



Робоча програма кредитного модуля

«Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії»

для аспірантів за спеціальністю 132 – Матеріалознавство,

рівень вищої освіти – доктор філософії, за денною формою навчання

складена відповідно до програми навчальної дисципліни:

«Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії», 6/П

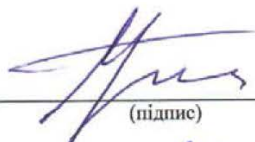
·

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 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 <b><u>Третій (доктор філософії)</u></b>	Назва дисципліни <b><u>«Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії»</u></b>	Лекції <u>32</u> год.
Спеціальність <b><u>132 – Матеріалознавство</u></b> (шифр і назва)	Цикл <b><u>професійної підготовки</u></b> (загальної / професійної підготовки)	Практичні (семінарські) <u>8</u> год.
Освітня програма <b><u>ОНП «Матеріалознавство»</u></b> , (ОПП, ОНП, назва)	Статус кредитного модуля <b><u>вибірковий</u></b> (обов'язковий, вибірковий)	Лабораторні роботи <u>0</u> год.
		Самостійна робота <u>80</u> год., у тому числі на виконання індивідуального завдання <u>0</u> год.
	Семестр <u>3</u>	Індивідуальне завдання (вид)
Форма навчання <b><u>денна</u></b> (денна, заочна)	Кількість кредитів (годин) <u>4/120</u>	Вид та форма семестрового контролю <b><u>екзамен</u></b> (екзамен / залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Предметом кредитного модуля є загальні питання технічної діагностики; методи оцінки і прогнозування стану матеріалів; основні математичні питання, які використовуються при оцінці стану матеріалів та застосуванні технічної діагностики методом акустичної емісії (такі як метод інтегральних перетворень, загальні питання теорії ймовірностей і обробки даних, факторний аналіз, методи розпізнавання образів); діагностика і залишковий ресурс конструкцій; основи оцінки ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії. Доктор філософії, як фахівець, повинен мати глибокі теоретичні знання і володіти відповідними навичками використання фундаментальних знань для їх застосування.

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

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),
- «Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах» (7/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).

### **1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.**

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

**Знання:**

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

#### **Уміння:**

- Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми матеріалознавства державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях в провідних наукових виданнях(код УМ 1);
- Використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані(код УМ 2);
- Застосовувати логіку та методологію наукового пізнання(код УМ 3);
- Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації(код УМ 4);
- Забезпечувати оригінальні розробки та ідей в контексті наукового дослідження(код УМ 5);
- Орієнтуватися в сучасних тенденціях та потребах суспільства з метою їх використання в професійній галузі; проявити вищу ступінь відповідальності за соціальні, культурні та екологічні наслідки комплексної технічної діяльності в контексті сталого розвитку; виявити готовність до ведення технічної діяльності з дотриманням етичних норм (код УМ 6);
- Планувати, організовувати, керувати продуктивною працею в різних напрямках в групі та команді, виконувати різні функції в колективі та соціумі в цілому(код УМ 7);
- синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії (код УМ 8);

- На основі аналізу потреб виробництва формулювати вимоги щодо рівня властивостей нових матеріалів(код УМ 10);
- генерувати нові ідеї для вирішення науково-дослідних проектів та дослідницько-конструкторських робіт (код УМ 12);
- Практично застосувати існуючі АЕ системи при безперервному контролі (моніторингу) матеріалів конструкцій з оцінкою їх залишкового ресурсу (код УМ 24).

### 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. Загальні питання технічної діагностики. Методи прогнозування стану матеріалів</i>					
<i>Тема 1.1. Основні загальні питання та визначення технічної діагностики (ТД)</i>	4	2	–	–	2
<i>Тема 1.2. Методи прогнозування стану матеріалів</i>	4	2	–	–	2
Разом за розділом 1	8	4	–	–	4
<i>Розділ 2. Основні математичні питання, які використовуються при розробці та застосуванні технічної діагностики методом акустичної емісії</i>					
<i>Тема 2.1. Метод інтегральних перетворень</i>	16	6	2	–	8
<i>Тема 2.2. Загальні відомості з теорії ймовірностей і обробки даних</i>	16	6	2	–	8
Разом за розділом 2	32	12	4	–	16
<i>Розділ 3. Факторний аналіз. Методи розпізнавання образів</i>					
<i>Тема 3.1. Факторний аналіз</i>	6	2	–	–	4
<i>Тема 3.2. Методи розпізнавання образів</i>	16	4	2	–	10
Разом за розділом 3	22	6	2	–	14
<i>Розділ 4. Діагностика і залишковий ресурс конструкцій. Основи оцінки ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії</i>					
<i>Тема 4.1. Діагностика і залишковий ресурс конструкцій</i>	10	4	–	–	6
<i>Тема 4.2. Оцінка ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії</i>	18	6	2	–	10
Разом за розділом 4	28	10	2	–	16

