

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до самостійної роботи
з вивчення дисципліни

**«Дослідження фізичних та механічних властивостей
конструкцій»**

для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Технології машинобудування»
галузі знань «Механічна інженерія»
всіх форм навчання

Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. Н.В. Гончар, Е.В. Кондратюк – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 17 с.

Укладачі: Гончар Н.В., канд. техн. наук, доц. каф.ТМБ
Кондратюк Е.В., канд. техн. наук, доц. каф. ТМБ

Рецензент: Логомінов В.О., доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск: доц., к.т.н. Дядя С.І.

Затверджено
на засіданні кафедри ТМБ
протокол № 1
від 22.08.2019 р.

Рекомендовано до видання НМК
машинобудівного факультету
протокол № 1
від 03.09.2019 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Мета і завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі	5
1.1 Мета вивчення дисципліни	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни	5
2 Робоча програма дисципліни	6
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення	6
2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість	10
2.3 Контрольні питання	10
3 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	13
4 Рекомендована література	14
4.1 Базова література	15
4.2 Допоміжна література	15
4.3 Навчально-методична література	16

ВСТУП

Дисципліна «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» необхідна для освоєння наукового підходу до проведення досліджень студентами магістратури, що забезпечує якісну підготовку фахівця-науковця за спеціальністю «Технологія машинобудування».

Термін, що передбачений робочим планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому частина робочої навчальної програми дисципліни може не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. До того ж, і той матеріал, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріплений шляхом самостійної роботи студента.

Згідно діючого навчального плану викладання дисципліни здійснюється у Х семестрі загальною кількістю годин 150 (5 кредити), в тому числі лекції – 14 годин, лабораторні заняття – 28 годин, індивідуальна самостійна робота студента – 108 годин. Передбачено також проведення екскурсії на відповідні ділянки виробництва для практичного застосування вивченого матеріалу. По закінченню семестру передбачено іспит з дисципліни.

Мета методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити студентів з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виносить на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1 Мета вивчення дисципліни

Мета дисципліни – надання студентам цілісних знань та навичок щодо проведення необхідних експериментальних досліджень фізичних та механічних властивостей та якості поверхні деталей машин (такі як параметри шорсткості, наклепу, витривалості, залишкових напружень, мікрота макроструктури тощо), їх аналізу та вибору раціональних технологічних можливостей забезпечення найбільш сприятливих властивостей та параметрів деталей машин з точки зору підвищення їх експлуатаційних якостей.

1.2 Завдання вивчення дисципліни

Загальним завданням курсу є підготовка висококваліфікованих фахівців, добре володіючих на сучасному рівні теоретичними основами використання фінішних методів в технологічному процесі обробки деталей для підвищення міцностної надійності, як параметру несучої здатності виробів.

Знання, які студенти отримують при вивченні цієї дисципліни використовуються в роботі над магістерською роботою. Також ці знання студенти випускники зможуть використовувати для подальшої роботи на підприємствах машинобудівного профілю, для контрольних функцій та наукової діяльності.

Після вивчення дисципліни студенти повинні уміти:

- застосовувати сучасні експериментальні методи та обладнання дослідження технічних систем;
- проводити підготовку лабораторних та натурних зразків;
- використовувати нормативну документацію щодо експериментів;
- оформляти протоколи досліджень;
- інтерпретувати отримані експериментальні данні, враховуючи масштабний та інші фактори;
- аналізувати отримані результати, а при необхідності систематизувати та узагальнювати їх.

Повинні знати:

- основні методики проведення досліджень;
- можливості сучасного обладнання для проведення експериментів;
- методи обробки одержаних експериментальних даних в чисельній та графічній формі;
- статистичні методи обробки і отримання математичних залежностей.

Перелік дисциплін, засвоєння яких є необхідним для вивчення дисципліни:

- фізика;
- вища математика;
- інформатика;
- матеріалознавство;
- теоретична механіка;
- теорія конструкційних матеріалів;
- опір матеріалів;
- комп'ютерне конструювання;
- охорона праці та техніка безпеки.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

По кожній тематиці вказані години на лекційні заняття. Години на самостійну роботу студента при вивченні кожної теми надані у розділі 3.

