

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра Фізичне матеріалознавство

(назва кафедри, яка відповідає за дисципліну)



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Ректор (перший проректор)

Гришківський В.І.
09 20 19 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Експертні дослідження руйнування виробів

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 Матеріалознавство

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Прикладне матеріалознавство

Термічна обробка металів

(назва спеціалізації)

інститут, факультет фізико-технічний, інженерно-фізичний

(назва інституту, факультету)

мова навчання українська

Запоріжжя – 20 19 рік

Робоча програма «Експертні дослідження руйнування виробів» для студентів
(назва навчальної дисципліни)
 спеціальності 132 Матеріалознавство, освітня програма (спеціалізація) Прикладне матеріалознавство; Термічна обробка металів.
(назва спеціалізації)

„09” 09, 20 19 року - 13 с.

Розробники: канд. техн. наук, доцент Глотка Олександр Анатолійович
 ст. викладач Лисиця Олена Володимирівна
 (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри
фізичного матеріалознавства

Протокол від „08” 09 20 19 року № 1

Завідувач кафедри

„09” 09 20 19 року

(підпис)

Олександрович О.С. Л.
 (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією ІФ факультету

Протокол від „17” 09 20 19 року № 1

„17” 09 20 19 року

Голова

(підпис)

Клеменко О.В.
 (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми*

„ ” 20 року

Керівник групи

(підпис)

()
 (прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

 , 20 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (напрямок підготовки), освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		<u>денна форма навчання</u>	<u>заочна форма навчання</u>
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Нормативна (вибіркова)	
Модулів – 1	Спеціальність <u>132 Матеріалознавство</u> (код і назва) Освітня програма: <u>Прикладне матеріалознавство; Термічна обробка металів</u> (код і назва)	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання - <u>відсутнє</u>		Семестр	
Загальна кількість годин – 135		6-й	6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента - 83	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		14 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		28 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		83 год.	123 год.
Індивідуальні завдання:		-	
Вид контролю: екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 42/83

для заочної форми навчання – 12/123

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: при вивченні даної дисципліни досліджують причини та механізми 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.

Завдання: засвоїти методику проведення експертних досліджень, ознайомитися з методами та алгоритмом дослідження; вивчити механізми зародження тріщин, види руйнування, осередки руйнування, особливості руйнування від втоми, термовтоми, корозійної втоми, корозійного розтріскування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

загальні компетентності:

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях КЗ.02.

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями КЗ.03.

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми КЗ.04.

Здатність приймати обґрунтовані рішення КЗ.05.

Здатність до адаптації та дії в новій ситуації КЗ.06.

Здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій КЗ.07.

Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово КЗ.08.

Здатність працювати автономно КЗ.10.

Здатність працювати в команді КЗ.11.

фахові компетентності:

Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань КС.01.

Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства КС.03.

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

Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем КС.05.

Здатність використовувати практичні інженерні навички при вирішенні професійних завдань КС.06.

Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань КС.10.

Здатність організувати роботу відповідно до вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці КС.11.

Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів КС.12.

Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень КС.13.

Очікувані програмні результати навчання:

- ПРН 6 Знати вимоги галузевих нормативних документів;
- ПРН 8 Уміти застосувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі;
- ПРН 9 Уміти експериментувати та аналізувати дані;
- ПРН 15 Використовувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів;
- ПРН 20 Уміти обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки;
- ПРН 24 Уміти використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів.

2. Програма навчальної дисципліни

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

Тема 1. Вступ. Фактори, що можуть привести до руйнування. Основні етапи дослідження причин руйнування. Методи дослідження. Алгоритм дослідження.

Змістовний модуль 2. Теорія руйнування.

Тема 1. Тверді матеріали, класифікація твердих матеріалів. Розподіл матеріалів на аморфні та кристалічні, їх властивості. Класифікація твердих матеріалів в залежності від виду руйнування. Основні ознаки.

Тема 2. Руйнування. Розподіл руйнування в залежності від характеру попередньої деформації та від характеру активізації процесу в просторі. Три види напружень, що діють в матеріалах.

Тема 3. 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.

Тема 4. В'язке руйнування. Характерна ознака. Форма зламів.

Тема 5. Крихке руйнування. Критерій Гріффітса. Теорія Гріффітса-Орована. Схема Іоффе.

Змістовний модуль 3. Фрактографія.

Тема 1. 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.

Змістовний модуль 4. Осередки руйнування.

Тема 1. Осередки руйнування. Види, причини появи, вигляд зламу.

Тема 2. Визначення місця розташування осередку руйнування. Рекомендації щодо встановлення осередку руйнування.

Змістовний модуль 5. Особливості руйнування від втоми, термовтоми, корозійної втоми, корозійного розтріскування.

Тема 1. Руйнування від втоми. Втома. Витривалість. Будова зламу. Характерні ознаки.