1	2	3	4	5	6
Екзамен					30
Всього годин	120	32	8	–	80

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРА з посиланням на літературу)
1	<p><b>Основні загальні питання та визначення технічної діагностики</b></p> <p>Основне завдання технічної діагностики (ТД). Три основні питання щодо застосування ТД. Три групи методів для вирішення проблеми забезпечення безпеки конструкцій. Вимоги до систем оцінки стану конструкцій та споруд. Три етапи розвитку робіт в галузі ТД. Види контролю зварних конструкцій та їх відмінності. Основні поняття і визначення (технологічний та експлуатаційний контроль, якість та її контроль, технічний огляд, діагностування, контрольні та діагностичні параметри, технічна діагностика, неруйнівний контроль, розрахунковий залишкового ресурс, реальний залишковий ресурс, його прогнозування). Напрями в діагностиці (діагностика прямими методами та діагностика за непрямими ознаками).</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути існуючі та найбільш сучасні підходи до технічної діагностики та моніторингу.</li> <li>– Знати відмінності між неруйнівним контролем та технічною діагностикою та між різними видами контролю: разовий, періодичний, моніторинг, безперервний моніторинг. Мати уявлення про використання кожного з перерахованих видів контролю.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 12]</p>
2	<p><b>Методи прогнозування стану матеріалів</b></p> <p>Планування та прогноз. Три основні задачі прогнозування міцності. Мета, шляхи і засоби прогнозування. Послідовні та паралельні методи побудови прогнозних моделей, вимоги до них. Екстраполяційні методи (згладжування та вирівнювання функцій). Статистичні методи (метод кореляційного аналізу, регресивний аналіз, метод експертних оцінок, колективна генерація ідей).</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути приклад застосування Баєсівського класифікатора при оцінці стану матеріалу.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [12-14]</p>
3	<p><b>Метод інтегральних перетворень</b></p> <p>Теорія інтегральних перетворень. Розклад періодичних та неперіодичних функцій в ряди. Умова Дирихле. Прямі та обернені комплексні перетворення Фур'є. Прямі та обернені комплексні перетворення Лапласа. Прямі та обернені косинус- та синус-перетворення Фур'є. Кінцеві прямі та обернені косинус- та синус-перетворення Фур'є.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути приклад застосування метода інтегральних перетворень при розрахунку температурного поля, викликаного точковим джерелом тепла на поверхні</li> </ul>

	<p>пластини великої товщини.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [2-5]</p>
4	<p><b>Метод інтегральних перетворень (продовження)</b></p> <p>Пряме та обернене перетворення Ханкеля. Функція Беселя першого роду. Кінцеве пряме та обернене перетворення Ханкеля. Інтегральні перетворення деяких диференціальних операторів.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути приклад застосування метода інтегральних перетворень при розрахунку температурного поля, викликаного миттєвим кільцевим джерелом у пластині великої товщини.</li> <li>– Розглянути приклад застосування метода інтегральних перетворень при розрахунку температурного поля, викликаного миттєвим кільцевим джерелом тепла, розподіленим по поверхні пластини великої товщини.</li> </ul> <p>Література, основна: [ 1 ] Література допоміжна: [2-5]</p>
5	<p><b>Метод інтегральних перетворень (продовження)</b></p> <p>Симетричні та асиметричні східчасті функції. Симетрична одинична імпульсна функція (функція Дірака, <math>\delta</math>-функція), асиметрична одинична імпульсна функція. Зв'язок східчастих та імпульсних функцій. Інтегральні перетворення функцій, що містять імпульсні функції.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути приклад застосування метода інтегральних перетворень при розрахунку температурного поля, викликаного миттєвим лінійним джерелом у пластині обмеженої товщини.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [2-5]</p>
6.	<p><b>Загальні відомості з теорії ймовірностей і обробки даних</b></p> <p>Дискретні та безперервні випадкові величини. Вірогідність, ряд розподілу випадкової величини, многокутник розподілу. Функція та графік розподілу випадкової величини. Щільність розподілу випадкової величини. Нормальний закон розподілу (закон Гауса). Моменти випадкових величин. Початковий момент порядку <math>r</math>. Перший початковий момент (математичне очікування) випадкової величини. Центральні моменти порядку <math>k</math>. Другий центральний момент (дисперсія) випадкової величини. Розкид (середнє квадратичне відхилення). Нормована випадкова величина. Арифметичне середнє. Вибіркова дисперсія. Точне значення дисперсії. Коваріація та коефіцієнт кореляції двох випадкових величин.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Визначити, які з методів статистичної обробки найбільш підходять для математичної обробки результатів контролю конструкцій та для розрахунку розповсюдження акустичних хвиль.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [6-11, 13-14]</p>
7	<p><b>Загальні відомості з теорії ймовірностей і обробки даних (продовження)</b></p> <p>Двовимірні розподіли: вірогідність, щільність, математичне очікування, дисперсія та кореляція; функція розподілу у випадку двовимірного розподілу випадкових величин. <math>n</math>-вимірні розподіли: вірогідність, щільність, математичне очікування, дисперсія та кореляція; функція розподілу. Відмінність між формулами, що</p>