2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення

2.1.1 Методика підготовки проведення досліджень параметрів якості поверхні та фізико-механічних властивостей поверхневого шару – 4 години

Мета проведення експериментальних досліджень; натурні та лабораторні зразки, методики підготовки зразків та проведення досліджень параметрів якості поверхні, напружено-деформованого стану деталей, властивостей поверхневого шару тощо.

Методи фінішної обробки та їх режими, що впливають на змінення вищеназваних параметрів, їх переваги та недоліки в технологіч-

ному, технічному, екологічному та економічному плані.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на ознайомлення з нормативною документацією щодо зразків та проведення досліджень витривалості, шорсткості, мікротвердості тощо (зокрема ГОСТи та ДСТУ).

[1] с.93-118; [7] с.140-154, 271-296; [9] с.210-285; [10] с.27-50

Питання для самоперевірки

1. Сучасні методи проведення експериментів.
2. Мета проведення експериментальних досліджень.
3. Натурні та лабораторні зразки. Особливості їх експериментальних досліджень.
4. Існуючі методики підготовки (виготовлення) зразків. Основні етапи.
5. Показники якості поверхні.
6. Фізико-механічні властивості поверхневого шару.
7. Шорсткість, її параметри та методи визначення.
8. Коефіцієнт технологічної концентрації напружень. Плавність мікропрофілю.
9. Мікротвердість. Параметри поверхневого наклепу. Етапи їх визначення.
10. «Косий» шліф. Розподіл значень мікротвердості або ступеню наклепу по глибині.
11. Нормативна документація щодо проведення експериментальних досліджень.

2.1.2 Методика збору та аналізу результатів досліджень – 4 години

Методика проведення досліджень: обладнання та техніка проведення досліджень фізико-механічних властивостей; шорсткості; якості поверхневого шару деталей Дослідницьке обладнання (мікротвердоміри, віброелектродинамічні стенди різної потужності, пристрої для досліджень залишкових напружень різними методами, профілографи, профілометри, контуроміри, оптичні мікроскопи, растрові мікроскопи тощо), контрольні пристрої (різноманітні датчики, частотоміри, осцилографи, термоміри тощо).

Визначення кількості експериментів та кількості зразків в кожній партії; техніка та послідовність проведення експериментів; можливості автоматизації проведення випробувань, тензометрування і тарирування.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на оформлення протоколів випробувань на витривалість, досліджень мікротвердості, залишкових напружень, параметрів шорсткості тощо; на методи зменшення похибки експериментів, на використання персональних комп'ютерів (ПК) і сучасних математичних комп'ютерних пакетів для прискорення проведення необхідних чисельних розрахунків.

[2] с.7-35; [4] с.9-49, 160-185; [7] с.155-222, [10] с.51-69

Питання для самоперевірки

1. Сучасне обладнання для досліджень шорсткості.
2. Сучасне обладнання для оцінки наклепу.
3. Сучасне обладнання для досліджень залишкових напружень.
4. Допоміжні контрольні пристрої, що використовують при експериментальних дослідженнях.
5. Необхідна та достатня кількість експериментів. Її визначення.
6. Послідовність проведення експерименту з дослідження параметрів наклепу, шорсткості, залишкових напружень.
7. Протоколи досліджень.
8. Тензометрування зразків, тарирування приборів.
9. Методи зменшення похибки експериментів.
10. Характеристики та класифікація залишкових напружень. Залишкові напруження I, II та III роду; стискання та розтягання.
11. Методи визначення залишкових напружень. Суть метода Давіденкова М.М.
12. Епюри залишкових напружень.

