

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

 Губін С.В.  
(підпис) ініціали та прізвище

« 21 » 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Технологія виробництва перетворювачів нетрадиційних  
енергетичних установок  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (1 рік 4  
місяці)  
«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (1 рік 9  
місяці)  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**

**Харків 2021 рік**

Робоча програма «Технологія виробництва перетворювачів нетрадиційних енергетичних установок»

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

освітньою програмою «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (1 рік 4 місяці), «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (1 рік 9 місяці)

« 17 » 08 2021 р., – 14 с.

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

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



(підпис)

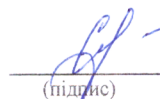
Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 402

(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 – 6	<b>Галузь знань</b> <b>14 «Електрична інженерія»</b> <small>(шифр і найменування)</small>  <b>Спеціальність</b> <b>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</b> <small>(код і найменування)</small>  <b>Освітня програма</b> <b>«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (1 рік 4 місяці), «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» (1 рік 9 місяці)</b> <small>(найменування)</small>  <b>Рівень вищої освіти:</b> другий (магістерський)	Цикл професійної підготовки за вибором
Кількість модулів – 1		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 1		2021/2022
Індивідуальне завдання Розрахункова робота 1 шт.		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 64* / 180		10-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 7,25		<b>Лекції*</b>
		32 години
		<b>Практичні, семінарські*</b>
		32 години
		<b>Лабораторні*</b>
	годин	
	<b>Самостійна робота</b>	
	116 годин	
	<b>Вид контролю</b>	
	залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 0,55.

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** Метою викладання навчальної дисципліни є формування знань з технології виробництва перетворювачів енергетичних установок на базі нетрадиційних джерел енергії.

### **Завдання:**

придбання теоретичних і практичних знань про існуючі та перспективні технології виробництва перетворювачів енергетичних установок на базі нетрадиційних джерел енергії; отримання вмінь з постановки завдання та вибору технології виробництва.

### **Результати навчання:**

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

ЗК1 – здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2 – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК4 – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності.

ЗК6 – здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

#### **Фахові компетентності (ФК):**

ФК1 – здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК2 – здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

#### **Програмні результати навчання:**

ПРН5 – аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПРН20 – виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами

**Міждисциплінарні зв'язки:** повинні передувати курси «Джерела та перетворювачі енергії», «Електротехніка», «Інженерні основи авіаційно-космічної техніки», «Функціональні системи плазмових прискорювачів та енергоустановок», «Конструювання плазмових прискорювачів та енергоустановок».

## 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 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. Взаємодія потоку частинок з твердим тілом.** Сорбційні явлення. Время адсорбції. Агрегатні стани адсорбатов. Адсорбція частинок на поверхні твердого тіла. Растворимість адсорбованих газів в твердих тілах. Степені покриття поверхностей.

**ТЕМА 3. 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 4. Типи селективних покриттів.** Селективні поверхні в теплових перетворювачах сонячної енергії. Прозорі електропровідні покриття у фотоелектричних перетворювачах сонячної енергії. Оптичні властивості селективних покриттів. **Технологічні процеси формування.** Поглинаючі селективні поверхні. Покриття, створювані хімічною обробкою. Селективні покриття з розвинутим мікрорельєфом. Покриття, одержувані методом осадження

**ТЕМА 5. Нанесення покриттів методами атмосферної плазмової технології.** Газополум'яне напилення (FS). Детонаційне напилення (D-GUN). Електроіскрові покриття. Метод металізації електродуговий (WAS – wire arc spraying). Високочастотне індукційне напилення (HFIS – High frequency induction spraying). Схеми ВЧ плазмотронів.

**ТЕМА 6. Термічне нанесення покриттів у вакуумі.** Особливості випаровування чистих металів, сплавів і з'єднань. Конструкції випарників і їх застосування. Випарники з дроту і металевий фольги. Випарники для матеріалів, що сублимуються. Конструкції прямонакальних випарників. Тігльові випарники і матеріали тиглів.

**ТЕМА 7. 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 розпорошувальних систем.** Схеми катодних вузлів. Магнітні системи. Системи електроживлення. Підвищення ефективності використання матеріалу мішені. Розпорошення з рідкої фази.

**ТЕМА 8. 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. Потоки 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. **Схеми дугових генераторів плазми.** Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги. Технологічні аспекти явищ на аноді вакуумної дуги.