	<p>описують нормальний одномірний і багатовимірний розподіли. Обробка даних: метод найменших квадратів, лінійна модель багатофакторного експерименту, приклад обробки результатів у випадку лінійної функції <math>y = b_0 + b_1x</math>.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути підбір емпіричних формул для обробки результатів контролю конструкцій.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [6-11, 13-14]</p>
8	<p><b>Загальні відомості з теорії ймовірностей і обробки даних (продовження)</b> Повнофакторний експеримент (ПФЕ або план). ПФЕ типу <math>2^k</math>. Рівні факторів. Матриця планування для дворівневого тривимірного експерименту. Властивості повнофакторних експериментів (симетричність відносно центру експерименту, умова нормування, ортогональність, ротатабельність). Дробні факторні плани. Статистична перевірка результатів. Дисперсія відтворюваності. Критерій Стьюдента. Критерій Фішера: дисперсія адекватності, змінна Фішера, ступені свободи. Адекватність моделі.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Навести приклади використання вивчених критеріїв для обробки результатів випробування зразків.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [6-11, 13-14]</p>
9	<p><b>Факторний аналіз</b> Побудова загальної моделі. Загальні та характерний фактори. Основна модель факторного аналізу. Гіпотези факторного аналізу. Схема реалізації моделі факторного аналізу. Факторне відображення. Факторна структура. Вихідна інформація для побудови факторної моделі. Факторна структура. Прогнозування при факторному аналізі.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Запропонувати просту технічну задачу, для вирішення якої найбільш підходить би факторний аналіз.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [–]</p>
10	<p><b>Методи розпізнавання образів</b> Загальні поняття. Задачі представлення вихідних даних, виділення характерних ознак (попередня обробка масиву інформації та вибір ознак), пошук оптимальних алгоритмів розрахунку. Кластеризація. Методи розпізнавання образів: метод вирішальних функцій (вирішальна або дискримінантна функція, ваговий вектор, поповнений вектор); метод найменшої відстані.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вивчити, за якими ознаками можна кластеризувати дані акустичної емісії.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [12]</p>
11	<p><b>Методи розпізнавання образів (продовження)</b> Загальний випадок відстані: відстань Махаланобіса, відношення правдоподібності. Байєсівський класифікатор: принцип середнього ризику; формула Байєса, відношення правдоподібності; порогове значення; функція правдоподібності; критерій мінімакса; критерій Неймана-Пірсона. Приклад застосування байєсівського класи-</p>

