

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії» (№ 402)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОП

К.В. Безручко
(підпис)

Безручко К.В.
(ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Технологічні іонно-плазмові установки
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Супутники, двигуни та енергетичні установки» (1 рік 4 місяці)
«Супутники, двигуни та енергетичні установки» (1 рік 9 місяці)
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Технологічні іонно-плазмові установки»

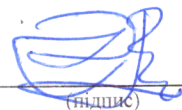
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
освітньою програмою «Супутники, двигуни та енергетичні установки» (1 рік 4
місяці), «Супутники, двигуни та енергетичні установки» (1 рік 9 місяці)

«24» 08 2021 р., – 16 с.

Розробник: Розробник: Слюсар Д.В., доцент к.402, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 402

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » _серпня_ 2021 р.

Завідувач кафедри 402, к.т.н.

(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

С.В.Сінченко

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Супутники, двигуни та енергетичні установки» (1 рік 4 місяці), «Супутники, двигуни та енергетичні установки» (1 рік 9 місяці)</u> (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Цикл професійної підготовки за вибором
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 1		2021/2022
Індивідуальне завдання		Семестр
Розрахунково-графічна робота		9-й
1 шт., курсова робота		
1 шт.		Лекції*
Загальна кількість годин – 56*/ 165		32 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 6,8		Практичні, семінарські*
		16 годин
		Лабораторні*
		8 годин
		Самостійна робота
	109 годин	
	Вид контролю	
	диф. залік, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 0,34.

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати знання про сучасні вакуумні іонно-плазмові технологічні установки, особливості проектування технологічних процесів модифікації поверхні та нанесення покриттів різноманітного призначення. Підготувати студентів до самостійного вирішення питань вибору та застосування вакуумних технологічних установок, проектування технологічних процесів нанесення покриттів та модифікації поверхонь засобами іонно-плазмових технологій.

Завдання:

придбання навичок самостійного вирішення питань вибору та застосування вакуумних технологічних установок, проектування технологічних процесів нанесення покриттів та модифікації поверхонь засобами іонно-плазмових технологій.

Результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1 – здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК6 – здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК7 – визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

Фахові компетентності (ФК):

ФК2 – здатність кваліфіковано обирати клас матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки, у тому числі за нечітких умов і вимог.

ФК4 – усвідомлення робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідних для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки та оптимізації їх параметрів

Програмні результати навчання:

ПРН9 – готовність до подальшого навчання у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки, механічної інженерії і дотичних галузей знань, яке значною мірою є автономним та самостійним.

ПРН12 – вміння обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки, мати навички вибору методів модифікації їх властивостей.

ПРН16 – вміння визначати вихідні параметри для формування зовнішнього вигляду авіаційної та ракетно-космічної техніки на основі навичок оцінювання стійкості та керованості літального апарата згідно з існуючими методиками.

Міждисциплінарні зв'язки: повинні передувати курси «Джерела та перетворювачі енергії», «Електротехніка», «Функціональні системи плазмових

прискорювачів та енергоустановок», «Конструювання плазмових прискорювачів та енергоустановок», «Вакуумна та криогенна техніка».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни

Вступ. Характеристика дисципліни. Історія виникнення. Області застосування. Рекомендована література. **Класифікація дії потоку частинок на оточуюче середовище.** Рух частинок в газовому середовищі. Загальні відомості про властивості газів. Об'єкт розгляду. Взаємодія потоку частинок з газовим середовищем. Взаємодія потоку частинок з твердим тілом. **Непружні зіткнення частинок в плазмі.** Взаємодія потоку частинок з твердим тілом. Взаємодія електронів і іонів з нейтральними частинками. Збудження нейтральних частинок при зіткненнях з електронами. Процеси перезарядки в плазмі. Рекомбінаційні процеси в плазмі. Рівновага іонізації.

ТЕМА 2. Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Кінетика процесу конденсації. Теорії зародкоутворення в тонких плівках. Капілярна модель. Критичний зародок. Швидкість зародкоутворення. Атомна модель (модель малих зародків). Порівняння капілярної моделі з моделлю малих зародків. Стадії зростання плівки. Утворення острівцевої плівки. Коалесценція острівців. Утворення каналів. Утворення суцільної плівки. **Утворення дефектів в процесі зростання.** Структури зростання. Дислокації і дефекти віднімання. Межі зерен. Площа поверхні і шорсткість.

