(Ф 03.02 – 110)

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

УЗГОДЖЕНО
Декан АКФ
_____ Микола КУЛИК
«28» 10 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
_____ Анатолій ПОЛУХІН
«28» 10 2021 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	Лабораторні	Самостійна робота	ДЗ / РГР /К	КР / КПр	Форма сем. контролю
Очна	4	150 / 5	20	30	-	100	-	-	диф.залік 4с
Заочна	4	150 / 5	10	6	-	134	–	-	диф.залік 4с

Індекс: НДФ - 1 - 131 / 21 -2.1.1
Індекс: НДФ - 1 – 131з / 21 -2.1.1

СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2021

Робочу програму навчальної дисципліни «Променеві методи обробки» розроблено на основі освітньої програми та навчальних планів № НДФ – 1 – 131/21, № НДФ – 1 – 131з/21 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», освітньо-наукова програма «Прикладна механіка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:
доцент кафедри прикладної
механіки та інженерії матеріалів _____ Олександр ТІСОВ

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 «27» вересня 2021 р.

Завідувач кафедри _____ Оксана МІКОСЯНЧИК

Гарант освітньо-наукової програми _____ Мирослав КІНДРАЧУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 2 від «25» 10 2021 р.

Голова НМРР _____ Катерина БАЛАЛАЄВА

УЗГОДЖЕНО
Завідувач аспірантурою та
докторантурою

_____ Анжела ЛЕЛЕЧЕНКО

«28» 10 2021 р.

Рівень документа – 3б
Плановий термін між ревізіями – 1 рік
Контрольний примірник

ЗМІСТ

сторінка

Вступ 4

1. Пояснювальна записка 4

1.1 Заплановані результати 4

1.2. Програма навчальної дисципліни 5

2. Зміст навчальної дисципліни 6

2.1. Структура навчальної дисципліни 6

2.2. Лекційні заняття, їх тематика і обсяг 7

2.3. Практичні заняття, їх тематика і обсяг 7

2.4. Самостійна (індивідуальна) робота аспіранта, її зміст та обсяг 8

2.4.1. Перелік питань для підготовки до диференційованого заліку (ЗФН) 9

3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни 8

3.1. Методи навчання 8

3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) 8

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті 9

4. Рейтингова система оцінювання набутих аспірантом знань та вмінь 10

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни розробляється на основі «Методичних рекомендацій до розроблення робочої програми навчальної дисципліни», затвердженої розпорядженням від 10.07.2019 №071/роз та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Заплановані результати

Дана дисципліна є теоретичною основою сукупності знань, що вдосконалюють і поглиблюють інженерну підготовку у фахівця галузі в області вивчення методів інженерії поверхні концентрованими джерелами енергії; знання про фізичні основи оптичного, іонного і елктронного випромінювання, джерела випромінювання, оптичні перетворювачі, сучасні та майбутні оптичні технології, їх використання в інженерії поверхні, прикладній механіці.

Метою Основною метою навчальної дисципліни є формування знання методів утворення лазерних променів, електронних пучків і іонних потоків, їх використання для термічної, хіміко-термічної обробко, нанесення покриттів і плівок, модифікування покриттів, нанесених іншими способами.

Завданнями вивчення 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).

- У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен набути наступні **компетентності**:

- здатність до аналізу та синтезу закономірностей модифікування поверхонь матеріалів унаслідок дії на них концентрованими джерелами енергії;
-здатність аналізувати нові технології та приклади використання концентрованих джерел енергії в прикладній механіці та їх адаптація до поточних потреб дослідження;
- здатність аналізувати масиви наукових даних щодо впливу режимів обробки концентрованими джерелами енергії на структуру та властивості поверхонь тертя;
- здатність визначати і встановлювати необхідні параметри джерел енергії для досягнення заданих параметрів процесу обробки поверхні;

Міждисциплінарні зв'язки: дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як «Трибологія і інженерія поверхні», «Триботехніка та основи надійності машин», «Обладнання і методи трибологічних досліджень» та є базовою для проведення науково-дослідної роботи аспірантом.

1.2. Програма навчальної дисципліни.

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного навчального **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.

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 мікрорель'єфу на трибологічні властивості поверхонь тертя. Текстурування за допомогою лазера. Створення впадин і виступів. Мікро- і нанотекстурування. Текстурування металевих матеріалів. Текстурування 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-променеве зміцнення сталей і сплавів.**.**

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

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Структура навчальної дисципліни.

