

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»
«Інженерія поверхні»**

**300 год / 10 кредитів ЕКТС
(60 год. лекцій, 60 год. лабораторних занять)**

Навчальний контент

6-й семестр

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Молекулярна та механічна взаємодія поверхонь твердих тіл.

Тема 1 Вступ. Розподіл начального часу. Мета і завдання дисципліни. Огляд робочої навчальної програми дисципліни. Якість поверхні деталей.

Тема 2 Фізико-хімічні властивості поверхонь деталей.

Тема 3 Механізм зношування деталей та робочих органів машин та механізмів.

Тема 4 Види спрацьовання робочих поверхонь і робочих органів машин. Водневе спрацьовання. Абразивне спрацьовання. Окислювальне спрацьовання, спрацьовання унаслідок деформації, диспергування і викришування. Корозія, кавітаційне і ерозійне спрацьовання. Спрацьовання при фретінг-корозії.

Змістовий модуль 2. Загальні питання нанесення покриттів та технологія газополуменевого, електродугово, плазмового і детонаційного напилення покриттів.

Тема 5. Призначення покриттів і їх значення для сучасної техніки. Поняття, визначення та класифікація. Газотермічні покриття. Вакуумно-конденсаційні покриття. Газофазні покриття. Композиційні електролітичні покриття.

Тема 6. Схема процесу та основні параметри напилення. Вплив параметрів газотермічного напилення на ефективність процесу.

Тема 7. Загальна характеристика видів матеріалів для напилення. Основні вимоги до порошків для напилення та їх підготовка. Дроти та прутки для напилення. Характеристика порошків для напилення покриттів.

Тема 8. Підготовка поверхні під напилення. Значення підготовки поверхні і вимоги до неї. Фізико-механічні і хімічні методи підготовки поверхні.

Тема 9. Технологічна схема напилення. Вибір технологічних параметрів газополуменевого напилення та їх вплив на ефективність процесу. Перспектива розвитку процесу.

Тема 10. Способи і технологічні особливості електродугового напилення. Технологічна схема напилення. Вибір режиму напилення. Застосування електродугового напилювання. Переваги і недоліки. Перспективи розвитку.

Тема 11. Способи і технологічні особливості плазмового напилення. Вплив технологічних параметрів плазмового напилення на структуру властивості покриттів. Галузі застосування і перспективи розвитку плазмового напилення. Переваги і недоліки методу.

Тема 12. Технологічні особливості способів детонаційного напилення. Параметри детонаційно-газового напилення та їх вплив на ефективність процесу. Галузі застосування, переваги, недоліки і перспективи розвитку детонаційного напилювання покриттів. Газодинамічне напилення покриттів.

7-й семестр

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Вакуумне осадження. Хімічне осадження. Дифузійне утворення покриттів. Гальванічні процеси.

Тема 13. Методи вакуумного конденсаційного напилення і їх класифікація. Фізико-хімічні основи процесу випаровування.

Тема 14. Створення атомарних, молекулярних та іонних потоків розпиленням твердого матеріалу без його переходу в рідкій стан. Реактивне випаровування і розпилення.

Тема 15. Закономірності газофазного осадження. Структура і властивості газофазних покриттів.

Тема 16. Закономірності дифузійного утворення покриттів. Структура та властивості дифузійних покриттів.

Тема 17. Механізм осадження і закономірності формування гальванічних покриттів. Структура і властивості гальванічних покриттів.

Змістовий модуль 4. Загальна схема технологічного процесу наплавлення. Основні способи наплавлення спрацьованих деталей та виготовлення нових біметалічних виробів.

Тема 18. Загальна схема технологічного процесу наплавлення. Технологія ручного дугового наплавлення покритими електродами та її особливості.

Тема 19. Різновидності способів наплавлення під флюсом, їхня сутність та особливості.

Тема 20. Розрахунок оптимальних режимів наплавлення у середовищі захисних газів.

Тема 21. Технологія та режими плазмового наплавлення при ремонті пошкоджених ділянок виробів.

Тема 22. Способи наплавлення з використанням контактного зварювання. Технологія та використання індукційного способу при наплавленні деталей.

Тема 23. Використання горючих газів при газополум'яному наплавленні. Технологія наплавлення, особливості та галузь застосування.

Змістовий модуль 5. Комбіновані та гібридні методи інженерії поверхні.

