

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра «Фізичне матеріалознавство»

(назва кафедри, яка відповідає за дисципліну)



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декаан ІФФ Олександр КЛИМОВ

20__ року

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 33 Експертні дослідження руйнування виробів

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність

132 «Матеріалознавство»

(код і назва напряму підготовки)

освітня програма (спеціалізація) **«Прикладне матеріалознавство»,**

«Термічна обробка металів»

(назва спеціалізації)

спеціальність

132 Матеріалознавство

(назва інституту, факультету)

галузь знань

13 Механічна інженерія

ступінь вищої освіти

бакалавр

2024 рік

програма з дисципліни

Експертні дослідження руйнування виробів

спеціальність

132 Матеріалознавство

освітня програма (спеціалізація)

“ Прикладне матеріалознавство”

Розробник: Олександр ГЛОТКА., доцент, Олена ЛИСИЦЯ ст. викладач

Програма погоджена:

Завідувач кафедри
фізичного матеріалознавства



Вадим ОЛЬШАНЕЦЬКИЙ

22.08. 2024

Гарант освітньої програми



Валерій ВІНІЧЕНКО

22.08 2024

Схвалено науково-методичної комісії інженерно-фізичного факультету

Протокол від “22” серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії



Олександр КЛИМОВ

22.08 2024

1. Опис навчальної дисципліни

Загальна характеристика

Обов'язковий освітній компонент	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Обмеження щодо форм навчання	Без обмежень

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів	4	
Модулів	2	-
Змістових модулів	2	-
Семестр	4	4
Загальна кількість годин	120	
з них аудиторних:	42	12
<i>лекції</i>	14	4
<i>практичні</i>	-	-
<i>лабораторні</i>	28	2
<i>семінарські</i>	-	-
з них самостійної роботи:	78	108
Занять на тиждень на тиждень	2	6
Індивідуальні завдання		
Форма контролю	залік	
Курсова робота (проект) (загальний обсяг)	-	

2. Мета навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є дослідження причин та механізмів розвитку пошкоджень, що приводять до повного або часткового руйнування виробів або елементів конструкції. До руйнування можуть привести механічні, термічні та експлуатаційні фактори. Причиною руйнування може бути неправильний вибір матеріалу, технології обробки або недотримання режимів обробки, а також порушення експлуатаційного режиму. Тому для встановлення причин відмови та повернення системи до штатного режиму функціонування необхідно застосовувати комплексний підхід, тобто враховувати конструкторські, виробничо-технологічні та експлуатаційні чинники, що можуть привести до руйнування. На лабораторних роботах студенти повинні набути практичних навичок в проведенні експертних досліджень руйнування виробів.

3. Завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни «Експертні дослідження руйнування виробів» є засвоєння методики проведення експертних досліджень, ознайомлення з методами та алгоритмом дослідження; вивчення механізмів зародження тріщин, видів руйнування, осередків руйнування, особливостей руйнування від втоми, термовтоми, корозійної втоми, корозійного розтріскування..

4. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

Дисципліна «Експертні дослідження руйнування виробів» базується на знаннях з дисциплін фізика, хімія, механіка, металознавство, МСА, кристалографія, теорія та технологія термічної обробки. В свою чергу «Експертні дослідження руйнування виробів» є базовою дисципліною для вивчення механічних властивостей, для написання подальших курсовоюих проєктів.

5. Характеристика навчальної дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

загальні компетентності:

КЗ.01.Здатність до системного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ.02.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КЗ.11.Здатність працювати в команді.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

КС 03. Здатність продемонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в галузі матеріалознавства.

КС.04.Здатність працювати в групі над великими інженерними проєктами у сфері матеріалознавства.

КС.06.Здатність продемонструвати практичні інженерні навички.

КС 15 Здатність застосовувати знання технічних характеристик, умов роботи, для вибору контрольно-вимірювальних приладів.

КС16. Здатність обґрунтовано здійснювати вибір матеріалів для конкретних умов експлуатації.

КС17. Здатність обирати методики покращення комплексу технологічних і службових властивостей.

КС18. Здатність застосовувати та демонструвати базові знання з фундаментальних розділів фізики твердого тіла, фазових рівноваг для розуміння процесів формування структури і властивостей матеріалів, прогнозування їх експлуатаційних характеристик.