	<p>фікатора. Оцінка результатів класифікації.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ознайомитись з поданими у розділі формулами розпізнавання.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [12]</p>
12	<p><b>Діагностика і залишковий ресурс конструкцій</b></p> <p>Загальні положення: методи діагностування та визначення залишкового ресурсу, їх недоліки та переваги; місце методу акустичної емісії серед інших методів діагностування. Основні вимоги до апаратури для діагностики стану матеріалів: вимоги; основи статистичної обробки інформації.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вивчити подані у лекції терміни та визначення.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-17]</p>
13	<p><b>Діагностика і залишковий ресурс конструкцій (продовження)</b></p> <p>Функціональна схема системи технічної діагностики. Алгоритм обробки інформації в реальному масштабі часу. Основні функції математичного забезпечення першого рівня. Метод кластеризації. Двоступенева статистична обробка сигналів АЕ.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вивчити схему обробки інформації в реальному масштабі часу.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-17]</p>
14	<p><b>Оцінка ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії</b></p> <p>Загальні відомості. Шляхи оцінки стану матеріалів на теоретичній та експериментальній основі. Поняття вектора стану матеріалу (VCM). Основні параметри акустичної активності матеріалів, закладені у VCM.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ознайомитися з визначенням та формулою VCM.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-17]</p>
15	<p><b>Оцінка ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії (продовження)</b></p> <p>Процедура випробувань: обладнання та засоби вимірювань; підготовка до випробувань; попереднє налаштування апаратури; проведення випробувань; обробка та аналіз результатів випробувань; прийняття рішення; деякі особливості випробувань конструкцій.</p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розглянути, які особливості мають випробування конструкцій, різних за будовою та умовами експлуатації; особливості виявлених дефектів; причини їх утворення.</li> </ul> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-17]</p>
16	<p><b>Оцінка ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії (продовження)</b></p> <p>Режими застосування методу АЕ (цілевказівки та діагностування). Прогноз руйнівного навантаження та залишкового ресурсу.</p>

	<p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <p>– Вивчити основні методи локації координат джерел АЕ, методику прогнозу навантаження та залишкового ресурсу за даними АЕ.</p> <p>Література, основна: [1] Література допоміжна: [1, 15-17]</p>
--	---

## 5. Практичні заняття<sup>1</sup>

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

№ з/п	Назва теми заняття
1	Приклад застосування метода інтегральних перетворень при розрахунку температурного поля, викликаного точковим джерелом тепла у пластині товщини $\delta$ (2 години).
2	Статистична перевірка результатів експериментальних досліджень. Дисперсія відтворюваності. Критерій Стьюдента. Критерій Фішера: дисперсія адекватності, змінна Фішера, ступені свободи. Адекватність вибраної моделі (2 години).
3	Застосування методу розпізнавання образів до питань обробки первинної акустико-емісійної інформації (2 години).
4	Апаратура АЕ та її програмне забезпечення. Ознайомлення з теоретичними моделями контролю конструкцій (2 години).

## 6. Семінарські заняття<sup>2</sup>

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

## 7. Лабораторні заняття<sup>3</sup>

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

## 8. Самостійна робота<sup>4</sup>

Робочою навчальною програмою кредитного модулю «Несуча здатність зварних конструкцій: основні характеристики та методи визначення» відведено **80** 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, 4-х практичних занять, та на підготовку до іспиту.

## 9. Контрольні роботи<sup>5</sup>

Підсумковий контроль результатів навчання проводиться у формі екзамену.

<sup>1</sup> За наявності ПЗ

<sup>2</sup> За наявності СЗ

<sup>3</sup> За наявності ЛР, КП

<sup>4</sup> За умови виділення певної частки навчального матеріалу на самостійне вивчення.

<sup>5</sup> За наявності

## 10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання<sup>6</sup>

з кредитного модуля (дисципліни): «Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії», ОНП 6/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	8	–	80	–	–	Екзамен

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

1. питання, що кожен аспірант отримує у кінці кожного практичного заняття;
2. відповідь при проведенні екзамену.

### Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях

**Ваговий бал – 1.** Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює  $10 \times 4 = 40$  балів.

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:

$$R_c = 40 \text{ балів}$$

На іспиті аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три питання. Перелік питань наведено у робочій програмі кредитного модуля. Кожне питання оцінюється у 20 балів.

<sup>6</sup> 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.

Система оцінювання питань:

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

Бали, отримані за екзаменаційну контрольну роботу підсумовуються:

$$R_E = 3 * 20 = 60 \text{ балів}$$

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 повинні показати знання основних теоретичних та математичних питань, які використовуються при оцінці стану матеріалів та застосуванні технічної діагностики методом акустичної емісії (такі як метод інтегральних перетворень, загальні питання теорії ймовірностей і обробки даних, факторний аналіз, методи розпізнавання образів); знання загальних питань технічної діагностики, методів прогнозування міцності, діагностики і залишкового ресурсу конструкцій; основ оцінки ресурсу матеріалів конструкцій методом акустичної емісії.

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

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.