

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

**«Прогнозування руйнування конструкцій  
методом акустичної емісії»**  
(назва навчальної дисципліни)

8/П

(шифр за ОП)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
(СИЛАБУС)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора  
інституту з наукової роботи  
академік НАН України



(підпис)

І.В. Кривцун  
(ініціали, прізвище)

« 06 » липень 2020 р.

## 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)	
Галузь знань	13 Механічна інженерія	
Спеціальність	132 Матеріалознавство	
Освітня програма	Матеріалознавство	
Статус дисципліни	Нормативна	
Форма навчання	очна(денна)	
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр	
Обсяг дисципліни	4 кредитів (120 годин)	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен	
Мова викладання	Українська	
Інформація про керівника курсу / викладачів та розклад занять	Розділ дисципліни, викладач	Час проведення лекції (корп.7, кімн. 411)
		модуль 1
	<p><b>Акустико-емісійна (АЕ) технологія контролю та діагностування. Безперервний моніторинг.</b></p> <p><i>Недосєка А.Я., д.т.н., проф.</i>            Контактний телефон: (050) 3513537 ;            nedindpat@hotmail.com            Наукові інтереси:            Теоретичні дослідження в галузі неруйнівного контролю та АЕ діагностики матеріалів і конструкцій; оцінка та прогнозування стану конструкцій</p> <p><i>Недосєка С.А., д.т.н., с.н.с.</i>            Контактний телефон: (050) 3513472 ;            st_private@hotmail.com            Наукові інтереси:            Теоретичні та експериментальні дослідження у галузі механіки деформованого твердого тіла, АЕ діагностики; дослідження характери-стик АЕ хвиль; оцінка та прогнозування стану конструкцій</p>	<p>дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням <a href="https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyvat/">https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyvat/</a></p>
	Особливості складання схем розташування датчиків та монтажу систем безперервного АЕ моніторингу	модуль 2
	дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням	

	<u><i>Недосєка А.Я., д.т.н., проф.</i></u> <u><i>Недосєка С.А., д.т.н., с.н.с.</i></u>	<a href="https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/">https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/</a>
	<b>Оцінка та прогнозування стану матеріалу конструкцій за результатами АЕ моніторингу</b> <u><i>Недосєка А.Я., д.т.н., проф.</i></u> <u><i>Недосєка С.А., д.т.н., с.н.с.</i></u>	модуль 3 дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням <a href="https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/">https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/</a>
	<b>Окремі випадки застосування АЕ моніторингу</b> <u><i>Недосєка А.Я., д.т.н., проф.</i></u> <u><i>Недосєка С.А., д.т.н., с.н.с.</i></u>	Модуль 4 дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням <a href="https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/">https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/</a>
Розміщення курсу	<a href="#">Посилання на дистанційний ресурс</a>	

## 2. Мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів компетентностей:

- Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (код ЗК 2).
- Здатність переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі соціальні, наукові, культурні, етичні та інші проблеми (код ЗК 3).
- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (код ЗК 4).
- Здатність ініціювання дослідницько-інноваційних проектів та автономно працювати під час їх реалізації(код ЗК 5).
- Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження(код ЗК 8).
- Здатність досліджувати проблеми із використанням системного аналізу та інших методів дослідження(код ЗК 9).
- Критичне осмислення наукових фактів, гіпотез, теорій, у професійній діяльності в сфері матеріалознавства(код ЗК 11).
- Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в механічній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації(код ФК 1).
- Здатність самостійно виконувати наукові дослідження в галузі матеріалознавства на основі сучасних теорій та методів термодинаміки, кінетики процесів в матеріалах, фізики конденсованого стану, та інформаційнокомунікаційних технологій(код ФК 2).
- Здатність узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, на основі фундаментальних та спеціальних знань синтезувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення (код ФК 4).

- Здатність використовувати новітні методи досліджень металів і сплавів в науково-дослідницькій діяльності (код ФК 11).