ТЕМА 3. Загальна характеристика методів атмосферних плазмових технологій. Нанесення покриттів методами атмосферної технології. Газополум'яне напилення (FS). Детонаційне напилення (D-GUN). Електроіскрові покриття. Метод металізації електродуги (WAS – wire arc spraying). Високочастотне індукційне напилення (HFIS – High frequency induction spraying). Схеми ВЧ плазмотронів.

ТЕМА 4. Термічне нанесення покриттів у вакуумі. Особливості випаровування чистих металів, сплавів і з'єднань. Конструкції випарників і їх застосування. Випарники з дроту і металеві фольги. Випарники для матеріалів, що сублімуються. Конструкції прямонакальних випарників. Тігльові випарники і матеріали тиглів.

ТЕМА 5. Розпорошення матеріалів. Коефіцієнт розпорошення. Залежність коефіцієнта розпорошення від параметрів процесу. **Узагальнена характеристика електричних розрядів.** Основні типи розрядів. **Генератори плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів.** Діодна схема іонної розпиленості. Тріодна схема іонного розпорошення. Генератори плазми на базі магнетронних систем що розпорошують. Схеми катодних вузлів. Магнітні системи. Системи електроживлення. Підвищення ефективності використання матеріалу мішені. Розпорошення з рідкої фази.

ТЕМА 6. Методи генерації іонізованих потоків твердих речовин у вакуумних дугових розрядах. Низьковольтний розряд, що горить у вакуумі в парах матеріалу катода, що еродує в мікроплямах. Дуга з розподіленим розрядом на гарячому катоді, що витрачається. Дуга з порожнистим катодом, що не витрачається, що горить в парах анода, **Процеси на катоді та аноді вакуумного дугового розряду.** Структура катодної плями. Потoki іонів, що випускаються катодними плямами. Явища на аноді вакуумної дуги. Руйнування анода. Динаміка розвитку анодних плям. Анодні плями на електродах з різного матеріалу. Температура анодних плям. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги.

ТЕМА 6. Енергетична ефективність процесів генерації потоку матеріалу покриття. Енергетична ефективність процесів іонної розпиленості матеріалів. Енергетична ефективність процесу. Енергетична ефективність системи. Енергетична ефективність процесу генерації матеріалу у вакуумних дугах.

ТЕМА 7. Установки осадження покриттів методами атмосферної плазмової технології. Плазмове напилення. Устаткування і матеріали плазмового нанесення покриттів. Установки. Плазмотроні (Плазмові розпорошувачі). Порошкові живильники. Спеціальні способи нанесення плазмових покриттів (*IPS, VPS, LPPS*).

ТЕМА 8. Установки термічного і електронно-променевого осадження. Схеми установок. Випаровування матеріалів за допомогою нагріву електронним бомбардуванням. Основні принципи роботи електронно-променевих випарників. Внутрішньокамерне оснащення. Застосування установок.

ТЕМА 9. Установки для осадження покриттів за допомогою вакуумної дуги. Схеми дугових генераторів плазми. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги. Технологічні аспекти явищ на аноді вакуумної дуги. Порівняльні характеристики вакуумних дугових розрядів і методів генерації на їх основі.

ТЕМА 10. Забезпечення безпечних умов роботи. Умови утворення токсичних відходів технологічних процесів. Дія токсичних газів, пари і рідин на організм людини. Методи нейтралізації токсичних відходів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Технологічні іонно-плазмові установки					
Тема 1. Вступ. Характеристика дисципліни. Історія виникнення. Області застосування. Рекомендована література. Класифікація дії потоку частинок на оточуюче середовище. Рух частинок в газовому середовищі. Загальні відомості про властивості газів. Об'єкт розгляду. Взаємодія потоку частинок з газовим середовищем. Взаємодія потоку частинок з твердим тілом. Непружні зіткнення частинок в плазмі. Взаємодія потоку частинок з твердим тілом. Взаємодія електронів і іонів з нейтральними частинками. Збудження нейтральних частинок при зіткненнях з електронами. Процеси перезарядки в плазмі. Рекомбінаційні процеси в плазмі. Рівновага іонізації.	15	3	2	-	10
Тема 2. Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Кінетика процесу конденсації. Теорії зародкоутворення в тонких плівках. Капілярна модель. Критичний зародок. Швидкість зародкоутворення. Атомна модель (модель малих зародків). Порівняння капілярної моделі з моделлю малих зародків. Стадії зростання плівки. Утворення острівцевої плівки. Коалесценція острівців. Утворення каналів. Утворення суцільної плівки. Утворення дефектів в процесі зростання. Структури зростання.	20	4	2	2	10

