: Теория, методы, технологии, средства, применение / Б.Е. Патон, Л.М. Лобанов, А.Я. Недосека, С.А. Недосека, М.А. Яременко – К.: Издательство «Индпром», 2012. – 312 с.

2. 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.
3. Недосека А.Я, Недосека С.А., Яременко М.А. Непрерывный мониторинг магистральных газопроводов и газокompрессорных станций методом акустической эмиссии // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2011. – № 4. – С. 3-13.
4. Интеллектуальные технологии в оценке состояния конструкций (АЭ технология и контролирующая аппаратура нового поколения на ее основе) / Б. Е. Патон, Л. М. Лобанов, А. Я. Недосека [и др.] // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2016. – № 2. – С. 3–18.
5. Испытание сосудов давления международной группой специалистов / А.Я. Недосека, С.А. Недосека, М.А. Овсиенко [и др.] // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2016. – № 3. – С. 3–10.
6. Недосека С.А. Прогноз разрушения по данным акустической эмиссии // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2007. – № 2. – С. 3-9.
7. Недосека С.А. К стандартизации применения XML (eXtensive Markup Language) в автоматизированных системах АЭ диагностики // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2005. – № 2. – С. 9-16.
8. 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.
9. 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. Кушнirenко // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2013. – № 3. – С. 16-22.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. О непрерывном мониторинге хранилищ жидкого аммиака / А.Я. Недосека, С.А. Недосека, М.А. Яременко, А.А. Елкин, Ю.Ф. Курбатов, А.С. Васильев // Автомат. сварка. – 2004. – № 2. – С. 10-17.
14. Метод акустической эмиссии при проведении контроля объектов нефтехимии / М.А. Яременко, С.А. Недосека, А.Я. Недосека, М.А. Овсиенко, А.Е. Сараев // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2019. – № 2. – С. 37-40.
15. Методика обследования трубопроводной арматуры акустико-эмиссионным методом / А.Я. Недосека, С.А. Недосека, А.А. Грузд, М.А. Яременко и др. // Стандарт технического комитета Украины по стандартизации ТКУ 78 "ТДНК". – Киев. – 2008. – 16 с.
16. О применении АЭ технологии при непрерывном мониторинге трубопроводов энергетических комплексов, работающих при высокой температуре / Б.Е. Патон, Л.М. Лобанов, А.Я. Недосека, С.А. Недосека, М.А. Яременко, Ю.И. Гладышев, В.М. Бешун, А.В. Бычков, А.М. Гайдукевич // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2014. – № 3. – С. 7-14.
17. Недосека А. Я., Недосека С. А., Бойчук О. И. Результаты исследования волноводов // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2017. – № 1. – С. 11–15.

18. Оценка состояния металла труб после длительной эксплуатации в системе магистральных газопроводов / А.А. Лебедев, С.А. Недосека, Н.Р. Музыка, Н.Л. Волчек // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2003. – № 2. – С. 3-8.
19. Недосека С.А. Объектный подход к решению задач механики сплошной среды и прогнозированию состояния материалов // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 1998. – № 1. – С. 13-21.
20. Недосека С.А. Оценка накопления повреждений и прогноз разрушения по данным АЭ // Материалы междунар. конф. "Сварка и родственные технологии – в третье тысячелетие". Ин-т электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины. – 24-26 ноября 2008 г.
21. 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.
22. Методика поверки и аттестации акустико-эмиссионной аппаратуры по определению координат АЭ сигналов №1-ТКУ78 / 14. – Киев: Изд-во "Индром", 2002.
23. Методика поверки и аттестации акустико-эмиссионной аппаратуры по прогнозу разрушающей нагрузки №2-ТКУ78 / 14. (2002). – Киев: Изд-во "Индром", 2002.
24. ДСТУ 4223-2003. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Технічне діагностування. Загальні вимоги. / І. Волошкевич, Е. Гарф, А. Грузд, В. Качанов, В. Долинський, В. Кір'ян, А. Лебедев, Л. Лобанов, А. Недосека, С. Недосека та ін. // Національний стандарт України. – Держспоживстандарт України. – 2003.
25. ДСТУ 4227-2003. Наставови щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки. / А. Недосека, О. Андрейків, І. Волошкевич, А. Грузд, А. Лебедев, Л. Лобанов, С. Недосека та ін. // Національний стандарт України. – Держспоживстандарт України. – 2003.
26. Методичні рекомендації з акустико-емісійного діагностування обладнання основних виробництв хімічної, нафтохімічної та нафто газопереробної промисловості. Загальні вимоги / А. Недосека, А. Грузд, С. Недосека та ін. // Стандарт технічного комітету України з стандартизації ТКУ 78 "ТДНК". – Київ. – 2006 – 16 с.
27. Автоматизированная система непрерывного акустико-эмиссионного мониторинга ЕМА-3С на аммиакохранилищах ST Одесского припортового завода. Методика проверки работоспособности / А.А. Грузд, А.Я. Недосека, С.А. Недосека, И.Г. Волошкевич и др. // Стандарт технического комитета Украины по стандартизации ТКУ 78 "ТДНК". – Киев. – 2006. – 26 с.
28. СТП 50.06-2006. Технічна діагностика. Вимоги до підготовки і атестації персоналу з акустико-емісійного контролю та діагностування промислових об'єктів / А.Я. Недосека, С.А. Недосека, А.А. Грузд, М.А. Овсієнко, Л.Ф. Харченко та ін. // Стандарт технічного комітету України з стандартизації ТКУ 78 "ТДНК". – Київ. – 2006. – 28 с.
29. СТП 50.07-2006. Методические рекомендации по акустико-эмиссионному диагностированию оборудования основных производств химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности / А.Я. Недосека, С.А. Недосека, А.А. Грузд, М.А. Овсієнко, Л.Ф. Харченко и др. // Стандарт технического комитета Украины по стандартизации ТКУ 78 "ТДНК". – Киев. – 2006. – 42 с.

Склали:

Завідувач 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

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. Недосєка

«___» _____ 2020 р.