Очікувані програмні результати навчання:

РН4 Передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі.

РН19 Обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.

РН23 Володіти методами забезпечення та контролю якості матеріалів.

РН30 Знання і розуміння характеру можливих порушень базових технологічних процесів та причин відмов деталей машин та конструкцій в будівельній, машинобудівній та аерокосмічній галузі.

РН31 Володіння методами та основними принципами підвищення конструкційної міцності матеріалів і відповідно збільшення експлуатаційного ресурсу деталей машин та конструкцій.

1. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. 1 Методика проведення експертних досліджень при встановленні причин руйнування виробів

Вступ. Фактори, що можуть привести до руйнування. Основні етапи дослідження причин руйнування. Методи дослідження. Алгоритм дослідження.

Змістовий модуль 2. Теорія руйнування.

Тверді матеріали, класифікація твердих матеріалів. Розподіл матеріалів на аморфні та кристалічні, їх властивості. Класифікація твердих матеріалів в залежності від виду руйнування. Основні ознаки.

Руйнування. Розподіл руйнування в залежності від характеру попередньої деформації та від характеру активізації процесу в просторі. Три види напружень, що діють в матеріалах.

Механізми зародження тріщини. Схема Стро. Модель Котрелла. Утворення тріщин в металах з ГЦП граткою. Зародження тріщин при зустрічі двійника деформації з бар'єром. Схема зародження тріщини на межах трьох зерен.

В'язке руйнування. Характерна ознака. Форма зламів.

Крихке руйнування. Критерій Гріффітса. Теорія Гріффітса-Орована. Схема Іюффе

Змістовий модуль 3. Фрактографія

Класифікація зламів та їх характерні ознаки. Фактографічні особливості, що виявляють за допомогою світлового, електронного, растрового мікроскопу. Використання фрактографії при аналізі експлуатаційних пошкоджень. дефекти металу, які можна виявити за допомогою фрактографії

Змістовий модуль 4 Осередки руйнування

Осередки руйнування. Види, причини появи, вигляд зламу. Визначення місця розташування осередку руйнування. Рекомендації щодо встановлення осередку руйнування.

Змістовий модуль 5 Особливості руйнування від втоми, термовтоми, корозійної втоми, корозійного розтріскування

Руйнування від втоми. Втома. Витривалість. Будова зламу. Характерні ознаки.

Руйнування від термічної втоми. Термічна втома. Термічний удар. Термічні напруження. Вид тріщини. Будова зламу.

Корозійне розтріскування (корозій під навантаженням). Фактори, що впливають на корозійне розтріскування. Стадії розвитку корозійного розтріскування. Вид зламу і особливості розповсюдження тріщини.

Корозійна втома. Характерні ознаки корозійної втоми. Вид тріщини при корозійній втомі. Макроскопічні ознаки корозійно-втомного зламу.

2. Орієнтовний розподіл навчального часу

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
МОДУЛЬ 1												
Змістовий модуль 1 <u>Методика проведення експертних досліджень при встановленні причин руйнування виробів</u>												
Вступ. Фактори, що можуть привести до руйнування. Основні етапи дослідження причин руйнування. Методи дослідження. Алгоритм дослідження	12	2		4		6	24	2				22
Разом за змістовим модулем	12	2		4		6	24	2				22
Змістовий модуль 2 <u>Теорія руйнування.</u>												
Тверді матеріали, класифікація твердих матеріалів. Розподіл матеріалів на аморфні та кристалічні, їх властивості. Класифікація твердих матеріалів в залежності від виду руйнування. Основні ознаки. Руйнування. Розподіл руйнування в залежності від характеру попередньої деформації та від характеру активізації процесу в просторі. Три вида напружень, що діють в матеріалах. Механізми зародження тріщини. Схема Стро. Модель Котрелла. Утворення тріщин в металах з ГЦП граткою. Зародження тріщин при зустрічі двійника деформації з бар'єром. Схема зародження тріщини на межах трьох зерен. В'язке руйнування. Характерна ознака. Форма зламів. Крихке руйнування. Критерій Гріффітса. Теорія Гріффітса-Орована. Схема Іоффе	36	4		8		24	24	2		2		20
Разом за змістовим модулем	36	4		8		24	24	2		2		20

