

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет  
Аерокосмічний факультет  
Кафедра прикладної механіки та інженерії матеріалів



ПОГОДЖЕНО

В.о. проректора з наукової роботи

 Олександр КОРЧЕНКО

«29» 02 2024 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з навчальної роботи

 Анатолій МОЙХІН

«29» 02 2024 р.

УЗГОДЖЕНО

Декан АКФ

 Микола КУЛИК

«29» 02 2024 р.



Система менеджменту якості

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
навчальної дисципліни  
«Променеві методи обробки»

Галузь знань 13 Механічна інженерія  
Спеціальність: 131 Прикладна механіка  
Освітньо-наукова програма: Прикладна механіка

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Самостійна робота	ДЗ / РГР / К	КР / КПр	Форма сем. контролю
Очна	2	150/5	20	30	100	-	-	Діф.залік 2с
Заочна	2	150/5	6	10	134	-	-	Діф.залік 2с

Індекс: РДФ - 1 - 131 / 22 -2.1.2

Індекс: РДФ - 1 – 131з / 22 -2.1.2

СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024



Робочу програму навчальної дисципліни «Променеві методи обробки» розроблено на основі освітньої програми (далі – ОПП) «Прикладна механіка, стандартизація та оцінка якості технічних систем» та навчальних планів № НДФ - 1 - 131/22, № НДФ - 1 – 131з/22, РДФ-1-131/22, РДФ-1-131з/22 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», освітньо-наукової програми «Прикладна механіка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:  
професор кафедри прикладної механіки  
та інженерії матеріалів

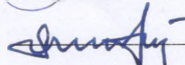
 Мирослав КИНДРАЧУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 131 «Прикладна механіка» (освітньо-наукова програма «Прикладна механіка») – кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, протокол № 2 від «29» 01 2024 р.

Завідувач кафедри

 Оксана МІКОСЯНЧИК

Гарант освітньо-наукової програми

 Мирослав КИНДРАЧУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 6 від «29» 02 2024 р.

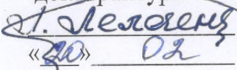
Заст. голови НМРР

 Михайло СВИРИД

УЗГОДЖЕНО

Завідувач аспірантури та

докторантури

 Анжела ЛЕЛІЧЕНКО  
«20» 02 2024 р.



## ЗМІСТ

	сторінка
<b>Вступ</b> .....	4
<b>1. Пояснювальна записка</b> .....	4
1.1 Місце мета ,завдання навчальної дисципліни.....	4
1.2. Результати навчання .....	4
1.3. Компетентності .....	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки .....	5
<b>2. Зміст навчальної дисципліни</b> .....	5
2.1. Зміст навчальної дисципліни .....	5
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги модуля.....	5
2.3. Тематичний план.....	7
2.4.1. Перелік питань для підготовки до диф.заліку ( ЗФН) .....	8
<b>3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни</b> .....	8
3.1. Методи навчання.....	8
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) .....	8
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті.....	8
<b>4. Рейтингова система оцінювання набутих аспірантом знань та вмінь</b> .....	9
<b>Аркуш поширення</b> .....	10



## ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Променеві методи обробки» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 № 249/од, та відповідних нормативних документів.

### 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

#### 1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.

**Місце** даної дисципліни в системі підготовки докторів філософії полягає у засвоєнні теоретичних основ сукупності знань, що вдосконалюють і поглиблюють інженерну підготовку в області дослідження розробки та дослідження комплексу технологій, що застосовують для підвищення експлуатаційної якості конструкцій та деталей.

**Метою навчальної дисципліни є:** формування систематичних знань, умінь і навичок для здійснення професійно-наукової діяльності за спеціальністю з урахуванням основних положень теоретичних основ фізико-хімічних процесів, механізмів, закономірностей методів утворення лазерних променів, електронних пучків і іонних потоків, їх використання для термічної, хіміко-термічної обробки, нанесення покриттів і плівок, модифікування покриттів, формування їх властивостей.

#### Завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення видів концентрованих джерел енергії та шляхи їх використання в трибології;
- вивчення основ використання лазерного, електронно-променевого випромінювання та іонних потоків для завдань інженерії поверхні;
- вивчення фізико-технологічних основ взаємодії концентрованих джерел енергії з поверхнею матеріалу та методи зміни її структурного стану;
- володіння теоретичними основами та методами отримання полімерів;
- оволодіння теоретичними основами лазерної термічної та хіміко-термічної обробки конструкційних матеріалів трибологічного призначення;
- оволодіння фізико-технологічними основами створення текстурованих поверхонь за допомогою лазерного випромінювання;
- оволодіння основними нанесення покриттів і спікання матеріалів за допомогою електронних променів;
- опанування основними методами нанесення покриттів і модифікування поверхонь за допомогою іонних променів (потоків).

#### 1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна:

- мати передові концептуальні та методологічні знання в області трибології і триботехніки, трибологічного матеріалознавства і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та / або здійснення інновацій. (ПР01)
- планувати і виконувати експериментальні та або теоретичні дослідження з трибології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми, застосовувати сучасні методи наукометрії та лідерство під час реалізації наукових проєктів (ПР05);
- глибоко розуміти загальні принципи та методи трибології, а також методологію досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері тертя та зношування в машинах та у викладацькій практиці (ПР08)



### 1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна:

- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру відповідно досучасного наукового дискурсу в сфері трибології, моделювати відповідні об'єкти досліджень, математично обробляти дані, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (СК05);
- здатність аналізувати масиви наукових даних, знаходити рішення, які дозволять розв'язати поставлені наукові чи/або прикладні завдання; розробляти теоретичні практичні рекомендації щодо вибору і реалізації режиму роботи трибосистеми (СК11);
- здатність використовувати основні теорії і практики в галузі трибології, знання основних тенденцій та наукових проблем в області підвищення зносостійкості і надійності деталей трибовузлів об'єктів машинобудування (СК12);

**1.4. Міждисциплінарні зв'язки:** дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як «Триботехнічні матеріали і методи підвищення зносостійкості», «Обладнання і методи трибологічних досліджень», та є базовою для «Наукові та інноваційні завдання і проблеми прикладної механіки» проведення науково-дослідної роботи аспірантом.

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

### 2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного модуля №1 «Променеві методи обробки» який є логічно завершеною, самостійною, цілісною частиною навчального плану, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

### 2.2 Модульне структурування та інтегровані вимоги до модуля

#### Модуль №1 «Променеві методи обробки»

#### Інтегровані вимоги до модуля №1

У результаті засвоєння навчального матеріалу навчального модуля №1 «Променеві методи обробки» здобувач повинен:

#### Знати :

- види джерел променевої енергії, принципи використання концентрованих джерел енергії для завдань прикладної механіки.;
- лазерні технології та інженерія поверхні, основні переваги лазерного випромінювання як нового виду універсального інструменту;
- фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, ефективність взаємодії лазерного випромінювання з речовиною;
- класифікація та сутність методів лазерної обробки матеріалів;
- лазерна термічна обробка;
- роботизовані методи лазерної обробки матеріалів;
- створення текстурованих поверхонь за допомогою лазера;
- іонно-променева обробка та іонна імплантація;
- електронний промінь, принципи формування та керування пучками електронів.
- електронно-променева обробка матеріалів

#### Вміти :

- самостійне використання концентрованих джерел енергії;
- самостійне визначення основних переваг лазерного випромінювання;
- самостійне визначення ефективності взаємодії лазерного випромінювання з речовиною;
- самостійне створення текстурованих поверхонь за допомогою лазера;
- самостійне формування та керування пучками електронів;
- самостійне використання лазерної системи контролю якості деталей.



## **Модуль 1. Променеві методи обробки.**

**Тема 1.1. Види джерел променевої енергії.** Лазерні технологія. Джерела лазерного випромінювання. Електронний промінь. Спрямовані потоки іонів. Принципи використання концентрованих джерел енергії для завдань прикладної механіки.