Тема 24. Комбіноване лазерно-плазмове нанесення покриттів. PORTAL-процес. Високошвидкісне газополуменеве напилення + Лазер (HVOF / Laser). Холодне газодинамічне напилення + Лазер (Cold Spray – Laser). Високошвидкісне газополуменеве напилення + плазмове напилення (HVOF / APS).

Тема 25. Високошвидкісне газополуменеве + Електродугове напилення (HVOF/Arc spraying). Плазмове напилення + Фізичне осадження із парової фази (Plasma/PVD). ВЧ-плазмове напилення + Фізичне осадження із парової фази (RF Plasma/PVD). Плазмове напилення + CVD (Plasma/CVD).

Тема 26. Гібридні плазмово-газополуменеві технології нанесення. Фізичні принципи побудови плазмово-газополуменевих пристроїв. Плазмотрони на активних газах системи N-O-C-H.

Тема 27. Гібридні плазмово-детонаційні технології створення функціональних поверхонь. Принципова схема процесу та її конструкторська реалізація. Основні параметри імпульсної плазми. Особливості плазмово-детонаційної обробки матеріалів.

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»
«Інженерія поверхні»**

**300 год / 10 кредитів ЕКТС
(60 год. лекцій, 60 год. лабораторних занять)**

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
6-й семестр		
1	Визначення параметрів шорсткості поверхні.	4
2	Визначення молекулярної складової коефіцієнту зовнішнього тертя.	4
3	Порівняльне оцінювання зносостійкості матеріалів при абразивному зношуванні з використанням методу випробування на твердість за Віккерсом та за Роквелом.	4
4	Визначення видів спрацьовування.	6
5	Підготовка поверхні для напилювання покриттів та дослідження впливу методу підготовки на шорсткість поверхні і міцність зчеплення.	4
6	Будова і робота установки для електродугового нанесення покриттів та дослідження впливу технологічних параметрів напилення на їх властивості.	4
7	Будова і робота установки для плазмового нанесення покриттів та дослідження впливу технологічних параметрів напилення на їх властивості.	4
Разом за 6 семестр:		30
7-й семестр		
8	Будова і робота установки для вакуумного конденсаційного напилення (осадження) покриттів та дослідження впливу технологічних параметрів нанесення на їх властивості.	4
9	Дослідження залежності якості наплавленого матеріалу від його хімічного складу.	6
10	Вплив параметрів наплавлення на особливості формування валиків.	6
11	Визначення характеристик плавлення електродного матеріалу і продуктивності наплавлення.	6
12	Вивчення впливу нахилу виробу та електроду на форму поперечного перерізу валика.	4
13	Визначення температури дисперсного матеріалу в умовах плазмового напилення покриття	4
Разом за 7 семестр:		30
Разом з дисципліни:		60

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»
«Інженерія поверхні»**

**300 год / 10 кредитів ЕКТС
(60 год. лекцій, 60 год. лабораторних занять)**

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
6-й семестр		
1	Оксидна плівка на поверхні; її властивості..	4
2	Контактна міцність.	3
3	Механізм руйнування шляхом викрошування знов утворюваних структур	4
4	Механізм фреттінг-корозії в початковій фазі.	4
5	Виборче перенесення при контактуванні.	5
6	Схоплювання і заїдання поверхонь.	5
7	Підвищення надійності деталей машин зміцнюючою поверхневою обробкою.	5
8	Призначення покриттів і їх значення для сучасної техніки. Поняття, визначення та класифікація.	5
9	Вплив параметрів газотермічного напилення на ефективність процесу.	5
10	Матеріали для газотермічного напилення.	5
11	Фізико-механічні і хімічні методи підготовки поверхні.	5
12	Газополуменеві установки та пальники для напилювання. Особливості експлуатації обладнання і вимоги з техніки безпеки.	5
13	Вибір технологічних параметрів газополуменевого напилення та їх вплив на ефективність процесу.	5
14	Апаратура і обладнання для електродугового напилення покриттів.	5
15	Технологічна схема напилення. Вибір режиму напилення. Застосування електродугового напилювання.	5
16	Обладнання для плазмового напилення покриттів. Матеріали для плазмового напилення.	5
17	Технологічна схема плазмового напилення покриттів. Вибір оптимального режиму плазмового напилення.	5
18	Вплив технологічних параметрів плазмового напилення на структуру властивості покриттів. Галузі застосування і перспективи розвитку плазмового напилення.	5
19	Установки для детонаційного напилення. Технологічні	5