### **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. Пререквізити навчальної дисципліни:** знати основні розділи фізики: динаміка, кінетика; розділи математики: алгебра, геометрія, вища математика, лінійна алгебра, аналітична геометрія, математичний аналіз, диференціальне й інтегральне числення, математична фізика; матеріалознавство: опір матеріалів, основні теорії міцності, побудова діаграм деформування, теорія пружності, складання та вирішення крайових задач, основи механіки руйнування; здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів; питання використання технічної літератури та інших джерел інформації в матеріалознавстві; основні поняття кінетичного підходу до руйнування матеріалів. Побудова таблиць та діаграм. Знання з математики, фізики та матеріалознавства повинні відповідати рівню механіко - математичного факультету Національного Університету ім. Т.Г. Шевченка та/або спеціальності «Динаміка та міцність машин НТУУ «КПІ».

**Постреквізити:** в результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання, що допоможуть ознайомитися з фізичними та математичними моделями АЕ; АЕ технології, принципів її побудови, основних переваг та галузей застосування; АЕ апаратури, принципів її роботи та математичного забезпечення; методів локації джерел АЕ випромінювання, розташування датчиків АЕ на об'єктах контролю різної конфігурації, зокрема в особливих та складних випадках; особливостей безперервного АЕ моніторингу великогабаритних об'єктів; досвіду використання систем АЕ моніторингу на високотемпературних об'єктах контролю за допомогою хвилеводів; принципів та схем розпізнавання процесів, що протікають у матеріалах при руйнуванні, на основі даних АЕ контролю; особливостей прогнозування за даними АЕ руйнівного навантаження та залишкового ресурсу; основ стандартизації, повірки та тарування АЕ обладнання. Отримати необхідні знання та вміння користуватися АЕ апаратурою та її математичним забезпеченням; складати схеми розташування датчиків АЕ та формувати локаційні антени відповідно до конструкції об'єкту контролю та особливостей його експлуатації; розраховувати та використовувати хвилеводи; проводити самостійно тестове прозвучування згенерованими АЕ системою сигналами зразків, конструктивних елементів та конструкцій з метою налаштування параметрів подальших АЕ випробувань; виконувати самостійно випробування зразків на розтягнення з налаштуванням параметрів прогнозу руйнування.

#### 4. Вимоги навчальної дисципліни:

Вивчення курсу «Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії» являється вибірковим. Об'єм навчального навантаження складає 4 кредити із них 32 години -лекції, 12 годин -практичні заняття, 76 годин – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкове відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісне і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

#### 5. Характеристика дисципліни.

### *Завдання учбової дисципліни*

Формування у аспірантів компетенцій:

Загальнонаукові компетенції:

- володіння основами АЕ технології, особливостями побудови та використання апаратурних і програмних засобів для проведення разового, періодичного АЕ контролю та безперервного АЕ моніторингу;
- володіння сучасними методами діагностування та математичного моделювання тих фізичних процесів, що впливають на технічний стан об'єкта контролю і тих, що його характеризують.

Інструментальні компетенції:

- АЕ методи та апаратура для визначення місць розташування дефектів, що розвиваються, та визначення руйнівного навантаження і залишкового ресурсу об'єктів контролю.

### *Мета викладання дисципліни*

Метою викладання дисципліни є формування у аспірантів компетенцій, згідно з якими у подальшому набуті знання і вміння будуть використовуватись ними 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 є необхідним підґрунтям для формування майбутнього доктора філософії, розширює технологічні можливості фахівця.

### *План викладання дисципліни:*

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

1	2	3	4	5	6
<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 розташування АЕ датчиків при застосуванні зонної локації</i>	4	2	–	–	2
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

1	2	3	4	5	6
<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
<b>Всього годин</b>	120	32	12	–	76

## 6. Контроль знань.

На іспиті аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три

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

1. Робота на практичних заняттях

**Ваговий бал – 2,7.** Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює  $2,7 \times 15 = 40$  балів (2,7 балів - 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:

$$R_c = 40 \text{ балів}$$

На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних питання. Перелік питань наведено у робочій навчальній програмі. Кожне питання оцінюється у 20 балів.

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.

**$R_E=60$  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
$R_C < 8$	Не допущено

## 7. Список базової літератури.

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