Змістовий модуль 3 Фрактографія											
Класифікація зламів та їх характерні ознаки. Фактографічні особливості, що виявляють за допомогою світлового, електронного, растрового мікроскопу. Використання фрактографії при аналізі експлуатаційних пошкоджень. дефекти металу, які можна виявити за допомогою фрактографії	24	2		4		18	24	2		2	20
Разом за змістовим модулем	24	2		4		18	24	2		2	20
Змістовий модуль 4 Осередки руйнування											
Осередки руйнування. Види, причини появи, вигляд зламу. Визначення місця розташування осередку руйнування. Рекомендації щодо встановлення осередку руйнування.	24	2		4		18	24				24
Разом за змістовим модулем	24	2		4		18	24				24
Змістовий модуль 5 Особливості руйнування від втоми, термовтоми, корозійної втоми, корозійного розтріскування											
Руйнування від втоми. Втома. Витривалість. Будова зламу. Характерні ознаки. Руйнування від термічної втоми. Термічна втома. Термічний удар. Термічні напруження. Вид тріщини. Будова зламу. Корозійне розтріскування (корозій під навантаженням). Фактори, що впливають на корозійне розтріскування. Стадії розвитку корозійного розтріскування. Вид зламу і особливості розповсюдження тріщини. Корозійна втома. Характерні ознаки корозійної втоми. Вид тріщини при корозійній втомі. Макроскопічні ознаки корозійно-втомного зламу	24	4		8		12	24	2			22
Разом за змістовим модулем	24	4		8		12	24	2			22
Усього годин	120	14		28		78	120	8		4	108

3. Види навчальних занять та їх орієнтовний зміст

№ з/п	Тема	Вид занять	Орієнтовний зміст
1	<i>Дослідження процесів руйнування кристалічних та аморфних матеріалів</i>	<i>лабораторні</i>	
2	<i>Особливості поширення тріщин у кристалічних матеріалах при крихкому та в'язкому руйнуванні</i>	<i>лабораторні</i>	
3	<i>Дослідження причин зародження тріщин. Руйнування</i>	<i>лабораторні</i>	
4	<i>Приклад виконання експертної роботи на тему «Дослідження причин руйнування колінчатого валу тепловозу»</i>	<i>лабораторні</i>	
5	<i>Приклад виконання роботи на тему «Дослідження причин зниженої стійкості ливарних мульт»</i>	<i>лабораторні</i>	
6	<i>Провести експертизу причин руйнування робочої лопатки I ступені компресора ГТД</i>	<i>лабораторні</i>	
7	<i>Провести експертизу причин руйнування жарової труби авіаційного ГТД</i>	<i>лабораторні</i>	
8	<i>Провести експертизу причин руйнування робочої лопатки I ступені газової турбіни авіаційного ГТД</i>	<i>лабораторні</i>	

4. Форми та методи контролю

Контроль успішності здобувачів, як сукупність усвідомлених дій, спрямованих на отримання відомостей про рівень опанування ним програмного матеріалу, оволодіння теоретичними знаннями та практичними навичками і вміннями, що необхідні для виконання завдань професійної діяльності, є важливою ланкою навчального процесу. Формами контролю, що використовується при перевірці (виявлені знань, умінь та навичок), оцінюванні (вимірюванні знань, умінь, навичок) та обліку (фіксування) отриманих результатів є поточний, рубіжний (модульний) та підсумковий контролю. Поточний контроль знань, умінь та навичок пов'язаний з усіма видами навчальної роботи і спонукає здобувачів готуватись до занять систематично і планомірно, накопичуючи тим самим максимально можливу суму балів за встановлений період навчання (модуль, семестр тощо). Рубіжний (модульний) контроль знань, умінь та навичок є показником якості вивчення окремих розділів, тем і пов'язаних з цим пізнавальних, методичних, психологічних і організаційних якостей здобувачів. Підсумковий контроль є формою перевірки здобувачів щодо оцінки набутих ними тих компетентностей, що передбачені освітньою програмою. З основних форм організації перевірки знань, навичок і умінь (індивідуальна, фронтальна і групова) використовуються індивідуальна та групова. Для реалізації цих форм перевірки, залежно від форми контролю, використовують такі методи,

як усне опитування (виконання завдань для виступу на семінарському занятті), письмовий контроль (перевірка виконаних групою модульних контрольних робіт), презентаційний контроль (перевірка підготовлених презентаційних та відеоматеріалів), тестовий контроль (перевірка тестів) письмово або ж за допомогою комп'ютерних технологій. Підсумковий контроль з освітнього компонента здійснюється у формі екзамену.