**ТЕМА 9. 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
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовний модуль 1. Технологічні іонно-плазмові установки</b>					
Тема 1. Вступ. Характеристика дисципліни. Історія виникнення. Области 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 електронів і іонів з нейтральними частинками. Збудження нейтральних частинок при зіткненнях з електронами. Процеси перезарядки в плазмі. Рекомбінаційні процеси в плазмі. Рівновага іонізації.	19	3	3	-	13
ТЕМА 2. Взаємодія потоку частинок з твердим тілом. Сорбционные явления. Время адсорбции. Агрегатные состояния адсорбатов. Адсорбция частиц на поверхности твердого тела. Растворимость адсорбированных	21	4	4	-	13

газов в твердых телах. Степени покрытия поверхностей.					
ТЕМА 3. 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.	21	4	4	-	13
Типи селективних покриттів. Селективні поверхні в теплових перетворювачах сонячної енергії. Прозорі електропровідні покриття у фотоелектричних перетворювачах сонячної енергії. Оптичні властивості селективних покриттів. Технологічні процеси формування. Поглинаючі селективні поверхні. Покриття, створювані хімічною обробкою. Селективні покриття з розвинутим мікрорельєфом. Покриття, одержувані методом осадження.	22	4	4	-	14
Тема 5. Нанесення покриттів методами атмосферної плазмової технології. Газополум'яне напилення (FS). Детонаційне напилення (D-GUN). Електроіскрові покриття. Метод металізації електродуговий (WAS – wire arc spraying). Високочастотне індукційне напилення (HFIS – High frequency induction spraying). Схеми ВЧ	16	3	3	-	10

плазмотронів.					
Тема 6. 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.	24	4	4	-	16
Тема 7. 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 розпорошувальних систем. Схеми катодних вузлів. Магнітні системи. Системи електроживлення. Підвищення ефективності використання матеріалу мішені. Розпорошення з рідкої фази.	24	4	4	-	16
Тема 8. 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. Потоки іонів, що	23	4	4	-	15



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. Схеми дугових генераторів плазми. Технологічні аспекти явищ на катодах вакуумної дуги. Технологічні аспекти явищ на аноді вакуумної дуги.					
Тема 9. Забезпечення безпечних умов роботи. Умови утворення токсичних відходів технологічних процесів. Дія токсичних газів, пари і рідин на організм людини. Методи нейтралізації токсичних відходів.	10	2	2	-	6
Разом за змістовним модулем 1	180	32	32	-	116
<b>Усього годин</b>	180	32	32	-	116

### 5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	<b>Разом</b>	

### 6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Характеристика дисципліни. Класифікація дії потоку частинок на оточуюче середовище.	3
2	Взаємодія потоку частинок з твердим тілом.	4
3	Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Утворення дефектів в процесі зростання.	4
4	Типи селективних покриттів. Технологічні процеси формування.	4
5	Нанесення покриттів методами атмосферної плазмової технології.	3
6	Термічне нанесення покриттів у вакуумі.	4
7	Розпорошення матеріалів. Узагальнена характеристика	4

	електричних розрядів. Генераторі плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів. Генераторі плазми на базі магнетронних розпорошувальних систем.	
8	Методи генерації іонізованих потоків твердих речовин у вакуумних дугових розрядах. Процеси на катоді та аноді вакуумного дугового розряду.	4
9	Забезпечення безпечних умов роботи.	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

## 7. Теми лабораторних занять

### 8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Характеристика дисципліни. Класифікація дії потоку частинок на оточуюче середовище.	13
2	Взаємодія потоку частинок з твердим тілом.	13
3	Конденсація, утворення зародків і зростання тонких плівок. Утворення дефектів в процесі зростання.	13
4	Типи селективних покриттів. Технологічні процеси формування.	14
5	Нанесення покриттів методами атмосферної плазмової технології.	10
6	Термічне нанесення покриттів у вакуумі.	16
7	Розпорошення матеріалів. Узагальнена характеристика електричних розрядів. Генераторі плазми на основі методів розпорошення за допомогою іонів. Генераторі плазми на базі магнетронних розпорошувальних систем.	16
8	Методи генерації іонізованих потоків твердих речовин у вакуумних дугових розрядах. Процеси на катоді та аноді вакуумного дугового розряду.	15
9	Забезпечення безпечних умов роботи.	6
	<b>Разом</b>	<b>116</b>

### 9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи на тему «Технологія виробництва перетворювачів нетрадиційних енергетичних установок».