2.1.3 Реєстрація, обробка та аналіз результатів досліджень: на циклічну міцність, шорсткості, властивостей поверхневого шару – 6 годин

Контроль за проведенням експерименту та реєстрація отриманих даних; визначення моменту зародження тріщини під час випробувань зразків на втомленість; вібропереміщення, віброприскорення; визначення глибини дефектного шару і досягнення серцевини матері-

алу при вимірюванні мікротвердості на «косих» шліфах; визначення утворюючої лінії заміру контурів та довжини траси при дослідженні шорсткості; дослідження залишкових напружень на установці ПИОН-2; визначення кількості полів зору та масштабу при дослідженні мікроструктури поверхні тощо.

Розрахунки для отримання залежностей: діагональ відбитку – мікротвердість – параметри наклепу; глибини та значення залишкових напружень із стрічки заміру прогину зразка; параметри шорсткості з профілограми; величини циклічних напружень з амплітуди коливань; відсоток площини, що займає фаза з діагоналі або діаметру дискретних часток фази тощо.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на отримання кривої втомленості, епюр залишкових напружень та інших залежностей в графічному виді; на отримання математичних залежностей після проведення статистичної обробки результатів досліджень, їх аналіз та систематизацію в залежності від поставленої мети; на використання сучасного комп'ютерного забезпечення для розрахунків, замірів, креслення та отримання графіків та таблиць.

[3]с.145-181; [4]с.50-98; [6]с.126-134, [8]с.105-113; [10]с.204-218

Питання для самоперевірки

1. «Чистота» проведення експерименту. Реєстрація отриманих даних.
2. Зародження тріщини, її вплив під час досліджень на втомленість.
3. Масштаб оптичних збільшень. Його визначення.
4. Дослідження на втомленість. Довговічність, границя витривалості, вібропереміщення, віброприскорення.
5. Крива втомленості. Напівлогарифмічна система координат кривої втомленості. Що вона характеризує.
6. Параметри, що характеризують мікро- та макроструктуру поверхні.
7. Фрактограми. Очаг руйнування, зони руйнування. Доллом.
8. Графічне представлення результатів експериментальних досліджень. Їх аналіз.
9. Математичні розрахунки, необхідні для оцінювання досліджуваних величин.
10. Статистична обробка результатів експериментальних досліджень. Отримання залежностей.
11. Систематизація результатів досліджень.

2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість

2.2.1 Дослідження параметрів шорсткості поверхні плоских лабораторних зразків – 4 години.

2.2.2 Визначення параметрів наклепу шляхом вимірювання мікротвердості «косого» шліфа – 4 години.

2.2.3 Дослідження напруженого стану поверхневого шару – 6 годин.

2.2.4 Визначення параметрів витривалості плоских лабораторних зразків з конструктивним концентратором напружень – 6 годин.

2.2.5 Дослідження мікроструктури поверхонь зразків – 4 години.

2.2.6 Дослідження зломів матеріалів деталей після експлуатації та зразків після досліджень на втомленість – 4 години.

Методичні вказівки

При підготовці до виконання лабораторних занять слід користуватися методичними вказівками [24], а також звернутися до відповідних розділів робочої програми.

2.3 Контрольні питання

При підготовці до поточного та остаточного контролю знань студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на нижченаведені питання, які охоплюють вузлові положення дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій».

1. Шорсткість поверхні.
2. На які експлуатаційні властивості поверхні деталей та їх сполучень впливає шорсткість.
3. Методи визначення шорсткості.
4. Як розраховується показник R_z .
5. Як розраховуються показники R_a і S_m .
6. Як оцінити показник t_p .
7. Як визначити показники ρ_m , t_m , α_σ^{mexu} .
8. Як оцінити плавність профілю і його вплив на експлуатаційні властивості деталей.

