

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
G9 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Технології машинобудування»
галузі знань G «Механічна інженерія»
всіх форм навчання

Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань G «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. Н.В. Гончар, Е.В. Кондратюк – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 21 с.

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

Рецензент: Козлова О.Б., доц., к.т.н.

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

Затверджено
на засіданні кафедри ТМБ
протокол № 1
від 06.08.2025 р.

Рекомендовано до видання НМК
машинобудівного факультету
протокол № 1
від 26.08.2025 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	13
2.3 Контрольні питання	14
3 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	17
4 Рекомендована література	19
4.1 Базова література	19
4.2 Рекомендовані інформаційні джерела	20
4.3 Навчально-методична література	20

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 «Технології машинобудування».

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

Згідно діючого навчального плану викладання дисципліни здійснюється у I семестрі загальною кількістю 105 годин (3,5 кредити), в тому числі лекції – 24 години, лабораторні заняття – 12 годин, індивідуальна самостійна робота студента – 69 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 виноситься на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу.

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.

Перелік дисциплін, засвоєння яких є необхідним для вивчення дисципліни:

- фізика;
- технологія конструкційних матеріалів;
- матеріалознавство;
- теорія різання;
- деталі машин;
- технологічні основи машинобудування;
- технологія виготовлення деталей та складання виробів.

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 Якість поверхні. Основні показники якості. Підготовка проведення досліджень параметрів якості поверхні та фізико-механічних властивостей поверхневого шару – 4 години

Поняття якості поверхні та точності обробки. Ідеальна та реальна поверхня. Поверхневий шар і його характеристики. Шорсткість - параметри Ra , Rz , $Rmax$, Sm , опорна довжина профілю. Хвилястість поверхні та її характеристики. Методи визначення шорсткості: візуальний, інструментальний, профілометричний. Вплив технологічних факторів на шорсткість. Методи зниження шорсткості.

Мета проведення експериментальних досліджень; натурні та лабораторні зразки; методики підготовки зразків та проведення дослі-

джен параметрів якості поверхні, напружено-деформованого стану деталей, властивостей поверхневого шару тощо. Зв'язок вищеназваних факторів з експлуатаційними властивості деталей машин.

Методи фінішної обробки та їх режими, що впливають на змінення вищеназваних параметрів, їх переваги та недоліки в технологічному, технічному, екологічному та економічному плані.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на ознайомлення з нормативною документацією щодо зразків та проведення досліджень (зокрема ДСТУ та ГОСТ). Технологічні методи фінішної обробки: полірування, доводка, суперфініш, віброабразивна та віхрюва обробка, дробострумова та піскоструминна, обробка в псевдозрідженому шарі абразиву (ПСА), гідро- та пневмо-струмова обробка, ультразвукове зміцнення (УЗЗ), алмазне вигладжування та вигладжування роликками тощо.

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. Шорсткість, її параметри та методи визначення.
7. Методи визначення шорсткості.
8. Сучасне обладнання для досліджень шорсткості.
9. Вплив шорсткості на експлуатаційні властивості поверхні деталей та їх сполучень.
10. Як розраховуються показники Rz і S_m , Ra та t_p , ρ_m , t_m , $\alpha_{\sigma}^{техн}$.
11. Як оцінити плавність профілю і його вплив на експлуатаційні властивості деталей.

2.1.2 Фізико-механічний стан матеріалу поверхневого шару. Наклеп. Хімічний склад – 4 години.

Фізичні процеси в зоні різання. Пластична деформація та струк-

турні зміни поверхневого шару. Наклеп - характеристики, методи визначення, косий шліф, градієнт наклепу. Його вплив на експлуатаційні властивості Мікротвердість та методи її вимірювання. Визначення глибини дефектного шару і досягнення серцевини матеріалу при вимірюванні мікротвердості на «косих» шліфах. Щільність дислокацій та дефекти кристалічної будови. Зміна хімічного складу поверхневого шару, сучасні методи визначення хімічного складу твердих речовин і газів.

Дослідницьке обладнання, контрольні пристрої тощо. Ознайомлення з нормативною документацією щодо зразків та проведення досліджень витривалості, шорсткості, мікротвердості тощо (зокрема ГОСТи та ДСТУ).

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.

Ознайомлення з різноманітними фінішними оздоблювально-зміцнювальними методами обробки деталей машин. Класифікація та характеристики методів поверхневої обробки. Переваги та недоліки кожного методу з точки зору вивчених властивостей поверхні та поверхневого шару. Можливості кожного методу при обробці важкооброблюваних матеріалів, жароміцних нікелевих та титанових сплавів, корозійностійких та жаростійких сталей. Комплексна обробка деталей.