Дислокації і дефекти віднімання. Межі зерен. Площа поверхні і шорсткість.					
Тема 3. Загальна характеристика методів атмосферних плазмових технологій. Нанесення покриттів методами атмосферної технології. Газополум'яне напилення (FS). Детонаційне напилення (D-GUN). Електроіскрові покриття. Метод металізації електродуги (WAS – wire arc spraying). Високочастотне індукційне напилення (HFIS – High frequency induction spraying). Схеми ВЧ плазмотронів.	15	3	2	-	10
Тема 4. Термічне нанесення покриттів у вакуумі. Особливості випаровування чистих металів, сплавів і з'єднань. Конструкції випарників і їх застосування. Випарники з дроту і металевої фольги. Випарники для матеріалів, що сублимуються. Конструкції прямонакальних випарників. Тігльові випарники і матеріали тиглів.	17	3	2	2	10
Тема 5. Розпорошення матеріалів. Коефіцієнт розпорошення. Залежність коефіцієнта розпорошення від параметрів процесу. Узагальнена характеристика електричних розрядів. Основні типи розрядів. Генераторі плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів. Діодна схема іонної розпиленості. Тріодна схема іонного розпорошення. Генераторі плазми на базі магнетронних систем що розпорошують. Схеми катодних вузлів. Магнітні системи. Системи електроживлення. Підвищення ефективності використання матеріалу мішені. Розпорошення з рідкої фази.	23	4	2	2	15

Тема 6. Енергетична ефективність процесів генерації потоку матеріалу покриття. Енергетична ефективність процесів іонної розпиленості матеріалів. Енергетична ефективність процесу. Енергетична ефективність системи. Енергетична ефективність процесу генерації матеріалу у вакуумних дугах.	19	4	2	-	15
Тема 7. Установки осадження покриттів методами атмосферної плазмової технології. Плазмове напилення. Устаткування і матеріали плазмового нанесення покриттів. Установки. Плазмотроні (Плазмові розпорощувачі). Порошкові живильники. Спеціальні способи нанесення плазмових покриттів (IPS, VPS, LPPS).	13	3	-	-	10
Тема 8. Установки термічного і електронно-променевого осадження. Схеми установок. Випаровування матеріалів за допомогою нагріву електронним бомбардуванням. Основні принципи роботи електронно-променевих випарників. Внутрішньокамерне оснащення. Застосування установок.	15	3	2	-	10
Тема 9. Установки для осадження покриттів за допомогою вакуумної дуги. Схеми дугових генераторів плазми. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги. Технологічні аспекти явищ на аноді вакуумної дуги. Порівняльні характеристики вакуумних дугових розрядів і методів генерації на їх основі.	22	3	2	2	15
Тема 10. Забезпечення безпечних умов роботи. Умови утворення токсичних відходів технологічних процесів. Дія токсичних газів,	6	2	-	-	4

пари і рідин на організм людини. Методи нейтралізації токсичних відходів.					
Разом за змістовним модулем 1	165	32	16	8	109
Усього годин	165	32	16	8	109

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація дії потоку частинок на оточуюче середовище. Рух частинок в газовому середовищі	2
2	Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Кінетика процесу конденсації.	2
3	Нанесення покриттів методами атмосферної технології.	2
4	Термічне нанесення покриттів у вакуумі. Особливості випаровування чистих металів, сплавів і з'єднань. Конструкції випарників і їх застосування.	2
5	Розпорошення матеріалів. Коефіцієнт розпорошення. Залежність коефіцієнта розпорошення від параметрів процесу. Узагальнена характеристика електричних розрядів. Основні типи розрядів. Генератори плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів.	2
6	Енергетична ефективність процесів генерації потоку матеріалу покриття. Енергетична ефективність процесів іонної розпиленості матеріалів.	2
7	Установки термічного і електронно-променевого осадження. Схеми установок. Випаровування матеріалів за допомогою нагріву електронним бомбардуванням.	2
8	Установки для осадження покриттів за допомогою вакуумної дуги. Схеми дугових генераторів плазми. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги. Технологічні аспекти явищ на аноді вакуумної дуги.	2
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Кінетика процесу конденсації. Теорії зародкоутворення в тонких плівках	2
2	Термічне нанесення покриттів у вакуумі. Особливості випаровування чистих металів, сплавів і з'єднань. Конструкції випарників і їх застосування.	2
3	Розпорошення матеріалів. Коефіцієнт розпорошення. Залежність коефіцієнта розпорошення від параметрів процесу. Узагальнена характеристика електричних розрядів. Основні типи розрядів. Генератори плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів.	2
4	Установки для осадження покриттів за допомогою вакуумної дуги. Схеми дугових генераторів плазми. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги.	2
	Разом	8