**Тема 1.2. Лазерні технології та інженерія поверхні.** Основні переваги лазерного випромінювання як нового виду універсального інструменту. Основні типи лазерних технологій, їх переваги та недоліки. Основні виробники лазерного обладнання. Безпека під час роботи лазерного обладнання.

**Тема 1.3. Фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною.** Ефективність взаємодії лазерного випромінювання з речовиною. Теплова фізика взаємодії лазерного випромінювання з матеріалом. Роль параметрів імпульсного та безперервного лазерного нагрівання. Підготовка поверхні до лазерного нагрівання. Основні типи поглинаючих покриттів. Деформація та напруження під час обробки лазером. Структурні зміни матеріалів під лазерним випромінюванням.

**Тема 1.4. Класифікація та сутність методів лазерної обробки матеріалів.** Свердління отворів. Лазерне легування, зміцнення, зміцнення комбінованими методами. Лазерне зварювання. Лазерне маркування. Динамічне балансування деталей. Лазерна обробка неметалевих матеріалів та композитів. Застосування лазерів при відновленні деталей. Використання лазерів для 3Д друку

**Тема 1.5. Лазерна термічна обробка.** Лазерне гартування сталевих виробів. Обробка лазером перед і після хіміко-термічної обробки. Прискорення дифузії атомів під дією лазерного випромінювання. Прискорена хіміко-термічна обробка з використанням лазерного випромінювання. Зміна властивостей плазмових покриттів за допомогою лазерного випромінювання.

**Тема 1.6. Роботизовані методи лазерної обробки матеріалів.** Регіональні центри та мобільна лазерна обробка матеріалів. Автоматизація та механізація процесів лазерної обробки. Принципи створення та розвитку систем лазерної обробки для розвитку нових технологій. Лазерна технологія та перспективні методи обробки матеріалів. Лазерні технології як навчальний засіб. Лазерна система контролю якості деталей.

**Тема 1.7. Створення текстурованих поверхонь за допомогою лазера.** Вплив мікро-рель'єфу на трибологічні властивості поверхонь тертя. Текстуровання за допомогою лазера. Створення впадин і виступів. Мікро і нанотекстурування. Текстуровання металевих матеріалів. Текстуровання композиційних матеріалів.

**Тема 1.8. Іонно-променева обробка та іона імплантація.** Джерела іонних потоків. Недоліки і переваги методу. Іонна літографія. Іонна імплантація. Іонне очищення і полірування. Нанесення покриттів методами іонно-променевої обробки.

**Тема 1.9. Електронний промінь.** Електронна гармата. Принципи формування та керування пучками електронів. Взаємодія пучка з поверхнею. Вплив електронно-променевого пучка на властивості і структуру матеріалу. Електронно-променево зміцнення сталей і сплавів..

**Тема 1.10. Електронно-променева обробка матеріалів.** Різання електронним променем. Променево зварювання. Нанесення покриттів електронним променем. Електронно-променево спікання порошкових сумішей. 3Д друк за допомогою електронного променя.



### 2.3. Тематичний план

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС	Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль №1 «Полімерні матеріали та композити триботехнічного призначення»</b>									
1.1	Види джерел променевої енергії	4 семестр				4 семестр			
		15	2	4	9	12	-	-	12
1.2	Лазерні технології та інженерія поверхні	13	2	2	9	14	2	-	12
1.3	Фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною	15	2	4	9	14	-	2	12
1.4	Класифікація та сутність методів лазерної обробки матеріалів	13	2	2	9	14	2	-	12
1.5	Лазерна термічна обробка	15	2	4	9	14	-	2	12
1.6	Роботизовані методи лазерної обробки матеріалів	13	2	2	9	14	2	-	12
1.7	Створення текстурованих поверхонь за допомогою лазера	15	2	4	9	12	-	-	12
1.8	Іонно-променева обробка та іона імплантація	13	2	2	9	14	2	-	12
1.9	Електронний промінь	8	2	2	4	12	-	-	12
1.10	Електронно-променева обробка матеріалів	13	2	2	9	14	2	-	12
1.12	Підсумкова семестрова контрольна робота	17	-	2	15	16	-	2	14
<b>Усього за модулем №1</b>		<b>150</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>134</b>
<b>Усього за навчальною дисципліною</b>		<b>150</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>134</b>

### 2.4. Перелік питань для підготовки до диференційного заліку.

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до диференційного заліку, розробляються провідними викладачами, затверджуються протоколом засідання кафедри та доводяться до відома здобувачів.