Питання для самоперевірки

1. Фізико-механічні властивості поверхневого шару.
2. Мікротвердість. Параметри поверхневого наклепу. Етапи їх визначення.
3. «Косий» шліф. Розподіл значень мікротвердості або ступеню наклепу по глибині.
4. Нормативна документація щодо проведення експериментальних досліджень.
5. Сучасне обладнання для оцінки наклепу.
6. Допоміжні контрольні пристрої, що використовують при експери-

ментальних дослідженнях.

7. Необхідна та достатня кількість експериментів.
8. Послідовність проведення експерименту з дослідження параметрів наклепу.
9. Протоколи досліджень.
10. Хімічний склад. Штучний «ніс», штучний «язик».

2.1.3. Методика збору та аналізу результатів досліджень. Залишкові напруження – 4 години.

Визначення кількості експериментів та кількості зразків в кожній партії; методика та послідовність проведення різноманітних експериментів; можливості автоматизації проведення експериментальних випробувань.

Оформлення протоколів випробувань на витривалість, досліджень мікротвердості, залишкових напружень, параметрів шорсткості тощо. Методи зменшення похибки експериментів; тензометрування.

Використання можливостей персональних комп'ютерів (ПК) і сучасних математичних комп'ютерних пакетів для прискорення проведення необхідних чисельних розрахунків та статистичної обробки отриманих результатів.

Класифікація залишкових напружень за Давиденковим (I, II, III роду). Методи визначення залишкових напружень: механічний (метод Давиденкова), рентгенівський, оптичний, комп'ютерне моделювання. Пристрій ПИОН-1/2 для дослідження залишкових напружень. Епюри розподілу залишкових напружень. Вплив на експлуатаційні характеристики деталей.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на отримання результатів та 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.

Прискорені методи дослідження. Масштабний фактор. Кореляційні залежності між лабораторними та експлуатаційними даними.

Питання для самоперевірки

1. «Чистота» проведення експерименту. Реєстрація отриманих даних.
2. Сучасне обладнання для досліджень залишкових напружень.
3. Тензометрування зразків, тарування приборів.
4. Методи зменшення похибки експериментів.
5. Характеристики та класифікація залишкових напружень. Залишкові напруження I, II та III роду; стискання та розтягання.
6. Методи визначення залишкових напружень. Суть метода Давіденкова М.М.
7. Епюри залишкових напружень.
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.

2.1.4. Реєстрація, обробка та аналіз результатів досліджень. Основні характеристики опору втомленості при періодичному навантаженні – 6 годин.

Контроль за проведенням експерименту та реєстрація отриманих даних; визначення моменту зародження тріщини під час випробувань зразків на втомленість; вібропереміщення, віброприскорення. Поняття втомленості та опору втомленості. Етапи втомного руйнування. Малоциклова та багатоциклова втома. Циклічна довговічність. Крива втомленості (крива Веллера). Границя витривалості. Базове число циклів. Фактори, що впливають на витривалість. Живучість конструкцій.

Розрахунки для отримання різноманітних залежностей: діагональ відбитку – мікротвердість – параметри наклепу; глибина 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.

Графічне представлення (візуалізація) результатів досліджень: отримання кривої втомленості, епор залишкових напружень та інших залежностей в графічному виді. Отримання математичних залежностей після проведення статистичної обробки результатів досліджень; їх аналіз та систематизація в залежності від поставленої мети.

Використання сучасного комп'ютерного забезпечення для розрахунків, замірів, креслень та отримання графіків та таблиць.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на математичні методи статистичної обробки; параметри статистичних розрахунків результатів експериментальних досліджень; середньоквадратичне відхилення (СКО). Ознайомитись з методами статистичного аналізу, параметрами, які характеризують правильність розрахунків.

Питання для самоперевірки

1. Тензометрування зразків, тарирування приборів.
2. Основні поняття надійності, витривалості, довговічності, опору втомленості.
3. Залежність деформація – напруження. Закон Гука.
4. Основні функціональні елементи обладнання для випробувань на витривалість. ВЭДС-100, ВЭДС-200 тощо.
5. Суть метода «сходинок».
6. Методи зменшення похибки експериментів.
7. Зародження тріщини, її вплив під час досліджень на втомленість.
8. Дослідження на втомленість. Довговічність, границя витривалості, вібропереміщення, віброприскорення.
9. Крива втомленості. Що вона характеризує. Напівлогарифмічна система координат кривої втомленості.

