



# ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технологічні системи інженерії з'єднань та поверхонь</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, осінній / семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 4 кредити ECTS лекції 27 год. Лабораторні 9 годин , курсова робота</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Рейтингова система оцінювання, екзамен</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Попіль Юрій Станіславович, <a href="mailto:popill_kpi@ukr.net">popill_kpi@ukr.net</a> , <a href="mailto:popilyrii@gmail.com">popilyrii@gmail.com</a> Практичні: к.т.н., доцент Попіль Юрій Станіславович, <a href="mailto:popill_kpi@ukr.net">popill_kpi@ukr.net</a> , <a href="mailto:popilyrii@gmail.com">popilyrii@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<i>Лекції з дисципліни і методичні вказівки до практичних занять висилаються кожному студенту по електронній пошті. Контрольні примірники передаються методисту кафедри для збереження в електронній бібліотеці кафедри.</i>

### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Майбутньому фахівцю варто вчити саме цю дисципліну, оскільки інноваційні технології інженерії поверхні є сукупність новітніх підходів, методів і способів, які забезпечують, на основі сучасних, новітніх засобів, матеріалів, створювати нові технології виробництва з високими характеристиками якісних показників деталей та виробів з урахуванням експлуатаційних вимог.

**Метою дисципліни** є надання студентам розширених знань щодо Використовуючи знання з побудови сучасних технологій створення виробів із спеціальними функціональними поверхнями, за допомогою джерел науково-технічної інформації визначати можливі шляхи застосування технологій інженерії поверхні інноваційного характеру для виготовлення виробів.

#### **Загальні компетентності (ЗК):**

- ЗК1. Вміння виявляти та вирішувати проблеми.
- ЗК2. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

#### **Фахові компетентності (ФК):**

ФК1. Здатність критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та складних ідей в процесі досліджень механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі новітніх знань в галузі механіки та суміжних предметних галузей.

ФК2. Здатність представлення та обговорення результатів своєї наукової роботи, зокрема англійською мовою, в усній та письмовій формі, а також повного розуміння іншомовних наукових текстів за спеціальністю.

ФК3. Здатність генерувати нові ідеї та уміння обґрунтування нових інноваційних проектів та просування їх на ринку.

ФК4. Здатність критичного осмислення проблем у навчанні, професійній і дослідницькій діяльності на рівні новітніх досягнень інженерних наук та на межі предметних галузей.

**Програмні результати навчання:**

РН2. Виконувати науковий пошук і на основі аналізу його результатів визначати шляхи вирішення поставлених задач.

РН3. Знати теорію планування експериментів та методики оцінювання достовірності їх результатів.

РН5. Читати та розуміти іншомовні тексти за спеціальністю та представляти і обговорювати свою наукову роботу іноземною мовою.

РН8. Навички використання сучасних комп'ютерних засобів та інформаційних технологій у науковій діяльності, зокрема при виконанні експериментальних досліджень.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

*Перелік попередніх навчальних курсів, які необхідні фахівцю для успішного засвоєння дисципліни:*

«Тріботехніка та основи надійності», «Поверхневі фізико-хімічні процеси», «Теоретичні основи інженерії поверхні», «Обладнання та технологія нанесення газотермічного покриття», «Технологія та обладнання для наплавлення», «Технологія зміцнення поверхонь», «Обладнання та технологія вакуумно-конденсаційного нанесення покриття».

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні

4.

1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 2</b>					
<i>Тема 1. Розвиток і стан теоретичних та практичних знань про технології відновлення та підвищення стійкості поверхонь деталей та конструкцій шляхом нанесення покриттів та модифікації поверхневих шарів. Загальні питання застосування технологій інженерії поверхні.</i>				2	20
<i>Тема 2. Визначення вимог до процесу нанесення покриття та застосованих матеріалів</i>					30
<i>Тема 3. Відпрацювання раціональних режимних</i>					20

1	2	3	4	5	6
параметрів ведення процесу створення виробу з покриттям.					
Тема 4. Основні підходи до керування якістю покриттів					30
Тема 5. Підвищення якості покриттів шляхом створення керованих автоматизованих технологічних процесів нанесення покриттів.					29
Екзамен					
<b>Всього годин</b>	150	27		4	129