## 3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

### 3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:

У процесі викладання матеріалу дисципліни у процесі проведення лекційних, практичних та інших видів навчальних занять застосовуються пасивні словесні методи (пояснення, лекції) з використанням класної дошки та відеоматеріалів, активні практичні методи (вправи) та методи контролю.



При викладенні матеріалу на лекціях може використовуватися мультимедійна техніка, при розгляді і проведенні практичних занять можуть бути використані комп'ютерна техніка для виконання пошуково-аналітичних робіт і проведення розрахунків та лабораторне оснащення.

Лекційні і практичні заняття можуть проводитися в режимі дистанційного навчання.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному вирішенні задач, роботі з навчальною літературою, аналізі та вирішенні задач з трибо-технічних властивостей фрикційного контакту та прогнозування його надійності.

### **3.2. Рекомендована література**

#### **Базова література**

3.2.1. Л.І.Пупань. Лазерні технології в машинобудуванні. Посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форми навчання. Харків: НТУ ХПІ, 2020, 109с.

3.2.2. Головка Л.Ф. Виготовлення біметалів з використанням ливарного процесу і лазерної обробки /Л.Ф.Головка, В.В.Романенко, М.С. Блощинин, О.Д.Кагляк: монографія ,- Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022, -220с.

3.2.3. Т.Ф.Архіпова. Електронно-променеві технології, лабораторний практикум.- Винниця:ВНТУ, 2017,-83С.

3.2.4. Кіндрачук М.В.,Черненко В.С.,Дудка О.І. Променеві методи обробки . Навч. посібник .-К.: Кондор , 2008,-166с.

#### **Допоміжна література**

3.2.5. Афанасьєва О.В.,Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Лазерна поверхнева обробка металів : монографія .- Харків.ФОП Панов А.М.,2020.-100С.

3.2.6. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2021. - 89 с.

3.2.7. Головка Л.Ф.Вакуумні іонно-плазмові технології зміцнення деталей машин триботехнічного призначення /О.Й. Матейка, Л.Ф.Головка, А.М.Лугай, Є.К.Солових:монографія.-Кіровоград:КОД,2014.-316с.

3.2.8. Технологічне забезпечення зносостійкості деталей трибомеханічних систем дискретними поверхнями: монографія / М.В. Кіндрачук, В.Є. Марчук, О.І. Духота, О.В. Радіоненко.- К.: НАУ, 2020. – 204 с.


### **3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті**

3.3.1. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37764?locale=uk>

3.3.3. Методичні розробки кафедри (в електронному вигляді).

3.3.4. <http://www.lib.nau.edu.ua/main/>



	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Променеві методи обробки»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 9 з 10	

#### 4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ АСПРАНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ.

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної аспірантом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблиця 4.1

	Максимальна кількість балів	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Вид навчальної роботи	Модуль №1	
	2 семестр	2 семестр
Виконання завдань на практичних заняттях	46×10=40 (сумарна)	206×2 = 40 (сумарна)
Виконання завдань на знання теоретичного матеріалу	36×8=24 (сумарна)	66×4=24 (сумарна)
<i>Для допуску до виконання семестрової контрольної роботи аспірант має набрати не менше</i>	<i>41 бала</i>	-
<i>Підсумкова семестрова контрольна робота</i>	24	24
<b>Диференційований залік</b>	12	12
<b>Усього за дисципліною</b>	<b>100</b>	

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються аспіранту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 1).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих аспірантом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості семестрового контролю.

4.4. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 2) заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, індивідуального плану аспіранта, академічної довідки.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до індивідуального плану аспіранта, наприклад, так: 92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е тощо.