2.1.5. Фазовий склад. Дослідження зломів матеріалів – 4 години.

Мікроструктура металів та сплавів. Методи дослідження мікроструктури: оптична металографія, електронна мікроскопія (РЕМ, ПЕМ), рентгеноструктурний аналіз. Підготовка металографічних шліфів. Травлення та декорування зразків. Автоматичний аналіз зображень. Фази, їх параметри та кількісні характеристики, їх визначення. Фрактографія - дослідження зломів матеріалів. Типи рельєфу поверхні руйнування.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на особливості аналізу отриманих результатів для визначення послідовності технологічних

методів в фінішній частині технологічного процесу виготовлення деталей машин, що потребують особливих властивостей поверхневого шару.

Питання для самоперевірки

1. Масштаб оптичних збільшень. Його визначення.
2. Параметри, що характеризують мікро- та макроструктуру поверхні.
3. Методи дослідження мікроструктури металів і сплавів. Їх особливості, переваги та недоліки.
4. Яким чином готують шліфи під різні дослідження: дослідження текстури зерен, морфології поверхні, розподілу фаз, мікроструктури по глибині підповерхневого шару, морфологію фаз.
5. Додаткові етапи підготовки зразків, такі як травлення, декорування тощо. Їх мета.
6. «Поле зору» при порівняльному дослідженні вмісту фази в матриці сплаву. За яким принципом обирають кількість полів зору.
7. Етапи визначення відсотка площини, яку займає досліджувана фаза на ділянці шліфа, що вивчається.
8. Фрактограми. Осередок руйнування, зони руйнування. Долон.
9. Можливі причини початку руйнування, зокрема втомного руйнування. Поняття «живучості» конструкції.
10. Види руйнування, їх ознаки та відмінності. Мета долону початкової нерозвиненої тріщини.
11. Яким чином визначають розмір боріздок, або площинок руйнування.
12. Як отримати масштаб фрактограми.
13. Відмінність втомного і статичного руйнування зразків на відповідних фрактограмах. Відмінність зломів ударного руйнування.

2.1.6. Трибологічні властивості поверхневого шару – 2 години.

Основи трибології. Тертя, зношування та змащування. Механізми зношування. Методи дослідження трибологічних властивостей. Випробування на тертя та зношування. Вплив шорсткості, мікротвердості та інших факторів на трибологічні характеристики. Методи підвищення зносостійкості поверхонь.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на вибір методів обробки, які забезпечують сприятливі властивості поверхні і поверхневого шару деталей машин.

Питання для самоперевірки

1. Коефіцієнта тертя. Від яких факторів він залежить.
2. Методи визначення інтенсивності зношування. Одиниці вимірювання.
3. Роль ЗОТС у процесах тертя і зношування.
4. Методи дослідження продуктів зношування та їх інформативність.
5. Способи підвищення зносостійкості деталей машин.
6. Які параметри поверхні і поверхневого шару можна змінювати за допомогою фінішних оздоблювально-зміцнювальних методів.

Кожна тема включає теоретичну частину та відповідні лабораторні роботи для практичного засвоєння методів дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій

2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість

2.2.1 Дослідження параметрів шорсткості поверхні плоских лабораторних зразків – 2 години.

2.2.2 Визначення параметрів наклепу шляхом вимірювання мікротвердості «косого» шліфа – 2 години.

2.2.3 Дослідження напруженого стану поверхневого шару – 2 годин.

2.2.4 Визначення параметрів витривалості плоских лабораторних зразків з конструктивним концентратором напружень – 2 годин.

2.2.5 Дослідження мікроструктури поверхонь зразків та зломів матеріалів деталей після експлуатації та зразків після досліджень на втомленість – 2 години.

2.2.6 Дослідження трибологічних параметрів поверхневого шару – 2 години.

При підготовці до виконання лабораторних занять слід корис-

туватися методичними вказівками (в переліку літератури), а також звернутися до відповідних розділів робочої програми та конспекту лекцій.

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^{mexn} .
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, декорвання 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.
50. Основні види зношування металевих матеріалів та їх характерні ознаки.
51. Коефіцієнта тертя. Від яких факторів він залежить.
52. Методи визначення інтенсивності зношування. Одиниці вимірювання.
53. Роль ЗОТС у процесах тертя і зношування.
54. Методи дослідження продуктів зношування та їх інформативність.
55. Способи підвищення зносостійкості деталей машин.
56. Щільність дислокацій.
57. Хімічний склад. Штучний «ніс», штучний «язик».
58. Якість виробу. Критерії або показники якості.
59. Експлуатаційні властивості виробів.
60. Технологічність конструкції деталі. Критерії.
61. Неруйнівний контроль. Мета. Види.
62. Статистична обробка отриманих результатів.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог 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 (тестування) 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 I семестрі планується проведення підсумкового іспиту.