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація дії потоку частинок на оточуюче середовище. Рух частинок в газовому середовищі.	10
2	Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Кінетика процесу конденсації. Теорії зародкоутворення в тонких плівках.	10
3	Нанесення покриттів методами атмосферної технології.	10
4	Термічне нанесення покриттів у вакуумі. Особливості випаровування чистих металів, сплавів і з'єднань. Конструкції випарників і їх застосування.	10
5	Розпорошення матеріалів. Коефіцієнт розпорошення. Залежність коефіцієнта розпорошення від параметрів процесу. Узагальнена характеристика електричних розрядів. Основні типи розрядів. Генератори плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів.	15
6	Енергетична ефективність процесів генерації потоку матеріалу покриття. Енергетична ефективність процесів іонної розпиленості матеріалів. Енергетична ефективність процесу. Енергетична ефективність системи.	15
7	Установки осадження покриттів методами атмосферної плазмової технології. Плазмове напилення. Устаткування і матеріали плазмового нанесення покриттів	10
8	Установки термічного і електронно-променевого осадження. Схеми установок. Випаровування матеріалів за	10

	допомогою нагріву електронним бомбардуванням.	
9	Установки для осадження покриттів за допомогою вакуумної дуги. Схеми дугових генераторів плазми. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги. Технологічні аспекти явищ на аноді вакуумної дуги.	15
10	Забезпечення безпечних умов роботи.	4
	Разом	

9. Індивідуальні завдання

Виконання курсової роботи на тему «Технологічні іонно-плазмові установки».
Зразковий графік роботи над КР (по годинам самостійної роботи)

Тижні	Склад робіт	%% від загального обсягу	%% усього
1-2	Пояснювальна записка з оглядом і аналізом існуючих методів формування покриттів, та обґрунтування обраного методу	10	10
3-5	Лист із загальним видом генератора потоку плазми матеріалу покриття	20	30
6-8	Лист із загальним видом робочого відсіку технологічної установки	20	50
9-11	Розділ пояснювальної записки з описом конструкції та принципу роботи генератора потоку плазми матеріалу покриття	15	65
11-12	Розділ пояснювальної записки з описом конструкції та принципу роботи робочого відсіку технологічної установки	15	80
13-15	Підготовка пояснювальної записки; захист (12 год.)	20	100

Виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Технологічні іонно-плазмові установки».

Зразковий графік роботи над РГР (по годинам самостійної роботи)

Тижні	Склад робіт	%% від загального обсягу	%% усього
1-3	Пояснювальна записка з оглядом і аналізом сучасних вакуумних систем технологічних іонно-плазмових установок	10	10
4-7	Лист із схемою вакуумної системи технологічної іонно-плазмової установки	10	20
11-13	Розділ пояснювальної записки з описом побудови вакуумної системи технологічної іонно-плазмової установки, вибір та розрахунки її складових.	30	50

7-10	Лист загальним видом технологічної іонно-плазмової установки	40	90
13-15	Підготовка пояснювальної записки; захист (12 год.)	10	100

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних робіт, консультацій з розрахунково-графічної роботи та курсової роботи, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного контролю, модульного контролю (іспиту та заліку).

Загальна кількість балів, що може набрати студент під час поточних та модульних контролів, а також під час семестрового контролю дорівнює 100.

За умови виконання студентом всіх видів обов'язкових робіт (практичних, індивідуальних завдань, тощо) сумарна модульна оцінка переводиться у семестрову оцінку.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	16	0...16
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	15...25	1	15...25
Виконання і захист РГР	12...14	1	12...14
Виконання і захист КР	21...25	1	21...25
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль залік проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та практичного завдання питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне теоретичне питання – 30 балів, за виконання практичного завдання – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: повинні знати методи модифікації поверхневих шарів за допомогою технологічних іонно-плазмових установок, критерії їх вибору задля вирішення конкретних технологічних задач. Повинні знати і розуміти процеси, що відбуваються у технологічних джерелах плазми та у технологічних іонно-плазмових установках у цілому. Вміти проектувати технологічні джерела плазми для вирішення конкретних технологічних задач, вміти проектувати технологічні іонно-плазмові установки у цілому. Вміти розробляти технологічні процеси модифікації поверхневих шарів деталей за допомогою технологічних іонно-плазмових установок.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні, лабораторні роботи, РГР та КР. Виказати розуміння методів модифікації поверхневих шарів за допомогою технологічних іонно-плазмових установок.