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	<b>Лекція 1.</b> Система інноваційної діяльності. Інноваційна стратегія і діяльність. Роль вітчизняної школи в інноваційних проектах і міжнародному співробітництві. Ціль і завдання курсу, його роль у підготовці спеціалістів за фахом. Практичне використання знань у різних видах діяльності спеціаліста. Основні поняття та визначення технологічного процесу нанесення покриття. Узагальнена схема технологічного процесу виготовлення виробу з покриттям. Завдання на СРС: . – 1 год., конспект лекцій, с. (2...5).
2	<b>Лекція 2</b> Методологія вибору методу нанесення покриття. Аналіз конструктивних особливостей виробів та умов їх експлуатації. Вимоги до підготовки поверхні виробу. Параметри ефективності процесу нанесення покриття. Визначення умов роботи виробу з покриттям. Визначення вимог до процесу нанесення покриття або відновлення на основі анкетування поставленої задачі. Визначення механізмів спрацьовування деталі за існуючими класифікаціями залежно від умов експлуатації. – 2 год., Конспект лекцій с. (6 – 24).
3	<b>Лекція 3.</b> Методологія вибору матеріалу покриття та його тестування. Вибір матеріалів для нанесення покриття на основі розроблених експертних баз даних вітчизняного та закордонного походження. Зносостійкі покриття: стійкі в умовах адгезійного спрацьовування (схоплювання), стійкі в умовах абразивного зношування, стійкі в умовах втомного спрацьовування поверхні, стійкі в умовах ерозійного спрацьовування. Тепло- і жаростійкі високотемпературні покриття: для захисту в окиснювальних середовищах, для захисту від агресивних газових середовищ ( $T < 950 \text{ }^\circ\text{C}$ ), для захисту від розплавів, для створення теплових бар'єрів, для захисту від ерозії при ( $T > 850 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Корозієстійкі покриття: стійкі до атмосферної корозії, стійкі у воді і водних розчинах, для захисту від розплавів. Покриття із спеціальними властивостями: електропровідні, електроізоляційні, екрануючі, оптичні. Покриття для відновлення розмірів і конфігурації деталей: із чорних металів, із кольорових металів. Покриття для саморегулювання зазорів у спряжених деталях машин: покриття, які спрацьовуються; покриття, які спрацьовують. Тестування матеріалу для напилення. Вибір обладнання на основі розроблених баз даних за критеріями потрібної достатньої якості нанесеного покриття та ціни

	обладнання – 2 год., Конспект лекцій с. (25 – 29).
4	<b>Лекція 4</b> Визначення параметрів оптимізації технологічного процесу. Розробка раціонального режиму нанесення покриття (із використанням вибраного матеріалу і обладнання). Параметри оптимізації: показники якості покриття, показники ефективності процесу, характеристики енергетичного або фазового стану частинок матеріалу, що напилюється. План експерименту. Активний експеримент. Методи планування експерименту. Параметр оптимізації і фактори (змінні параметри проведення експерименту), функція відгуку. Планування екстремального експерименту. – 2 год., Конспект лекцій с. (30 – 35).
5	<b>Лекція 5.</b> Фізичні явища в ультрадисперсних середовищах. Синтез і властивості плівок фаз упровадження.Завдання на СРС: Підготовка реферату на тему.
6	<b>Лекція 6.</b> Нанопористі і нанофрагментарні композиційні матеріали. Тенденції розвитку досліджень в області наноструктур у полімерних системах.
7	<b>Лекція 7.</b> Загальна характеристика наноструктурних керамічних матеріалів. Особливості руйнування нанокристалічних матеріалів. Нановипробування та нанотехнології в матеріалознавстві.
8	<b>Лекція 8.</b> Принципи технології наноструктурних консолідованих матеріалів. Формування частинок в багатокомпонентних системах. Особливості деформації і руйнування мікро – нанокристалічних матеріалів.
9	<b>Лекція 9.</b> Розвиток технології синтезу надтвердих матеріалів. Перспективні нанофазові матеріали на основі ультрадисперсних алмазів.
10	<b>Лекція 10.</b> Композиційні порошки із нанорозмірними інградієнтами. Розвиток технології надтвердих матеріалів.
11	<b>Лекція 11.</b> Синтез нанодисперсних порошоків. Особливості впливу нанокристалічних порошоків на структуру і властивості покриттів, отриманих методом СВС.
12	<b>Лекція 12.</b> Наношарові композиційні матеріали і покриття. Полімеркомпозиційні захисні покриття із самоорганізуючою структурою.
13	<b>Лекція 13.</b> Вплив ультрадисперсних добавок на спікання і властивості порошкових сталей. Активізоване спікання сталевих порошоків добавками ультрадисперсних інгредієнтів.