	особливості детонаційного напилення. Газодинамічне напилення покриттів.	
Разом за 6 семестр:		90
7-й семестр		
20	Вакуумне конденсаційне напилення термічним випаровуванням. Обладнання та матеріали.	4
21	Особливості та сутність вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів іонним розпиленням. Іонно-плазмове напилення покриттів термічною сублимацією матеріалу.	4
22	Хімічне осадження з газової (парової) фази. Послідовність елементарних процесів. Обладнання та матеріали.	4
23	Композиційні електролітичні покриття.	3
24	Зміцнююча обробка напилених покриттів. Зняття залишкових напружень. Механічна обробка напилених покриттів.	4
25	Властивості покриттів, як показники якості. Системні властивості напилених покриттів. Вимоги техніки безпеки при напилюванні покриттів.	4
26	Галузь застосування наплавлення металів при будівництві суден	3
27	Галузь застосування наплавлення при ремонті суден	3
28	Класифікація видів спрацювань та пошкоджень при експлуатації	3
29	Способи очищення деталей перед дефектуванням	4
30	Способи дефектування поверхонь деталей перед наплавленням	4
31	Класифікація методів наплавлення	3
32	Засоби підвищення працездатності поверхонь, спрацьованих корозією або ерозією.	3
33	Контроль якості наплавлених деталей	4
34	Вибір матеріалів в залежності від ведучого процесу спрацювання	4
35	Наплавлення деталей ручним електродуговим способом.	4
36	Технологія наплавлення спрацьованих деталей механізованим способом у середовищі захисних газів	4
37	Технологія наплавлення автоматичним способом під шаром флюсу	4
38	Технологія та режими наплавлення неплавким вольфрамовим електродом	3
39	Технологія електрошлакового наплавлення при виготовленні нових виробів	4

40	Технологія плазмового наплавлення (обладнання та режими	3
41	Індукційне та електроконтактне наплавлення при виготовленні виробів	4
42	Газове наплавлення спрацьованих деталей	3
43	Процеси, які відбуваються в рідкому металі	4
45	Загальна схема формування хімічного складу металу наплавленого шару	3
Разом за 7 семестр:		90
Разом з дисципліни:		180

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 13–Механічна інженерія зі спеціальності 131–«Прикладна механіка»
«Інженерія поверхні»**

**300 год / 10 кредитів ЕКТС
(60 год. лекцій, 60 год. лабораторних занять)**

Завдання для поточного та підсумкового контролю

6-й семестр

Змістовий модуль 1

1. Якими параметрами характеризується шорсткість поверхні і як їх можна визначити?
2. На які категорії підрозділяються відхилення від правильної геометричної форми; як вони називаються?
3. Що таке поверхня деталі і чим визначається її якість?
4. Яка роль оксидної плівки на поверхні; охарактеризуйте її властивості.
5. Чому спостерігається взаємне впровадження поверхонь і до чого це приводить?
6. Яким чином протікає контакт поверхонь при статичному вантаженні?
7. Що таке номінальна, фактична (фізична) і контурна, площа торкання?
8. До яких змін приводить пластична деформація поверхні?
9. У чому полягає ефект Ребіндера?
10. Що таке адсорбція? Які речовини і чому можуть адсорбуватися твердою поверхнею?
11. Дайте поняття поверхневій енергії.
12. Яка структура поверхневого шару деталі з вуглецевої сталі?
13. Дайте характеристику можливих видів деформації, виступів поверхонь?
14. У чому полягає механізм дії твердих тіл з шарувато-гратчастою структурою, м'яких металів і тонких плівок пластмас?
15. Як впливає вібрація на зношування деталей?
16. Які зміни спостерігаються на поверхнях тертя унаслідок деформації?
17. Які зміни спостерігаються на поверхнях тертя із-за підвищення температури?
18. У чому полягає хімічна дія середовища на поверхнях тертя?
19. Назвіть елементарні види руйнування поверхні при терті.
20. Охарактеризуйте процес мікрорізання при терті.
21. Опишіть процес дряпання поверхні при терті.
22. Опишіть процес відшарування при терті.
23. Опишіть процес викрошування поверхні при терті.
24. Опишіть процес глибинного виривання поверхні при терті.
25. Яка область прояву водневого зношування?
26. Який вплив робить водень на міцність сталі?