Тема 2. Руйнування від термічної втоми. Термічна втома. Термічний удар. Термічні напруження. Вид тріщини. Будова зламу.

Тема 3. Корозійне розтріскування (корозій під навантаженням). Фактори, що впливають на корозійне розтріскування. Стадії розвитку корозійного розтріскування. Вид зламу і особливості розповсюдження тріщини.

Тема 4. Корозійна втома. Характерні ознаки корозійної втоми. Вид тріщини при корозійній втомі. Макроскопічні ознаки корозійно-втомного зламу.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Методика проведення експертних досліджень при встановленні причин руйнування виробів.												
Тема 1. Вступ. Фактори, що можуть привести до руйнування. Основні етапи дослідження причин руйнування. Методи дослідження. Алгоритм дослідження.	7	4				3	7,5	0,5				7
Разом за змістовим модулем 1	7	4				3	7,5	0,5				7
Змістовий модуль 2. Теорія руйнування												
Тема 1. Тверді матеріали, класифікація твердих матеріалів. Розподіл матеріалів на аморфні та кристалічні, їх властивості. Класифікація твердих матеріалів в залежності від виду руйнування. Основні ознаки.	5	2		2		1	3,5	0,5		-		3
Тема 2. Руйнування. Розподіл руйнування в залежності від характеру попередньої деформації	3	2				1	3,5	0,5				3

та від характеру активізації процесу в просторі. Три вида напружень, що діють в матеріалах.											
Тема 3. 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.	5	2			3	4,5	0,5				4
Тема. 4. В'язке руйнування. Характерна ознака. Форма зламів.	8	2		1	5	10,75	0,5		0,25		10
Тема 5. Крихке руйнування. Критерій Гріффітса. Теорія Гріффітса-Орована. Схема Іоффе.	8	2		1	5	10,75	0,5		0,25		10
Разом за змістовим модулем 2	29	10		4	15	33	2,5		0,5		30
Змістовий модуль 3. Фрактографія.											
Тема 1. Класифікація зламів та їх характерні ознаки. 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	59	4		8	47	61	1		2		58

допомогою фрактографії.											
Разом за змістовим модулем 3	59	4	8		47	61	1		2		58
Змістовий модуль 4. Осередки руйнування.											
Тема 1. Осередки руйнування. Види, причини появи, вигляд зламу.	13	2	6		5	10	0,5		1,5		8
Тема 2. Визначення місця розташування осередку руйнування. Рекомендації щодо встановлення осередку руйнування.	4	1			3	6,5	0,5				6
Разом за змістовим модулем 4	17	3	6		8	16,5	1		1,5		14
Змістовий модуль 5. Особливості руйнування від втоми, термовтоми, корозійної втоми, корозійного розтріскування.											
Тема 1. Руйнування від втоми. Втома. Витривалість. Будова зламу. Характерні ознаки..	7	1	4		2	4,25	0,25		1		3
Тема 2. Руйнування від термічної втоми. Термічна втома. Термічний удар. Термічні напруження. Вид тріщини. Будова зламу.	8	1	4		3	5,25	0,25		1		4
Тема 3. Корозійне розтріскування (корозій під навантаженням). Фактори, що впливають на корозійне розтріскування. Стадії розвитку корозійного розтріскування. Вид зламу і особливості розповсюдження тріщини.	4	1			3	4,25	0,25				4
Тема 4. Корозійна втома. Характерні ознаки корозійної втоми. Вид тріщини при коро-	3	1			2	3,25	0,25				3

зійній втомі. Макроскопічні ознаки корозійно-втомного зламу.												
Разом за змістовим модулем 5	22	4		8		10	17	1		2		14
Усього годин	135	26		26		83	135	6		6		123
Модуль 2												
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
Усього годин												

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження процесів руйнування кристалічних та аморфних матеріалів	2/-
2	Особливості поширення тріщин у кристалічних матеріалах при крихкому та в'язкому руйнуванні	2/0,5
3	Дослідження причин зародження тріщин. Руйнування	2/0,5
4	Приклад виконання експертної роботи на тему «Дослідження причин руйнування колінчатого валу тепловозу»	4/1
5	Приклад виконання роботи на тему «Дослідження причин зниженої стійкості ливарних мульд»	4/1
6	Провести експертизу причин руйнування робочої лопатки I ступені компресора ГТД	4/1
7	Провести експертизу причин руйнування жарової труби авіаційного ГТД	4/1
8	Провести експертизу причин руйнування робочої лопатки I ступені газової турбіни авіаційного ГТД	4/1
	Усього	26/6

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методика проведення досліджень руйнування виробів	3/7

