

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи
з дисципліни «Технологічні методи підвищення терміну роботи
вузлів тертя» для студентів спеціальності G9 Прикладна механіка усіх
форм навчання

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Технологічні методи підвищення терміну роботи вузлів тертя» для студентів спеціальності G9 Прикладна механіка усіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Савонов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. - 15 с.

Укладачі: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ІТЗтаМК

Протокол № 4 від 25.10.2025

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 3 від 13.11.2025

ЗМІСТ

1 Загальні вказівки.....	4
2 Робоча програма і методичні вказівки щодо вивчення тем дисципліни	8
3 Перелік лабораторних робіт	11
4 Контрольні завдання	12
Перелік джерел посилання	15
Основна	15
Додаткова.....	15

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Мета викладання дисципліни - формування у студентів базових теоретичних знань та практичних навичок по технологічним методам підвищення терміну роботи вузлів тертя, використанню технологічних методів підвищення терміну роботи деталей машин поруч з методами зварювання та наплавлення деталей, використанню технологій з повною відсутністю електродних та інших матеріалів за рахунок перерозподілу основного матеріалу деталі.

Завдання викладання дисципліни: опанування теоретичних основ і механізму зношування, опанування теоретичних знань і практичних навичок загального технологічного процесу підвищення терміну роботи вузлів тертя шляхом нанесення захисних та зносостійких покриттів. Отримання студентами знань про збільшення терміну роботи деталей машин за допомогою зміцнення структури поверхні тертя, нанесення зносостійких спеціальних покриттів, при механічній обробці, а також про можливості заміни металевих деталей на неметалеві у вузлах машин і механізмів у технологічних, стійкісних та кошторисних аспектах цього питання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

Інтегральну компетентність:

– здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

– знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

– здатність працювати в команді;

– здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

– здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

– здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності:

- здатність використовувати сучасні засоби проектування технологій та устаткування для застосування в процесах зміцнення поверхні вузлів третя;

- здатність використовувати сучасні уявлення про методологію оцінювання характеру і механізму зношення робочих поверхень вузлів третя;

- здатність розробляти сучасні технологічні процеси підвищення терміну служби вузлів третя;

- здатність використовувати сучасні уявлення про методологію модернізації технологій та технологічного оснащення методів нанесення покриттів та зміцнення поверхні третя вузлів деталей машин;

- здатність розробляти інноваційні технологічні процеси зміцнення та нанесення покриттів на поверхні третя вузлів деталей машин;

- здатність створювати інноваційні рішення технічних проблем в галузі технологічних методів підвищення строку служби вузлів третя;

- здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;

- здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації;

- здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

Очікувані програмні результати навчання:

- створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, стандартних методик розрахунку деталей машин;

- знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми;

- здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів;

- вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною мовою, включаючи знання спеціальної термінології та навички міжособистісного спілкування;

- знати послідовність технологічних операцій відновлення геометричних розмірів та зміцнення поверхні деталей машин;

- мати уявлення про хімічні та електрохімічні процеси при відновленні деталей;

- вільно орієнтуватись в питанні вибору технології термічної та хіміко-термічної обробки поверхні деталі;

- використовувати економічно обґрунтовані способи зміцнення поверхні деталей: поверхнево-пластичну обробку, обробку поверхні тиском та пластичним деформуванням.

Очікувані результати навчання з дисципліни. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні принципи експлуатації зношування та обслуговування вузлів тертя деталей машин;

- номенклатуру і технічні характеристики існуючого технологічного обладнання для підвищення зносостійкості деталей машин та обладнання;

- особливості роботи окремих елементів і цілісних конструкцій оснащення і технологічного обладнання;

- існуючі методики нанесення зміцнювальних та захисних покриттів на технологічне обладнання та поверхні тертя деталей машин.

вміти:

- вибирати технологічні і установчі бази;

- складати схеми зношених поверхонь;

- розраховувати необхідні параметри режимів процесів нанесення покриттів;

- формулювати основні вимоги до поверхонь тертя;

- визначати шляхи забезпечення необхідних робочих параметрів деталей;
- складати технічне завдання на проектування спеціальних пристроїв для відновлення обладнання;
- конструювати та компонувати оснащення для організації процесу нанесення захисних і зміцнюваних покриттів;
- виконувати відповідні розрахунки при організації процесу відновлювання деталей машин;
- вибирати оптимальний технологічний метод підвищення строку служби вузлів тертя.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Предмет і задачі курсу. Теоретичні основи відновлення та зміцнення вузлів тертя. Основні шляхи збільшення зносостійкості та корозійної стійкості робочих поверхонь деталей машин.

1.1 Вплив захисних покриттів на збільшення надійності та довговічності вузлів тертя.

1.2 Класифікація методів та видів відновлення та зміцнення деталей машин [1-6].

Тема 2. Загальний технологічний процес відновлення деталей машин, які швидко зношуються.

2.1 Виробничий та технологічний процеси відновлення вузлів тертя.

2.2 Очищення поверхні деталей машин.

2.3 Дефектоскопія деталей машин.