### 5. Практичні заняття

Основні цілі практичних занять – ознайомлення з методиками розробки технологічних процесів створення функціональних поверхонь з елементами оптимізації режимних параметрів процесу.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань	Год.
1	Методологія вибору методу нанесення та конструкції покриття.	2
2	Методологія відпрацювання технології нанесення покриття.	2

## 7. Самостійна робота

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Плазмові багатокомпонентні покриття із аморфною і аморфно-кристалічною структурою. Надглибинне проникнення речовини високошвидкісного плазмового потоку у металеву преграду. Матеріали і технологія ГТН укомпозиційних металополімерних покриттів з підвищеною зносо- і корозієстійкістю. [5], стор. 79-130	20
2	Нанопористі і нанофрагментарні композиційні матеріали. Тенденції розвитку досліджень в області наноструктур у полімерних системах. [7], стор. 25-80	20
3	Композиційні порошки із нанорозмірними інгредієнтами. Розвиток технології надтвердих матеріалів. [6], стор. 279-310	20

## 8. Індивідуальні завдання<sup>1</sup>

Назва теми заняття та перелік основних питань
<b>Використання ЕОМ при керуванні процесом напилення.</b> Структура задач, які вирішуються застосуванням ЕОМ. Алгоритми вибору режимів напилення. Алгоритми стабілізації та керування процесом нанесення покриттів. – 1 год., [4], стор. (128 – 136).
<b>Математичне моделювання процесу газотермічного напилення.</b> Структура математичних моделей. Етапи моделювання. – 0,5 год., [4], стор. (90 – 119).
<b>Автоматизовані системи управління.</b> Етапи та задачі створення керованих автоматизованих технологічних процесів нанесення газотермічних покриттів. Автоматизовані системами управління (АСУ). Переваги застосування АСУ. Рівень АСУ. – 0,5 год., [2], стор.120-128.
<b>Розробка САПР нанесення захисних покриттів.</b> Структурні схеми САПР.Математичне забезпечення процесу. Критерії та функціонали оптимізації. Алгоритми проектування та оптимізації. – 1 год., [2], стор. 279-310.

Програма передбачає виконання домашньої контрольної роботи, яка присвячена генеративним технологіям перехідного см-мм рівня – 4 год. СРС.

## Навчальні матеріали та ресурси

### 9. Методичні рекомендації

Методичні вказівки до вивчення модуля «Інноваційні технології інженерії покриття» розміщені на сайті, , <http://weld.kpi.ua/>.

### 10.1. Базова

1. Пашенко В.М., Кузнецов В.Д. Технологія газотермічного та вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 272 с.

2. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 360 с.
3. Шмелева Н. М. Контролер работ по металлопокрытиям.–М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
4. Тушинский Л. И., Плохов А. В. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий. – Новосибирск: Наука, 1986. – 200с.
5. Балоян Б.М , Колмаков А.Г, Алымов М.И., Кротов А.М. Наноматериалы, Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: Учебное пособие / Международный университет природы, общества и человека «Дубна».- М.: 2007.- 125 с.
6. Газотермическая обработка керамических оксидов / М.И. Бодяко, Ф.Б. Вурзель, Е.В. Кремко и др. : Под ред. О.В. Романа.- Минск: Наука и техника, 1988.- 223 см.
7. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: Учебное пособие / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк и др.- Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009.- 209 с.

## 10.2. Допоміжна

- 1 Тюрин Ю.Н., Жадкевич М.Л. Плазменные упрочняющие технологии. – К.: Наукова думка, 2008. – 216 с.
- 2.Папырин А.Н., Болотина Н.П., Боль А.А. Новые материалы и технологии. Теория и практика упрочнения материалов в экстремальных процессах. – Новосибирск: ВО Наука, 1992 – 200 с
3. Рагуля А.В., Скороход В.В. Консолидированные наноструктурные материалы.- К: Наукова думка, 2007.- 374 с. ...