№ 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
Модуль №1 «Полімерні матеріали та композити триботехнічного призначення»									
1.1	Види джерел променевої енергії	**4 семестр**				**4 семестр**			
		16	2	4	10	13	1	-	12
1.2	Лазерні технології та інженерія поверхні	14	2	2	10	13	1	–	12
1.3	Фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною	16	2	4	10	15	1	2	12
1.4	Класифікація та сутність методів лазерної обробки матеріалів	14	2	2	10	13	1	–	12
1.5	Лазерна термічна обробка	16	2	4	10	15	1	2	12
1.6	Роботизовані методи лазерної обробки матеріалів	14	2	2	10	13	1	-	12
1.7	Створення текстурованих поверхонь за допомогою лазера	16	2	4	10	14	1	1	12
1.8	Іонно-променева обробка та іона імплантація	14	2	2	10	13	1	-	12
1.9	Електронний промінь	8	2	1	5	13	1	-	12
1.10	Електронно-променева обробка матеріалів	16	2	4	10	13	1	-	12
1.11	Модульна контрольна робота №1	6	–	1	5	-	-	-	-
1.12	Підсумкова семестрова контрольна робота	-	-	-	-	15	-	1	14
	Усього за модулем №1	**150**	20	30	**100**	**150**	**10**	**6**	**134**
	Усього за навчальною дисципліною	**150**	20	30	**100**	**150**	**10**	**6**	**134**

2.2. Лекційні заняття, їх тематика і обсяг

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)			
		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
		Лекції	СРС	Лекції	СРС
1	2	3	4	5	6
1.1	Види джерел променевої енергії	4 семестр		4 семестр	
		2	8	1	11
1.2	Лазерні технології та інженерія поверхні	2	8	1	11
1.3	Фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання з речовиною	2	8	1	10
1.4	Класифікація та сутність методів лазерної обробки матеріалів	2	8	1	11
1.5	Лазерна термічна обробка	2	8	1	10
1.6	Роботизовані методи лазерної обробки матеріалів	2	8	1	11
1.7	Створення текстурованих поверхонь за допомогою лазера	2	8	1	10
1.8	Іонно-променева обробка та іона імплантація	2	8	1	11
1.9	Електронний промінь	2	3	1	11
1.10	Електронно-променева обробка матеріалів	2	8	1	11
	Усього за модулем №1	**20**	**75**	**10**	**107**
	Усього за навчальною дисципліною	**20**	**75**	**10**	**107**

2.3. Практичні заняття, їх тематика і обсяг

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)			
		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
		Практ. заняття	СРС	Практ. заняття	СРС
1	2	3	4	5	6
1.1	Основи обробки поверхонь концентрованими джерелами енергії	4 семестр		4 семестр	
		4	2	-	1
1.2	Вивчення конструкції лазерної установки для інженерії поверхні	2	2	–	1
1.3	Лазерне різання	4	2	2	2
1.4	Лазерне зварювання.	2	2	–	1
1.5	Розрахунок параметрів необхідного випромінювання для підтримання заданого режиму термічної обробки	4	2	2	2
1.6	Активізація дифузії за допомогою лазерного випромінювання	2	2	-	1

1	2	3	4	5	6
1.7	Розрахунок параметрів необхідного випромінювання для створення текстурованих мікро- і нано-рель'єфів	4	2	1	2
1.8	Види покриттів і режими обробки іонним випромінюванням	2	2	-	1
1.9	Розрахунок параметрів електронного випромінювання для нанесення покриттів	1	2	-	1
1.10	Розрахунок параметрів електронного випромінювання для спікання порошкової суміші	4	2	-	1
1.11	Модульна контрольна робота №1	1	5	-	–
1.12	Підсумкова семестрова контрольна робота	-	-	1	14
	Усього за модулем №1	**30**	**25**	**6**	**27**
	Усього за навчальною дисципліною	**30**	**25**	**6**	**27**

2.4. Самостійна (індивідуальна) робота аспіранта, її зміст та обсяг

№ п/п	Зміст самостійної роботи аспіранта	Обсяг СРС (годин)	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1.	Опрацювання лекційного матеріалу	75	107
2.	Підготовка до практичних занять	20	13
3.	Підготовка до модульної контрольної роботи	5	-
4.	Підсумкова семестрова контрольна робота	-	14
	Усього за навчальною дисципліною	**100**	**134**

2.4.1. Перелік питань для підготовки до диференційованого заліку.

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

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

При вивчення навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:
– пояснювально-ілюстративний метод;
– метод проблемного викладу;
– репродуктивний метод;
– дослідницький метод.

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

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Karl F. Renk. Basics of Laser Physics. 2017. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50651-7 .