9. В чому полягає відмінність терміну мікротвердості від твердості.
10. Чому необхідно робити 15 замірів на одному рівні.
11. Етапи визначення мікротвердості. Яким чином знаходять величину діагоналі відбитку.
12. Мета використання «косого» шліфа. Яким чином його отримують. Який кут скосу зазвичай забезпечують, від чого він залежить.
13. Як за допомогою кута скосу шліфа визначають глибину проведення замірів мікротвердості.
14. Як визначити границю (по глибині) між дефектним шаром і серцевиною матеріалу.
15. Поняття поверхневого наклепу, його параметри і методи їх визначення.
16. Методи визначення залишкових напружень. Класифікація, залишкові напруження I, II та III роду, їх ознаки.
17. Визначення глибини стравленого шару.
18. Мета покриття зразка лаком, а затискача – воском.
19. Чому температура розчину під час проведення експерименту не повинна перевищувати 50...53 °С.
20. Чому залишкові напруження стиснення підвищують експлуатаційні властивості деталей.
21. Яким чином переводять значення вигину зразка під час травлення в значення залишкових напружень.
22. Основні поняття – надійність, витривалість, довговічність, опір втомленості.
23. Основні функціональні елементи обладнання для випробувань на витривалість. ВЭДС-100, ВЭДС-200.
24. Суть метода «сходинок». Проілюструвати.
25. Визначення границі витривалості – критерія опору втомленості.
26. Яку інформацію несе ліва частина кривої втомленості, накресленої в логарифмічній або напівлогарифмічній системі координат, яку – її права частина.
27. Яким чином проводять парировання зразків, його мета.
28. Принцип дії тензодатчиків. Що означає термін «припарировання» тензодатчиків, база тензодатчиків.
29. Яким чином визначають момент зародження і початку росту тріщини під час випробувань.

30. Допоміжне обладнання, що використовується при дослідженнях витривалості.
31. Етапи отримання кривої втомленості.
32. Методи дослідження мікроструктури металів і сплавів. Їх особливості, переваги та недоліки.
33. Основні елементи конструкції растрового мікроскопу JSM T300, принцип дії. Його додаткові можливості.
34. Яким чином готують шліфи під різні дослідження: дослідження текстури зерен, морфології поверхні, розподілу фаз, мікроструктури по глибині підповерхневого шару, морфологію фаз.
35. Додаткові етапи підготовки зразків, такі як травлення, декорування тощо. Їх мета.
36. Що таке «поле зору» при порівняльному дослідженні вмісту фази в матриці сплаву. За яким принципом обирають кількість полів зору.
37. Етапи визначення відсотка площини, яку займає досліджувана фаза на ділянці шліфа, що вивчається.
38. Які складові параметри входять до поняття «морфологія» фази.
39. Переваги та недоліки растрових електронних мікроскопів.
40. Поняття «фрактографія», «фрактограма».
41. Мета проведення фрактографії.
42. Що мають на увазі під поняттям «очаг» при дослідженні фрактограм. Поняття небезпечного перерізу.
43. Можливі причини початку руйнування, зокрема втомного руйнування. Поняття «живучості» конструкції.
44. Види руйнування, їх ознаки та відмінності.
45. Яким чином визначають розмір боріздок, або площинок руйнування.
46. Як отримати масштаб фрактограми.
47. З якою метою роблять долом початкової нерозвиненої тріщини.
48. Відмінність втомного і статичного руйнування зразків на відповідних фрактограмах.
49. Відмінність зломів ударного руйнування.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання та захист звітів лабораторних занять;
- складання іспиту.

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів, на які підрозділяється робоча програма дисципліни, надані у таблиці 3.1.

У десятому семестрі планується проведення підсумкового іспиту.

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує попередню оцінку. Слід зазначити, що всі заходи, що плануються, повинні бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

Студент, який одержав за результатами контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, отримує позитивну оцінку.