Добре (75-89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати всі практичні, лабораторні роботи, РГР та КР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння методів модифікації поверхневих шарів за допомогою технологічних іонно-плазмових установок. Виказати розуміння більшості всіх положень методики виконання розрахунків.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Виконати всі практичні, лабораторні роботи, РГР та КР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння методів модифікації поверхневих шарів за допомогою технологічних іонно-плазмових установок. Виказати розуміння всіх положень методики виконання розрахунків

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсові роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40	до 40	до 20	100

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Визначити підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення практичних занять та лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті.

1. Колесник В.П. Технологические генераторы плазмы [Текст] / В.П. Колесник, В.В. Колесник - Киев: «Миллениум», 2009. – 92 с.
2. Колесник В.П. Проектирование и расчет вакуумных систем испытательных стендов и технологических установок [Текст] / В.П. Колесник, Гайдуков В.Ф., Колесник В.П., Литовченко Л.В., Слюсарь Д.В.- Киев: «Миллениум», 2009. – 172 с.
3. Колесник В.П. Проектирование плазменных технологических установок [Текст] / В.П. Колесник, В.В. Колесник - Киев: «Миллениум», 2009. – 152 с.

14. Рекомендована література

Базова

- | | | |
|---|---------|---|
| 1 | 621.783 | Ройх И.Л. Нанесение защитных покрытий в вакууме [Текст] / И.Л. Ройх, Л.Н. Колтунова, С.Н. Федосов - М.: Машиностроение, 1876.- 367 с. |
| 2 | 538.23 | Данилин, Б. С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок [Текст] / Б. С. Данилин – М. : Энергоатомиздат, 1888. – 328с. |
| 3 | | Кудинов В.В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий [Текст] / В.В. Кудинов, В.М. Иванов - М.: Машиностроение,1881. - 182 с. |
| 4 | 621.783 | Андреев А.А. Вакуумно-дуговые покрытия [Текст] / А.А. Андреев, Л.П. Саблев, С.Н. Григорьев. - Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. - 317 с. |

Допоміжна

- | | | |
|---|---------|--|
| 1 | 530.216 | Технология тонких пленок (Справочник), Под. Ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Нью-Йорк, 1870. Пер. с англ. Под ред. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко. Т.1,Т.2.- М.: Сов. Радио, 1877. |
| 2 | | Дороднов А.М. Промышленные плазменные установки: Учеб. Пособие. - М.: МВТУ, 1876. - 126 с. |
| 3 | | Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме /А.И. Костржицкий, В.Ф. Карпов, М.П. Кабанченко и др.-М.: Машиностроение, 1881.-176 с. |
| 4 | | Данилин Б.С. Вакуумная техника. Техника измерения. - М.: Машиностроение, 1885. |
| 5 | | Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. – М.: Машиностроение, 1880. – 384 с. |
| 6 | | Нанесение покрытий плазмой/В.В. Кудинов, П.Ю. Пекшев, В.Е. Белашенко и др. - М.: Наука, 1880.-408 с. |
| 7 | 621.783 | Петров С.В., Карп И.Н. Плазменное газозвдушеное напыление. – Киев: Наукова думка, 1883 – 484 с. |

15. Інформаційні ресурси

1. Каталог продукции. Компоненти вакуумних систем [Електрон. ресурс] / Eedwards – Режим доступа: <http://www.edwardsvacuum.com/> – 20.05.2019.
2. Каталог продукции. Вакуумні системи та їх компоненти [Електрон. ресурс] / Leybold – Режим доступа: <https://www.leybold.com/en/> – 20.05.2019.
3. Каталог продукции. Вакуумні системи та їх компоненти [Електрон. ресурс] / Pfeiffer Vacuum – Режим доступа: <https://www.pfeiffer-vacuum.com/en/> – 20.05.2019.

4. Іонно-плазмові технології та обладнання для їх реалізації. Вакуумні системи та їх компоненти [Електрон. ресурс] / Plasmaport Web-portal – Режим доступа: <http://plasmaport.com/> – 20.05.2019.
5. Каталог продукции. Іонно-плазмові технології та обладнання для їх реалізації. [Електрон. ресурс] / Oxford Instruments – Режим доступа: <https://plasma.oxinst.com/> – 20.05.2019.