3.2.2. B. Eppich, J. Fischer, R. Güther, G.G. Gurzadyan, A. Hermerschmidt, A. Laubereau, V.A.

Lopota, O. Mehl, C.R. Vidal, H. Weber, B. Wende. In: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology New Series / Editor in Chief: W. Martienssen / Group VIII: Advanced Materials and Technologies Volume 1 Laser Physics and Applications Subvolume A: Laser Fundamentals. 2005. Springer.
3.2.3. Laser Surface Engineering. Eddited by J. Lawrence, D.G. Waugh. 2015. Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/C2013-0-16444-6
3.2.4. Трибологія: підручник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк». – 2009. – 410 с.
3.2.5. Juan Manuel Vazquez-Martinez, Irene Del Sol Illana, Eneko Ukar Arrien, M. Batista, J. Salguero, Chapter 18 - Laser surface texturing as a finishing process for aerospace alloys,
Editor(s): Kapil Gupta, Alokesh Pramanik, In Handbooks in Advanced Manufacturing,
Advanced Machining and Finishing, Elsevier, 2021, Pages 643-666, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817452-4.00010-5.
3.2.6. A. Kondyurin, M. Bilek. Ion Beam Treatment of Polymers. Application aspects from medicine to space. Elsevier Science, 2008. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044692-9.X5001-8

Допоміжна література

3.2.6. K. Edinger. Direct-Write Technologies for Rapid Prototyping. Sensors, Electronics, and Integrated Power Sources. 2002, Pages 347-383. https://doi.org/10.1016/B978-012174231-7/50065-8
3.2.7. W. Ensinger, Chapter 18 - Corrosion- and Wear-Resistant Coatings Formed by Ion Beam Techniques, Editor(s): Yves Pauleau, In European Materials Research Society Series, Materials Surface Processing by Directed Energy Techniques, Elsevier, 2006, Pages 595-628, https://doi.org/10.1016/B978-008044496-3/50019-8.
3.2.8. Ion Beam Modification of Materials. Edited by: J.S. Williams, R.G. ELLIMAN and M.C. Ridgway. Elsevier, 1996. https://doi.org/10.1016/C2009-0-13238-5

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті

3.3.1. Laser-Induced Periodic Surface Nano- and Microstructures for Tribological applications https://books.google.com.ua/books?id=WSsLEAAAQBAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=laser+tribology+book+pdf&source=bl&ots=MkvFVp8yfv&sig=ACfU3U1B4_-w_b1PbxylZLbg8-so2VY28w&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiFi92e0pPwAhWslYsKHfiTA3wQ6AEwB3oECBAQAw#v=onepage&q=laser%20tribology%20book%20pdf&f=false ...

3.3.2. Friction, Lubrication, and Wear Technology. https://books.google.com.ua/books?id=WSsLEAAAQBAJ&dq=laser+tribology+book+pdf&source=gbs_navlinks_s

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ АСПІРАНТОМ 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 лабораторних заняттях	4б×10=40 (сумарна)	6б×3 = 18 (сумарна)
Виконання завдань на знання теоретичного матеріалу	24 (сумарна)	18 (сумарна)
Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 аспірант має набрати не менше	*41 бала*	-
Виконання модульної контрольної роботи №1	24	-
Підсумкова семестрова контрольна робота		24
Усього за модулем №1	88	60
Диференційований залік	12	40
Усього за дисципліною	**100**	

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

Залікова рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання всіх видів навчальної роботи протягом семестру.

Таблиця 4.2

Відповідність рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи в балах оцінкам за національною шкалою

Рейтингова оцінка в балах						**Оцінка за національною шкалою**
Виконання завдань на практичних заняттях		**Виконання завдань на знання теоретичного матеріалу**		**Виконання модульної роботи**	**Підсумкова семестрова контрольна робота**	
4	6	22-24	16-18	22-24	22-24	Відмінно
3	5	19-21	14-15	19-21	19-21	Добре
2,5	4	16-18	11-13	16-18	16-18	Задовільно
менше 2,5	менше 4	менше 16	менше 11	менше 16	менше 16	Незадовільно

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

4.4. Сума поточної та контрольної модульних рейтингових оцінок становить підсумкову

модульну рейтингову оцінку (табл.4.3), яка в балах та за національною шкалою заноситься до відомості модульного контролю.

Таблиця 4.3

Відповідність підсумкової модульної рейтингової оцінки в балах оцінкам за національною шкалою

Модуль №1	**Оцінка за національною шкалою**
Денна форма навчання **Заочна форма навчання**	
90-100	Відмінно
75-89	Добре
60-74	Задовільно
менше 60	Незадовільно

Таблиця 4.4

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	**Оцінка за національною шкалою**	**Оцінка за шкалою ECTS**	
		Оцінка	**Пояснення**
90-100	**Відмінно**	**A**	**Відмінно** (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	**Добре**	**B**	**Дуже добре** (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		**C**	**Добре** (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	**Задовільно**	**D**	**Задовільно** (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		**E**	**Достатньо** (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	**Незадовільно**	**FX**	**Незадовільно** (з можливістю повторного складання)
1-34		**F**	**Незадовільно** (з обов'язковим повторним курсом)

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки аспіранта.

4.6. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки аспіранта, наприклад, так: ***92/Відм./A, 87/Добре/B, 79/Добре/C, 68/Задов./D, 65/Задов./E*** тощо.

4.7. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до академічної довідки про виконання освітньо-наукової програми.