Для закріплення поточних знань протягом семестру, до проведення підсумкового контролю, проводяться контрольні заходи (тестування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані, та звіти лабораторних занять), 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	Якість поверхні. Основні показники якості. Підготовка проведення досліджень параметрів якості поверхні та фізико-механічних властивостей поверхневого шару	4	2	14	№ 1	20	0,67
2	Фізико-механічний стан матеріалу поверхневого шару. Наклеп. Хімічний склад	4	2	14	№ 2	20	0,67
3	Методика збору та аналізу результатів досліджень. Залишкові напруження	4	2	9	№ 3	15	0,5
	Всього	12	6	37		55	1,84
Термін проведення модульного контролю – 8-й тиждень							
Блоки, що виносяться на другий модульний контроль							
4	Реєстрація, обробка та аналіз результатів досліджень. Основні характеристики опору втоменості при періодичному навантаженні	6	2	12	№ 4	20	0,67
5	Фазовий склад. Дослідження зломів матеріалів	4	2	9	№ 5	15	0,5
6	Трибологічні властивості	2	2	11	№ 6	15	0,5

	вості поверхневого шару						
	Всього	12	6	32		50	1,67
Термін проведення підсумкового контролю – 17-й тиждень							
	Загальна кількість	24	12	69		105	2,5

4 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій». Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

4.1 Базова література

1. Гаврилюк В. Г., Кукляк М. Л. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Навчальний посібник для студентів механічних та машинобудівних спеціальностей. К : УМКВО, 1990. - 210 с.
2. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин. Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. - 448 с.
3. Опір матеріалів. Підручник /Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка - К.: Вища школа, 1993.
4. Pohanish, Richard P., and Christopher J. McCauley, eds. Machinery's Handbook Pocket Companion. Industrial Press Inc., 2000. - 352 p.
5. Musa, Hamldon. "Manufacturing engineering and technology." Pearson, 2009. - 1197 p.
6. Advances on mechanics, design engineering and manufacturing proceedings. Lecture notes in mechanical eEngineering. Springer International Publishing, 2016. - 1208 p.
7. Shajer, Gary S. Practical residual stress measurement methods. Wiley, 2013.
8. Colás, Rafael, and George E. Totten, eds. Encyclopedia of iron, steel, and their alloys (Online version). CRC Press, 2016.
9. Dr. Mark Krieg. Chemical, thermal or mechanical processes. International Surface Technology. 2008. №1. P. 52-54.
10. ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.

11. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.

12. ДСТУ ISO 4287:2012 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури.

13. ДСТУ ISO 6507-1:2007 Матеріали металеві. Визначення твердості за Віккерсом. Метод випробування.

14. ДСТУ 2494-94 Метали. Оброблення зміцнювальне. Терміни та визначення.

15. ДСТУ 2824-94 Розрахунки та випробування на міцність. Види і методи механічних випробувань. Терміни та визначення.

16. ДСТУ 2825-94 Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять.

17. ДСТУ 2823-94 "Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення".

18. ДСТУ 7787:2015 "Забезпечення зносостійкості виробів. Метод випробування матеріалів на зношування під час фретингу та фретинг-корозії".

19. ДСТУ 2860-94 "Надійність техніки. Терміни та визначення".

20. ДСТУ 2962-94 "Організація промислового виробництва".

21. ISO 4287:1997/Cor 1:1998, IDT + ISO 4287:1997/Cor 2:2005, IDT).

22. ISO 468:1982 Surface roughness - Parameters, their values and general rules for specifying requirements.

4.2 Рекомендовані інформаційні джерела

1. Шорсткість поверхонь. Техніка [Електронний ресурс] / https://stud.com.ua/72514/tehnika/shorstkist_poverhon#goog_rewarded – Назва з екрану.

2. Загальні відомості про напруження і деформації. Ukraineana [Електронний ресурс] / <https://www.scribub.com/limba/ucraineana/52748.php> – Назва з екрану.

3. Розрахунок на опір втомі. [Електронний ресурс] / <http://bcoreanda.com/ShowObject.aspx?ID=109> – Назва з екрану.

4.3 Навчально-методична література

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей констру-

кцій» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань G «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл.: Гончар Н.В., Кондратюк Е.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 35 с.

2. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Е.В. Кондратюк, Н.В. Гончар, – НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 59 с.