2.4 Контроль якості відновлення деталей машин [1-3].

Тема 3. Технологічні методи, що використовуються для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

3.1 Зварювання.

3.2 Наплавлення.

3.3 Наварювання.

3.4 Припікання.

3.5 Заливанням рідким металом.

3.6 Пайка.

3.7 Газотермічне напилення.

3.8 Поверхнево-пластичне деформування.

3.9 Обробка поверхні вузлів тертям тиском.

3.10 Слюсарна обробка деформуванням поверхні деталей.

3.11 Зміцнення поверхні вузлів тертя обробкою різанням.

3.12 Лазерна та світло-променева обробка поверхні деталей.

3.13 Електрохімічна та електрофізична обробка [1-4].

Змістовий модуль 2.

Тема 1. Хімічні методи зміцнення, збільшення терміну роботи та відновлення деталей машин.

1.1 Характеристика покриттів та вимоги до їх якості.

1.2 Класифікація покриттів, що використовуються при ремонті деталей машин.

1.3 Вимоги до захисних, захисно-декоративних та спеціальних покриттів.

1.4 Особливості підготовки поверхні деталей до нанесення покриттів.

1.5 Хімічне нікелювання деталей вузлів тертя.

1.6 Хімічне міднення.

1.7 Хімічне нанесення олова.

1.8 Нанесення композиційних хімічних покриттів, як метод збільшення зносостійкості та терміну роботи деталей вузлів тертя.

1.9 Хімічне нанесення стопів.

Тема 2. Електрохімічні методи зміцнення та відновлення деталей вузлів тертя.

2.1 Підготовка поверхні до нанесення покриттів.

2.2 Зміцнення та відновлення деталей вузлів тертя хромом.

2.3 Зміцнення та відновлення деталей нанесенням електролітичного заліза.

2.4 Особливості підготовки деталей до покриття. Типи електролітів.

2.5 Технологічний процес нанесення заліза. Прогресивні методи: місцеве нанесення заліза, використання реверсивного струму.

2.6 Зміцнення та відновлення деталей нікелем та його сплавами.

2.7 Використання цинкових покриттів.

2.8 Використання кадмієвих покриттів.

2.9 Використання мідних покриттів та сплавів міді.

2.10 Зміцнення та відновлення деталей композиційними електролітичними покриттями для збільшення зносостійкості.

2.11 Безванні методи нанесення покриттів.

2.12 Автоматизація процесів нанесення покриттів [1-5].

Тема 3. Збільшення терміну роботи деталей вузлів тертя методами термічної, криогенної та хіміко-термічної обробки.

3.1 Використання ТО для зменшення залишкових напружень. Використання лазерів для проведення ТО деталей машин. Світло-променева обробка. Обладнання. Плазмове загартування поверхні [7].

3.2 Криогенна обробка деталей.

3.3 Хіміко-термічна обробка.

- Загальна характеристика процесів ХТО деталей;
- Цементация. Основні види цементації. Технологічний процес. Термічна обробка після цементації;
- Азотування. Особливості насичення поверхні деталей з низьколегованих, мартенсито-старіючих, корозійностійких та жароміцних сталей, чавуна;
- Нітроцементация. Види. Сталі для нітроцементації;
- Борування;
- Силіціювання;
- Дифузійне насичення поверхні деталей металами. Термодифузійне хромування, силіціювання, борування.

Тема 4. Зміцнення та відновлення деталей вузлів тертя композиційними матеріалами.

4.1 Переваги використання композиційних матеріалів.

4.2 Класифікація композиційних покриттів і методів їх одержання.

4.3 Порошкові матеріали:

- порошки на основі нікелю, заліза;
- порошки з металевих сплавів;
- порошки з чистих металів;
- порошки з карбідів та оксидів металів;
- композиційні порошки.

4.4 Способи нанесення кераміко-металевих покриттів для зміцнення та збільшення терміну роботи: Електродугове наплавлення. Плазмове наплавлення. Електрошлакове наплавлення. Наварювання. Контактне наварювання. Припікання. Газотермічне напилення. Електролітичне та хімічне осадження композиційних покриттів [1-8].

3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

При вивченні дисципліни студенти повинні надбати практичні навички. Це відбувається при проведенні лабораторних робіт (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік лабораторних робіт

№	Найменування роботи	К-сть годин	Графік виконання, тиждень
1.	Вивчення методики відновлення деталей методом електролітичного нанесення заліза	4	1
2.	Вивчення методики відновлення деталей методом електромеханічного висадження та згладжування	4	5
3.	Залежність зносу спряжених деталей від їх твердості	4	9
4.	Вплив гумових ущільнень та чохлів на знос спряжених з ними деталей	4	13

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Виконання контрольного завдання має на меті забезпечити ритмічність самостійної роботи студентів заочної форми навчання.

На всі питання слід давати чіткі, вичерпні відповіді згідно з програмою курсу; при необхідності ілюструвати відповіді рисунками, схемами, діаграмами і т.п. Перед кожним питанням повинен стояти його номер, а сам текст питання повністю переписаний.