Поточний контроль: – Виконання та захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 50 балів. Оцінюється самостійність виконання роботи, грамотність в оформленні та правильність виконання. Критерії оцінювання та кількість балів за лабораторні роботи:

- робота виконана правильно і самостійно та звіт зданий з першого разу (відмінно) – 10-9 балів;

- робота виконана самостійно, але є неточності у розрахунках та оформленні (добре) – 8-7 балів;

- робота виконана самостійно, але є помилки у розрахунках та оформленні, неповні відповіді на запитання (задовільно) – 5-6 балів;

- робота виконана несамостійно, є помилки у розрахунках та оформленні, незадовільні відповіді на запитання – 4 бали і менше.

До кожної лабораторної роботи студент повинен підготувати звіт, який складається із: номера; назви; мети; теоретичних відомостей, до яких включають основні визначення та умовні позначення; порядок виконання. На занятті студенти після опитування допускаються до виконання лабораторної роботи. Після чого викладач проводить ознайомлення студентів із обладнанням і алгоритмом проведення лабораторної роботи. В кінці лабораторної роботи студенти отримують результати дослідження. У продовж тижня студенти дооформляють звіт лабораторної роботи відповідно до вимог завдання і на наступному занятті її захищають

Рубіжний (модульний) контроль проводять двічі на семестр. Максимальна оцінка 50 балів за тест. Мінімальна позитивна оцінка за тест 12 балів. Бали знижуються за неточності, помилки та неправильні відповіді.

Критерії оцінювання та кількість балів:

- повна відповідь – 50-45 балів;

- неповна відповідь – 44-36 балів;

- неповна відповідь з неточностями – 35-12 балів;

- незадовільна відповідь – 11 балів і менше.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий позитивний рейтинг не менше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт.

Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку попередній рейтинг студента скасовується і він отримує

оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою. Залікова контрольна робота складається з чотирьох питань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічні години часу. Сумарна максимальна оцінка складає 100 балів, яка складається з балів, які студент отримує за відповіді на питання, максимально 25 балів за кожне питання, тобто, 25 балів × 4 = 100 балів.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання відповідей на питання та кількість балів за залікову контрольну роботу: – «відмінно» (25-24 бали), повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації), студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу; – «дуже добре» (23-22 бали), достатньо повна відповідь (не менше 85 % потрібної інформації), студент демонструє хороші знання навчального матеріалу; – «добре» (21-19 балів), достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, але допускає деякі неточності; – «задовільно» (18-17 балів), неповна відповідь (але не менше 65 % потрібної інформації), студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві неточності, щодо використання отриманих знань; – «достатньо» (16-15 балів), неповна відповідь (але не менше 60 % потрібної інформації), студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві помилки, щодо використання отриманих знань; – «незадовільно» (14 балів і менше), незадовільне знання теорії (менше 60 % потрібної інформації) та відсутність вміння та навичок у вирішенні поставлених завдань, відповідь не відповідає умовам до «задовільно». Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді, за неповну відповідь, неточності, за неправильне використання термінів.

Поточне тестування та самостійна робота					Підсумковий тест (залік)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль №1			Змістовий модуль № 2		100	100
T1	T2	T3	T4	T5		
20	20	10	25	25		

6. Політика курсу

Політика щодо дедлайнів та перескладання:

- усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;
- самостійна робота включає в себе самостійне опрацювання питань, що стосуються тем лекційних занять, які не викладені під час занять або ж були розглянуті коротко, їх поглиблене опрацювання за рекомендованою літературою, а також виконання практичних завдань з метою закріплення теоретичного матеріалу;
- індивідуальну роботу студент виконує самостійно, відповідно до методичних вказівок та визначених викладачем завдань і термінів;
- ліквідація заборгованості відбувається під час проведення консультацій з дисципліни за графіком визначеним викладачем;
- здобувачі вищої освіти мають право отримати оцінку за залік автоматично – у випадку, якщо впродовж семестру набрали від 60-100 балів;

- здобувачі вищої освіти, після завершення аудиторних занять, мають право підвищити свою оцінку лише під час складання заліку (підсумкового оцінювання) за графіком екзаменаційної сесії.