Таблиця 3.1- Склад, обсяг і термін виконання змістових модулів

Модулі (блоки змістових модулів)	Найменування змістових модулів дисципліни	Розподіл навчального часу за елементами модуля (видами занять), години			Номер лабораторної роботи	Обсяг навантаження студента	
		Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота		Годин	Кредитів
Блоки змістових модулів, що виносяться на перший модульний контроль							
1	Методика підготовки проведення досліджень параметрів якості поверхні та фізико-механічних властивостей поверхневого шару	4	8	28	№ 1,2	30	1
2	Методика збору та аналізу результатів досліджень	4	6	30	№ 3	45	1,5
	Всього	8	14	58		75	2,5
Термін проведення I-го модульного контролю – 8-й тиждень X семестру							
Блоки змістових модулів, що виносяться на другий модульний контроль							
3	Реєстрація, обробка та аналіз результатів досліджень: на циклічну міцність, шорсткості, властивостей поверхневого шару	6	14	50	№ 4, 5, 6	75	2,5
	Всього	6	14	50		75	2,5
Термін проведення підсумкового модульного контролю – 17-й тиждень							
Загальна кількість		14	28	108		150	5

4 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій». Слід мати на ува-

зі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

4.1 Базова література

1. Сулима А.М., Шулов В.А, Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / М.: Машиностроение, 1988.– 240 с.
2. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов и полупроводников [2-е изд.] / М.: Metallurgia, 1969. – 248 с.
3. Биргер И.А. Остаточные напряжения / М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1963. – 232 с.
4. Школьник Л.М. Методика усталостных испытаний. Справочник / М.: Metallurgia, 1978. – 301 с.
5. Фрактография и атлас фрактограмм. Справочник [под ред. Д.Т. Фел-лоуза], перевод с англ. / М.: Metallurgia, 1982. – 490 с.
6. Степнов М.Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний / Степнов М.Н. – М.: Машиностроение, 1972. – 231 с.

4.2 Допоміжна література

7. Трощенко В.Т., Сосновский Л.А. Сопротивление усталости металлов и сплавов. Справочник в 2-х томах / К.: Наукова думка, 1987. – ч.1.– 512 с.
8. Трощенко В.Т., Красовский А.Я., Покровский В.В. и др. Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие в 2-х томах / К.: Наукова думка, 1993. – ч.1.– 285 с.
9. Трощенко В.Т., Красовский А.Я., Покровский В.В. и др. Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие в 2-х томах / К.: Наукова думка, 1993. – ч.2.– 701 с.
10. Петухов А.Н. Сопротивление усталости деталей ГТД / М.: Машиностроение, 1993. – 240 с.
11. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
12. Адашкин А.М. Материаловедение (металлообработка) /

А.М. Адашкин, В.М. Зуев // М.: Изд-во «Академия», 2002. – 240 с.

13. Богуслаев В.А. Авиационно-космические материалы и технологии / В.А. Богуслаев, А.Я. Качан, В.Т. Калинина и др // Запорожье: Изд-во «Мотор Сич», 2009. – 383 с.

14. Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах. Раздел III: технология производства машин. Том III-3: Технология изготовления деталей машин / М.: Машиностроение, 2002. – 839 с.

15. ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.

16. ГОСТ 8.010-99. ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения.

17. ГОСТ 8.057-80. ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения.

18. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

19. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.

20. ГОСТ 9847-79. Приборы оптические для измерения параметров шероховатости поверхности.

21. ГОСТ 27964-88. Измерение параметров шероховатости. Термины и определения.

22. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.

23. ГОСТ 15855-77. Измерение времени и частоты. Термины и определения.

24. ГОСТ 7601-78. Физическая оптика. Термины, буквенные обозначения и определение основных величин.

25. ГОСТ 3.1507-84. ЕСТД. Правила оформления документов на испытания.

26. ГОСТ 18296-72. Обработка поверхностей пластическим деформированием. Термины и определения.

27. ГОСТ 25.502-79. Методы испытаний на усталость.

28. Електронні ресурси: https://stud.com.ua/72514/tehnika/showstktist_poverhon; <http://www.scribub.com/limba/ucraine/ana/52748.php>; <http://bcoreanda.com/ShowObject.aspx?ID=109>.

4.3 Навчально-методична література

29. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з ди-

сципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл.: Гончар Н.В., Кондратюк Е.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 31 с.

30. Описи приладів для експериментальних досліджень.