Зразковий графік роботи над РР (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	Розділ пояснювальної записки з описом	20	30

	конструкції та принципу роботи генератора потоку плазми матеріалу покриття		
6-8	Розділ пояснювальної записки з описом компонування та принципу роботи робочого відсіку технологічної установки	20	50
9-12	Розділ пояснювальної записки із розрахунком швидкості формування покриття та його рівномірністю	30	80
13-15	Підготовка пояснювальної записки; захист (12 год.)	20	100

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних робіт, консультацій з розрахункової 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
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	16	0...16
Виконання і захист практичних робіт	2...3	16	32...48
Модульний контроль	15...25	1	15...19
Виконання і захист РР	13...25	1	13...17
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

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 конструкцію та принципи роботи перетворювачів нетрадиційних енергетичних установок, методи їх виробництва. Повинні знати і розуміти процеси, що відбуваються у технологічних джерелах плазми та у технологічних іонно-плазмових установках, що використовуються під час виробництва перетворювачів нетрадиційних енергетичних установок. Вміти проектувати технологічні джерела плазми та технологічні процеси для виробництва цих перетворювачів.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні, РР. Виказати розуміння технологій виробництва перетворювачів нетрадиційних енергетичних установок.

**Добре (75-89).** Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати всі практичні, роботи, РР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння технологій виробництва перетворювачів нетрадиційних енергетичних 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 роботи, РР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння технологій виробництва перетворювачів нетрадиційних енергетичних установок. Виказати розуміння всіх положень методики виконання розрахунків

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсового проекту

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 Агнихотри О., Гупта Б. Селективные поверхности солнечных установок: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. - 280 с.
- 2 Колтун М.М. Селективные оптические поверхности преобразователей солнечной энергии. М.: «Наука», 1979. – 215 с.
- 3 621.793 Ройх И.Л. Нанесение защитных покрытий в вакууме [Текст] / И.Л. Ройх, Л.Н. Колтунова, С.Н. Федосов - М.: Машиностроение, 1976. - 367 с.
- 4 Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 328 с.
- 5 Кудинов В.В., Иванов В.М., Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. - М.: Машиностроение, 1981. - 192 с.
- 6 Колесник В.П. Технологические генераторы плазмы [Текст] / В.П. Колесник, В.В. Колесник - Киев: «Миллениум», 2009. – 92 с.
- 7 621.31 Handbook of Photovoltaic Science and Engineering [Text] / Edited by Antonio Luque, Steven Hegedus: 2011. – p. 1138.

#### Допоміжна

- 1 530.216 Технология тонких пленок (Справочник), Под. Ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. Под ред. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко. Т.1,Т.2.- М.: Сов. Радио, 1977.
- 2 Дороднов А.М. Промышленные плазменные установки: Учеб. Пособие. - М.: МВТУ, 1976. - 126 с.
- 3 Болотов А.В., Шепель Г.А. Электротехнологические установки: Учеб. для вузов.- М.: Высш. Школа, 1988. - 336 с.
- 4 Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме /А.И. Кострицкий, В.Ф. Карпов, М.П. Кабанченко и др.-М.: Машиностроение, 1991. - 176 с.
- 5 Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
- 6 Нанесение покрытий плазмой/В.В. Кудинов, П.Ю. Пекшев, В.Е. Белащенко и др. - М.: Наука, 1990. - 408 с.
- 7 621.793 Петров С.В., Карп И.Н. Плазменное газоздушное напыление. – Киев: Наукова думка, 1993 – 494 с.

## 15. Інформаційні ресурси

1. PVCDROM [Електронний ресурс] – Режим доступа <https://www.pveducation.org/>.
2. Edwards developer and manufacturer of vacuum system products [Електронний ресурс] – Режим доступа <http://www.edwardsvacuum.com>.
3. Leybold developer and manufacturer of vacuum system products [Електронний ресурс] – Режим доступа <https://www.leybold.com/en/>.
4. Pfeiffer-vacuum developer and manufacturer of vacuum system products [Електронний ресурс] – Режим доступа <https://www.pfeiffer-vacuum.com/en/>.
5. Інформаційний web-портал Pasmaport [Електронний ресурс] – Режим доступа <http://plasmaport.com/>
6. Oxford Instruments Plasma Technology [Електронний ресурс] – Режим доступа <https://plasma.oxinst.com/>.
7. MKS Instruments [Електронний ресурс] – Режим доступа <https://www.mksinst.com/>.