27. Які теорії, водневого окрихчування Ви знаєте?
28. Які відмінності водневого зношування від водневого окрихчування?
29. Дайте загальну характеристику водневого зношування диспергуванням.
30. Дайте загальну характеристику водневого зношування руйнуванням
31. Як впливає вологість повітря на зношування руйнуванням?
32. Якими методами можна попередити і зменшити водневе зношування?
33. Що називають абразивним матеріалом? Що таке абразивне зношування? Чим воно здійснюється і де зустрічається?
34. Як впливає форма, орієнтування абразивних частинок і наявність оксидних плівок на абразивне зношування?
35. Опишіть механізм зношування деталей твердими зернами
36. Від чого і як залежить зношування поверхні абразивними частинками?
37. Де зустрічається, в чому полягає і від чого залежить абразивне зношування при ударі?
38. Де зустрічається, в чому полягає і від чого залежить зношування від абразивних частинок в зазорі?
39. Як впливає вологість середовища на абразивне зношування?
40. Як впливає розмір абразивних частинок на абразивний знос?
41. Де зустрічається і від чого залежить окислювальне зношування?

Змістовий модуль 2

1. Дати оцінку можливостям покриттів щодо підвищення ресурсу сучасної техніки.
2. Дати оцінку сучасному стану технології нанесення покриттів.
3. Вказати шляхи подальшого розвитку та удосконалення обладнання і технології напилення покриттів.
4. Дати оцінку стану та перспектив застосування напилених покриттів в основних галузях промисловості.
5. Проаналізувати вплив основних параметрів напилення покриттів на ефективність процесу.
Як здійснюють вибір типу, складу покриття та його товщини?
6. Дати характеристику основним типам конструкції покриттів.
7. Дати детальне обґрунтування застосування підшарків на прикладі створення теплозахисних покриттів.
8. Обґрунтуйте вибір методу і способу напилення покриття на конкретному прикладі.
9. Опишіть будову одношарового покриття, перелічіть, які, крім одношарового, існують типи структури покриттів, і поясніть, від чого залежить вибір матеріалів і типу структури покриття.
10. Порошки і дроти для напилення та підготовки поверхні для створення покриттів.
11. Дати загальну характеристику видам матеріалів для газотермічного напилення покриттів.
12. Дати характеристику вітчизняним порошкам для напилення покриттів.

13. Проаналізувати фізико-механічні і хімічні методи підготовки поверхні щодо підвищення адгезійної міцності покриттів.

14. Вказати основні вимоги до порошків для газотермічного напилювання та подати на них характеристику.

15. Вказати основні технологічні операції підготовки поверхні для напилення покриттів, їх призначення та послідовність виконання.

7-й семестр

Змістовий модуль 3

1. Дати характеристику обладнанню для вакуумного конденсаційного напилення (осадження) покриттів (ВКНП).

2. Проаналізуйте особливості вакуумного конденсаційного напилення покриттів.

3. Поясніть сутність вакуумно-конденсаційного методу нанесення покриття (PVD-процесів) і наведіть класифікацію процесів за способом нанесення матеріалу на поверхню.

4. Дайте класифікацію методів ВКНП за способами активацій процесу і наведіть приклади конкретних процесів, які використовують ці способи активації.

5. Поясніть сутність ВКНП термічним випаровуванням, наведіть класифікацію способів термічного випаровування і поясніть, чому корпускулярний потік при цьому способі переміщується від випарника до виробу.

6. На які властивості покриття впливає температурний режим конденсації при ВКНП? Яким чином він визначається і реалізується?

7. Перелічіть чотири основні технологічні параметри ВКНП термічним випаровуванням і поясніть, на які якісні характеристики покриття впливає кожен із них?

8. Які параметри при ВКНП термічним випаровуванням впливають на рівномірність товщини покриття? Яким виразом визначається товщина плівки в довільній точці на поверхні виробу?

9. Опишіть суть, переваги і недоліки височастотного індукційного нагрівання матеріалу при напиленні покриття ВКНП термічним випаровуванням.

10. Наведіть схему і опишіть процес дугового нагрівання матеріалу анодною формою дуги при ВКНП термічним випаровуванням.

11. Наведіть схему і опишіть процес ВКНП іонним розпиленням при використанні діодної схеми розпилення. Перелічіть переваги та недоліки процесу.

12. Як відбувається передача теплоти від резистора до матеріалу, що розпилюється при ВКНП термічним випаровуванням?