Політика щодо відвідування:

- відвідування занять (лекцій, практичних занять) є обов'язковим компонентом навчання;

- з об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування, індивідуальний графік, карантин) навчання може відбуватись у дистанційному режимі. За погодженням із керівником курсу студент може презентувати виконані завдання під час консультацій;

- здобувач зобов'язаний дотримуватися термінів, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Політика щодо проведення аудиторних занять. Під час проведення аудиторних занять слід дотримуватися встановленого порядку, брати активну участь в обговоренні запропонованих питань, висловлюючи та відстоюючи власну думку, виказуючи повагу та толерантність до чужої думки. Мобільні пристрої можна використовувати під час проведення аудиторних занять лише з дозволу викладача. За «гострої» потреби дозволяється залишати аудиторію на короткий час.

Політика щодо академічної доброчесності спрямована на самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливим освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їх індивідуальних потреб і можливостей); посилення на джерела інформації у разі використання ідей, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності визначених Кодексом академічної доброчесності Національного університету «Запорізької політехніки» від 29.06.2021 р. (Див. URL: https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Nakaz_N253_vid_29.06.21.pdf).

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних. Обмін персональними даними між викладачем і здобувачем вищої освіти в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (Див. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>).

7. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Експертні дослідження руйнування виробів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» («Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів») денної і заочної форми навчання / Укл. О.А. Глотка, О.В. Лисиця. – Запоріжжя НУ «Запорізька політехніка», 2022. - 84с.

2. Експертні дослідження руйнування виробів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» («Прикладне матеріалознавство», «Термічна обробка металів») денної і заочної форми навчання / Укл.: В.С. Вініченко, О.А. Глотка, О.В. Лисиця - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 78 с .

8. Перелік навчальної, наукової та довідкової літератури

1. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с. [ISBN 966-06-0247-2](https://www.isbn-international.org/product/966-06-0247-2)

2. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство : навч. посіб. / С.М. Уминський, Б. В. Лебедев, П. І. Осадчук, С. С. Житков ; Одес. держ. аграр. ун-т. — Одеса : ТЕС, 2020. — 180 с

3. Куцова В.З., Федоркова Н.М. Експертиза ма-теріалів та металів: Навч. посібник. – Дніп-ропетровськ: НМетАУ, 2017. – 51 с.

4. Експертиза товарів: навч. посіб. /А.А. Дубініна, І.О. Дудла, М.Р. Мардар, С.В. Сорокіна, Т.М. ЛетутаТ.М. – Харків: ХДУХТ, 2017

5.Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум [Текст]: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»] / В. В. Попович, А. І. Кондир, Е. І. Плешаков та ін. — Львів: Світ, 2009. — 551 с. — [ISBN 978-966-603-401-7](#)

6.Матеріалознавство [Текст]: підручник / [Дяченко С. С., Дощечкіна І. В., Мовлян А. О., Плешаков Е. І.] ; ред. С. С. Дяченко ; Харківський нац. автомобільно-дорожній ун-т. — Х. : ХНАДУ, 2007. — 440 с. — [ISBN 978-966-303-133-0](#)

7.Кофанова О.С., Кофанов А.В., Кобилянський О.Л. К 74 Експертиза металів, сплавів та виробів з них. – Методичні рекомендації. – Київ: КИИ, 2010. – 48 с. – (Серія „Криміналістичне забезпечення”).

9. Рекомендовані інформаційні джерела

1. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. URL: <https://cutt.ly/08JNNyK> (дата звернення: 04.10.2023)

2 .Основи матеріалознавства. Навчальний посібник. 2019 рік URL: <https://cutt.ly/N8JNoGQ> (дата звернення: 04.10.2023)