## Політика та контроль

### 11. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

*Політика навчальної дисципліни Концентровані джерела енергії в технологіях інженерії поверхні є складовою частиною загальної політики в галузі матеріалознавства КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.*

- ✓ *Відвідування лекцій і практичних занять є обов'язковим. Необхідність пропуску занять з поважних причин заздалегідь узгоджується з викладачем з вирішенням питання щодо форм відпрацювання пропущеного матеріалу. У разі пропуску занять через хворобу викладачеві надається медична довідка.*
- ✓ *На лекціях і практичних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На екзаменах забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.*
- ✓ *На лекціях і практичних заняттях студенти проявляють активність. На лекціях виникаючі питання задаються у відведений викладачем час. На практичних заняттях питання вирішуються по мірі виникнення в діалоговій формі. За активність студентів на заняттях викладач призначає заохочувальні бали.*



- ✓ *Практичні заняття виконуються командами студентів (підгрупами). Склад команди визначають студенти за погодженням з викладачем. Закінчені результати виконання кожного практичного заняття демонструються викладачеві на наступному занятті. Захист виконання повного комплексу практичних занять здійснюється командою студентів на останньому занятті і є обов'язковою умовою допуску на екзамен.*
- ✓ *Практичні заняття повинні бути виконані і захищені до початку екзаменаційної сесії. Перездачі іспиту допускаються не більше двох разів під час додаткової сесії. Для повторної передачі викладачем призначається комісія.*
- ✓ *Академічна доброчесність є базовим принципом освітнього процесу і підлягає беззаперечному виконанню викладачем і студентами.*
- ✓ *Викладач є лідером і гарантом підготовки методичних матеріалів, навчання, контролю і поліпшення дисципліни на сучасному рівні з урахуванням вимог міжнародних стандартів з використанням кращої практики підприємств та університетів світу.*

## **12. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

*Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування по темі попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку практичного заняття.*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестровий контроль: екзамен.*

*Умови допуску до семестрового контролю: захист виконання повного комплексу практичних занять.*

## **10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

#### **1) Робота на лекціях**

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх лекціях становить: 2 бали × 14 = 28 балів. Присутність на одній з академічних годин лекції оцінюється 0,5 бали.

#### **2) Практичні заняття**

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях складає: 2 бали × 4 = 8 балів.

2 балами оцінюються повні відповіді на поставлені запитання під час проходження практичного заняття.

1 балом оцінюються неповні відповіді та відповіді не на всі запитання, поставлені під час проходження практичного заняття.

0 балами оцінюється відсутність відповідей на поставлені запитання під час практичної роботи.

#### **3) Модульна контрольна робота**

Ваговий бал – 14 балів.

Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані за модульну контрольну роботу складає 14 балів.

14 балами оцінюються повна відповідь на поставлені запитання (не менше 90 % інформації).

10 балами оцінюються достатньо повна відповідь або повна відповідь із незначними неточностями (не менше 75 % потрібної інформації);

8 балами оцінюється неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки;

0 балами оцінюється незадовільна відповідь.

**Розрахунок шкали (R) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 28 + 8 + 14 = 50 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$RD = R_C + R_E = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною і обов'язковою умовою допуску до екзамену є своєчасне зарахування всіх та стартовий рейтинг не менше  $R \geq 25$  балів.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне - 20 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 15-14 балів.
- «добре», достатньо повна відповідь або повна відповідь із незначними неточностями (не менше 75 % потрібної інформації) – 13-11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 20-18 балів.
- «добре», повне розв'язування завдання із несуттєвими неточностями – 17-15 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 14-12 балів;
- «незадовільно», завдання не виконане – 0 балів

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею:

<b>RD = R<sub>C</sub> + R<sub>S</sub> + R<sub>E</sub></b>	<b>Оцінка ECTS</b>	<b>Традиційна оцінка</b>
95...100	A	відмінно
85...94	B	дуже добре
75...84	C	добре
65...74	D	задовільно
60...64	E	достатньо
<b>RD &lt; 60</b>	F <sub>x</sub>	незадовільно
<b>R<sub>C</sub> &lt; 25 балів або не виконані інші умови допуску до екзамену</b>	F	не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено**

- доцентом, к.т.н, доц. Попіль Юрієм Станіславовичем .

**Ухвалено** кафедрою смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь

(протокол № 19 від 22.06. 2021 р.)

**Погоджено** Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона

(протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_)