2	Теорія руйнування. Класифікація твердих тіл. Види руйнування. Механізми зародження тріщини	5/10
3	В'язке руйнування	5/10
4	Крихке руйнування	5/10
5	Фрактографія. Фрактографічні методи дослідження. Класифікація зламів.	5/8
6	Фрактографічні особливості, що виявляють за допомогою світлового мікроскопу	9/10
7	Фрактографічні особливості, що виявляють за допомогою електронного мікроскопу	9/10
8	Фрактографічні особливості, що виявляють за допомогою растрового мікроскопу	9/10
9	Дефекти металу, які можна виявити за допомогою фрактографії	5/10
10	Використання фрактографії при аналізі експлуатаційних пошкоджень	10/10
11	Руйнування від втоми та термовтоми	5/7
12	Руйнування від корозійного навантаження та корозійна втома	5/7
13	Осередки руйнування	5/8
14	Рекомендації по встановленню осередків руйнування	3/6
	Разом	83/123

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

11. Очікувані результати навчання з дисципліни

Студент може запропонувати методи дослідження; вміє проаналізувати причину руйнування та дати рекомендацію для усунення або попередження небезпеки руйнування.

12. Засоби оцінювання

Для студентів денної форми навчання: усне опитування на лабораторних заняттях, тестування, проведення семестрового екзамену.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, тестування, проведення семестрового екзамену.

13. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота													Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					Змістовий модуль 3	Змістовий модуль 4		Змістовий модуль 5					
T1	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T1	T2	T1	T2	T3	T4	100	100
8	6	6	10	9	10	15	6	6	6	6	6	6		

T1, T2 ... T5 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	За національною шкалою	Визначення
90 – 100	A	відмінно	Відмінно – відмінне виконання з незначною кількістю помилок
85-89	B	добре	Дуже добре – вище середнього рівня, але з деякими поширеними помилками
75-84	C		Добре – в цілому правильне виконання, але з помітними помилками
70-74	D	задовільно	Задовільно – виконання в повному обсязі, але зі значною кількістю недоліків
60-69	E		Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	Незадовільно – недостатньо, необхідно допрацювати
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним курсом	Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота з повторним вивченням курсу

14. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Експертні дослідження” для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» всіх форм навчання /Укл.: В.С.Вініченко, О.В.Лисиця - Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. – 82 с .

15. Рекомендована література

Базова

1. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь, 2002. — 328 с. [ISBN 966-06-0247-2](#)

2. 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

3. 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

4. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение: справ. изд. / Л. Энгель, Г. Клингеле; пер. с нем. — М.: Металлургия, 1986. — 232 с.

5. Рекомендации. Расчёты и испытания на прочность в машиностроении. Классификация видов поверхностей разрушения (изломов) металлов. — М.: ВНИИИИМаш, 1979. — 45 с.

6. Гордеева Г. А. Анализ изломов при оценке надежности материалов / Г.А. Гордеева, И.П. Жегина. — М.: Машиностроение, 1978. — 198 с.

4. Фрактография и атлас фрактограмм: справ. изд. / под ред. Дж. Феллоуза; пер. с англ. — М.: Металлургия, 1982. — 489 с.

7. Справочник по практическому металловедению / В.Л. Пилющенко [и др.]. — Киев: Техника, 1984. — 133 с.

8. Иванова В.С. Природа усталости металлов / В.С. Иванова, В.Ф. Терентьев. — М.: Металлургия, 1975. — 456 с.

9. Справочник по практическому металловедению / В.Л. Пилющенко, Б.Б. Винокур, С.Е. Кондратюк и др.. — К: Техніка, 1984. — 135 с.

10. Зеленова В.Д. Механизм вязкого и хрупкого разрушения и методы оценки сопротивления разрушению металлов и сплавов / В.Д. Зеленова. — М.: Машиностроение, 1975. — 40 с.

11. Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков. — М.: Металлургия, 1971. — 368 с.

12. Герасимова Л.П. Изломы конструкционных сталей: справ. изд. / Л.П. Герасимова, А.А. Ежов, М.И. Маресев. — М.: Металлургия, 1987. — 272 с.

13. Кондратюк С.Е. Фрактография и вязкость конструкционной стали / С.Е. Кондратюк. — Киев: О-во «Знание», УССР, 1981. — 20 с.

Допоміжна

1. Фридман Я.Б. Строение и анализ изломов / Я.Б. Фридман, Г.А. Гордеева, А.М. Зайцев. — М.: Машгиз, 1960. — 128 с.

2. Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан; пер. с англ. — М.: Техносфера, 2006. — 384 с.

3. Касаткин Б.С. Структура и микромеханизм хрупкого разрушения стали / Б.С. Касаткин. — Киев: Техника, 1964. — 264 с.

4. Петрова Л.Г. Исследование микроструктуры сплавов методом количественной металлографии: методические указания к лабораторной работе / Л.Г. Петрова. — М.: МАДИ, 1993. — 28 с.

5. Богомоллова Н.А. Практическая металлография / Н.А. Богомоллова. — М.: Высш. шк., 1979. — 272 с.

16. Інформаційні ресурси

1. <http://www.femto.com.ua>

2. <http://referat.ukraine-ru.net>
3. <http://www.femto.com.ua>
4. <http://dic.academic.ru/>
5. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>
6. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>