В процесі вивчення даного предмету можна користуватися не тільки рекомендованою літературою, аналізувати інформацію, подану в Інтернеті, сучасних періодичних технічних виданнях тощо.

Контрольне завдання підписує студент.

Заміна питань або варіантів контрольного завдання без дозволу викладача неприпустима.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Автоматизація процесів нанесення покриттів.
2. Азотування. Особливості насичення поверхні деталей з низьколегованих, мартенсито-старіючих, корозійностійких та жароміцних сталей, чавуна.
3. Безванні методи нанесення покриттів.
4. Борування.
5. Використання кадмієвих покриттів.
6. Використання лазерів для проведення ТО деталей машин.
7. Використання мідних покриттів та сплавів міді.
8. Використання ТО для зменшення залишкових напружень.
9. Використання цинкових покриттів.
10. Вимоги до захисних, захисно-декоративних та спеціальних покриттів.
11. Виробничий та технологічний процеси відновлення вузлів тертя.
12. Вплив захисних покриттів на збільшення надійності та довговічності вузлів тертя.
13. Газотермічне напилення.
14. Дефектоскопія деталей машин.
15. Дифузійне насичення поверхні деталей металами.
16. Електролітичне та хімічне осадження композиційних покриттів.

17. Електрохімічна та електрофізична обробка для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

18. Електрохімічні методи зміцнення та відновлення деталей вузлів тертя.

19. Загальна характеристика процесів ХТО деталей.

20. Заливанням рідким металом для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

21. Збільшення терміну роботи деталей вузлів тертя методами термічної, криогенної та хіміко-термічної обробки.

22. Зварювання для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

23. Зміцнення поверхні вузлів тертя обробкою різанням.

24. Зміцнення та відновлення деталей вузлів тертя композиційними матеріалами.

25. Зміцнення та відновлення деталей вузлів тертя хромом.

26. Зміцнення та відновлення деталей композиційними електролітичними покриттями для збільшення зносостійкості.

27. Зміцнення та відновлення деталей нанесенням електролітичного заліза.

28. Зміцнення та відновлення деталей нікелем та його сплавами.

29. Класифікація методів та видів відновлення та зміцнення деталей машин.

30. Класифікація покриттів, що використовуються при ремонті деталей машин.

31. Контактне наварювання для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

32. Контроль якості відновлення деталей машин.

33. Криогенна обробка деталей.

34. Лазерна та світло-променева обробка поверхні деталей для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

35. Нанесення композиційних хімічних покриттів, як метод збільшення зносостійкості та терміну роботи деталей вузлів тертя.

36. Наплавлення для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

37. Нітроцементация. Види. Сталі для нітроцементации.

38. Обробка поверхні вузлів тертя тиском для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.

39. Основні шляхи збільшення зносостійкості та корозійної стійкості робочих поверхонь деталей машин.
40. Очищення поверхні деталей машин.
41. Пайка для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.
42. Підготовка поверхні до нанесення покриттів.
43. Плазмове загартування поверхні.
44. Поверхнево-пластичне деформування для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.
45. Порошкові матеріали:
 - композиційні порошки;
 - порошки з карбідів та оксидів металів;
 - порошки з металевих сплавів;
 - порошки з чистих металів;
 - порошки на основі нікелю, заліза.
46. Припікання для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.
47. Світло-променева обробка. Обладнання.
48. Силіціювання.
49. Слюсарна обробка деформуванням поверхні деталей для відновлення та зміцнення поверхні вузлів тертя.
50. Теоретичні основи відновлення та зміцнення вузлів тертя.
51. Технологічний процес нанесення заліза. Прогресивні методи: місцеве нанесення заліза, використання реверсивного струму.
52. Типи електролітів.
53. Хімічне міднення.
54. Хімічне нанесення олова.
55. Хімічне нанесення стопів.
56. Хімічне нікелювання деталей вузлів тертя.
57. Хімічні методи зміцнення, збільшення терміну роботи та відновлення деталей машин.
58. Цементация. Основні види цементациі. Технологічний процес. Термічна обробка після цементациі.

Перелік джерел посилання

Основна

1. Кіндрачук М. В., Лабунець В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. Трибологія : підручник. Київ : НАУ-друк, 2009. 392 с.
2. Дмитриченко М. Ф., Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О. Триботехніка та основи надійності машин : навчальний посібник. Київ : Інформавтодор, 2006. 216 с.
3. Лузан С. О. Технології зміцнення та відновлення деталей машин : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХП», 2025. 306 с.
4. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н. Металознавство : підручник. Київ : Політехніка, 2010. 384 с.
5. Якименко Г. Я., Артеменко В. М. Гальванічні покриття. Аспекти вибору, функціональні властивості і технологія одержання : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХП», 2009. 148 с.

Додаткова

6. Закалов О. В., Закалов І. О. Основи тертя і зношування в машинах : навчальний посібник. Тернопіль : Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 234 с.
7. Мохорт А. В., Чумак М. Г. Термічна обробка металів : навчальний посібник. Київ : Либідь, 2002. 512 с.
8. Савуляк В. І., Шиліна О. П., Шенфельд В. Й. Матеріалознавство. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2019. 123 с.