13. Які переваги та недоліки процесу ВКНП іонним розпиленням при використанні тріодної схеми розпилення?

14. Які недоліки і переваги процесу електронно-променевого нагрівання при ВКНП термічним випаровуванням?
15. Які недоліки та переваги іонно-плазмового процесу ВКНП?
16. Які переваги та недоліки процесу ВКНП іонним розпиленням при використанні магнетронної схеми розпилення?
17. Якими технологічними параметрами процесу іонно-плазмового ВКНП термічною сублімацією формується плазмовий потік?
18. Які три стадії формування покриття іонно-плазмовим методом ВКНП Ви знаєте?
19. Як впливають на механічні властивості сконденсованих матеріалів мікрошарові і дисперсно-зміцнені композиції, і яким чином їх можна отримати при ВКНП?
20. Яким чином можна отримати багатокомпонентні системи покриттів при ВКНП?
21. У чому полягають особливості вакуумно-конденсаційного реакційного напилення, і коли його використовують?
22. Як оцінюється інтенсивність процесу катодного розпилення, і від чого вона залежить?
23. В якій послідовності необхідно виконати роботи при ВКНП термічним випаровуванням після завантаження матеріалу, що випаровується, і деталі в камеру для отримання покриття?
24. Обґрунтуйте доцільність додаткової зміцнюючої обробки напилених покриттів та обробки для зняття напружень. Покажіть, яким чином вибирають вид та режим обробки.
25. Обґрунтуйте необхідність механічної обробки напилених покриттів. Покажіть, яким чином вибирають вид та режим обробки.
26. Дайте характеристику контролю параметрів процесу напилення покриттів і операціям остаточного контролю якості покриттів.
27. Обґрунтуйте основні вимоги безпеки при напиленні покриттів.
28. Проаналізуйте основні проблеми розвитку процесу напилення покриттів та покажіть як впливає на цей процес якість підготовки поверхні?
29. Поясніть, які існують шляхи підвищення якості покриттів при використанні газотермічних способів нанесення покриттів, наведіть приклади існуючих шляхів підвищення кінетичної та теплової енергії напилюючих частинок.

Змістовий модуль 4

1. Використання техпроцесу наплавлення металів у суднобудуванні та судноремонті.
2. Класифікація видів зношеності та пошкоджень виробів.
3. Вибір матеріалів для вузлів тертя в машинах та механізмах.
4. Вибір матеріалів для наплавлення в залежності від ведучого процесу.
5. Методи очищення місць наплавлення.

6. Загальна схема технологічного процесу.
7. Технологія ручного дугового наплавлення покритими електродами та її особливості.
8. Розрахунок оптимальних режимів наплавлення під шаром флюсу.
9. Різновидність способів наплавлення під шаром флюсу, їхня сутність та особливості.
10. Технологія наплавлення з подачею додаткового нетоковедучого дроту.
11. Технологія і особливості наплавлення плавким електродом у середовищі захисних газів.
12. Технологія та способи плазмового наплавлення.
13. Технологія наплавлення дугою з неплавким електродом.
14. Технологія та способи електрошлакового наплавлення та особливості його використання.
15. Технологія газового наплавлення та особливості його використання при відновленні деталей машин.
16. Сутність та використання газопорошкового наплавлення, його особливості.

Змістовий модуль 5

1. Дайте характеристику принциповій схемі процесу LAAPS.
2. Які відмінності у застосуванні лазерного випромінювання у процесах LAAPS та PROTAL ?
3. Які етапи підготовки поверхні реалізовані у процесі PROTAL ?
4. Які методи ГТНП можуть бути складовими процесу PROTAL ?
5. Назвіть основні схеми реалізації процесу HVOF/Лазер.
6. Які недоліки HVOF можуть бути подолані його комбінуванням із плазмовим джерелом нагрівання ?
7. Які задачі вирішувались у ході створення гібридних методів Plasma Spray-PVD ?
8. Який новий тип газового розряду може виникнути у ході взаємодії випромінювання CO₂-лазера та плазми стовпа дуги ?
9. Назвіть основні переваги розпилення дротів при електродуговому напиленні гарячими продуктами згоряння вуглеводневих газів.
10. Що з енергетичної точки зору дає об'єднання в одному процесі генерації плазми енергії електричної дуги і енергії горіння горючих газів ?
11. Які недоліки детонаційного напилення нівелюються при його застосуванні в одному пристрої разом із імпульсними генераторами плазми ?