

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
В. В. Павліков
(підпис) (ініціали та прізвище)
« » 2020 р.
Відділ аспірантури і докторантури



РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«Моделювання процесів нанесення покриттів, нанопокриттів, та одержання
модифікованих зміцнюючих шарів»**
(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
(код та найменування напряму підготовки)

Освітньо-наукова програма: «Матеріалознавство»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Харків 2020 рік

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«Математичне моделювання і оптимізація комбінованих технологій»

(назва дисципліни)

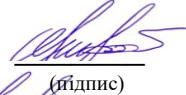
для здобувачів за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

освітньо-науковою програмою «Матеріалознавство»

« 20 » 06 2020 р., – 11 с.

Розробник: доцент каф. 202, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Широкий Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП доцент каф. 202, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



Широкий Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від « 25 » 06 2020 р. засідання кафедри № 202

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



О.О. Баранов

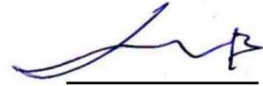
(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу

аспірантури і докторантури

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

(ініціали та прізвище)

В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,

докторантів і молодих вчених

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

(ініціали та прізвище)

Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів –5,5	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>132 «Матеріалознавство»</u> (код та найменування) Освітньо-наукова програма <u>«Матеріалознавство»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів –2		2020/2021
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 64/101		4 -й
		Лекції ¹⁾
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента –6.3		32
		Практичні, семінарські¹⁾
		32- годин
		Лабораторні ¹⁾
	- години	
	Самостійна робота	
	101годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль іспит	

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – $34/101=0.63$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння основних положень щодо процесів нанесення покриттів та нанопокриттів, застосування на практиці знань одержання модифікованих зміцнюючих покриттів.

Завдання: вивчення основних технологічних процесів одержання модифікованих зміцнюючих покриттів..

Результати навчання: у результаті вивчення дисципліни аспірант повинен оволодіти наступними компетенціями

Загальними:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фаховими:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у технічній науці та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з технічних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та іноземною мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в технічній науці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.

СК09 Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в технічних науках.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з технічних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН02. Уміти вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми технічної науки державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Уміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для

обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. Уміти розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у технічній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Уміти планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з технічних наук 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.

ПРН08. Має розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері технічних наук та у викладацькій практиці.

ПРН09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації технічних наук.

ПРН10. Здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проектів з технічних наук.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень

Вивчення курсу «Процеси механічної та фізико-технічної обробки, обладнання та інструмент» базується на загальних знаннях з дисципліни «ІТ в практиці наукових досліджень», «Основи методології наукових досліджень» та є базою для написання наукової роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи роботи з Arduino

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни " Моделювання процесів нанесення покриттів, нанопокриттів, та одержання модифікованих зміцнюючих шарів "

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Моделювання процесів нанесення покриттів, нанопокриттів, та одержання модифікованих зміцнюючих шарів».

ТЕМА 2.Вакуумно-дуговий розряд.

Процеси на катоді. Властивості й характеристики катодної плями. Електронно-магнітна модель катодної плями. Процеси у міжелектродному просторі. Іони, електрони, атоми і макрочастинки матеріалу катода. Процеси на підкладці. Процеси на аноді.

ТЕМА 3. Вакуумно-дугові випарники.

Основні вимоги до вакуумно-дугових випарників і шляхи їх виконання. Конструкції вакуумно-дугових випарників. Системи запалювання вакуумно-дугового розряду. Випарники з ізольованим екраном. Комбіновані випарники.

ТЕМА 4. Вакуумно-дугові газові розряди.

Двоступеневий вакуумно-дуговий розряд (ДВДР). Стиснутий вакуумно-дуговий розряд (СВДР). Застосування стиснутого розряду для нанесення покриттів іонним розпиленням.

Модульний контроль 1.

Змістовий модуль 2.

ТЕМА 5. Вакуумно-дугові покриття.

Покриття на основі титану. Нітриди молібдену. Властивості вакуумно-дугових покриттів. Трибологічні властивості покриттів.

ТЕМА 6. Комбіноване оброблення поверхонь.

Нанесення вакуумно-дугових покриттів на попередньо азотовані сталі. Азотування сталі у тліючому розряді. Нанесення покриттів на поверхню азотованої сталі. Збільшення глибини шару азотування.

ТЕМА 7. Наноструктуровані покриття.

Подрібнення зерен іонним бомбардуванням. Наночарові композиційні покриття Наноккомпозитні покриття типу Ме/тверда фаза. Надтверді покриття, отримані із застосуванням іонної імплантації.

ТЕМА 8. Формування зміцнюючих шарів. Процеси іонно-променевої імплантації.

Процеси на поверхні деталей під час плазмово-іонної обробки. Етапи формування зміцнюючих шарів. Утворення хімічних сполук. Радіаційно-стимульована дифузія.

Модульний контроль 2.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усьог о	у тому числі				
		лекції	прак. р.	лаб.р.	інд.р.	сам.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1.						
Тема 1. Загальні положення	16	2	4	-	—	10
Тема 2. Вакуумно-дуговий розряд	22	4	4	-	—	14
Тема3.Вакуумно-дугові випарники	22	4	4	-	—	14
Тема 4. Вакуумно-дугові газові розряди.	20	4	4	-	-	12
Модульний контроль 1.	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	83	16	16	-	-	50
Змістовий модуль 2.						
Тема 5.Вакуумно-дугові покриття.	19	4	4	-	-	11
Тема 6. Комбіноване оброблення поверхонь.	22	4	4	-	-	14
Тема 7. Наноструктуровані покриття.	22	4	4	-	-	14
Тема 8. Формування зміцнюючих шарів. Процеси іонно-променевої імплантації.	18	2	4	-	-	12
Модульний контроль 2.	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	83	16	16	-	-	51
Усього годин	165	32	32	-	-	101

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк.Год.
1.	Загальні положення-	4
2	Вакуумно-дуговий розряд	4
3	Вакуумно-дугові газові розряди.	4
4	Властивості вакуумно-дугових покриттів	4
5	Надтверді покриття, отримані із застосуванням іонної імплантації.	4
6	Комбіноване оброблення поверхонь.	4
7	Наноструктуровані покриття.	4
8	Процеси іонно-променевої імплантації.	4
	Разом	32

7. Темилабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Критерії існування плазми. Дебаївське екранування.	8
2	Рух плазми. Плазмове наближення.	10
3	Електричний розряд між електродами у вакуумній камері.	10
4	Генерація електронів та іонів з поверхні твердого тіла.	10
5	Об'ємна іонізація.	10
6	Рекомбінація	10
7	Осадження покриття на поверхню деталі.	10
8	Принцип дії та конструкція пристроїв для утворення вакууму та контролю його складу.	10
9	Тліючий розряд та катодне розпилення.	10
10	Магнетронне осадження покриттів.	
11	Отримання покриттів методами термовакуумного випарення.	10
11	Отримання зміцнених шарів методами іонної імплантації.	10
	Разом	118

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення контролю виконання практичних завдань, письмового модульного контролю, фінальний контроль – у вигляді заліку.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання та захист практичних робіт за темами	0...5	5	0...25
Модульний контроль	10...21	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Виконання та захист практичних робіт	0...5	5	0...25
Модульний контроль	10...21	1	0...25
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови аспіранта від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту/заліку. При складанні семестрового контролю аспірант має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з двох теоретичних запитань

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:
Здати модульний контроль.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:
Зробити завдання

12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Виконати більшість завдання. Мати уяву про поширеність плазми у природі та загальний обрис її використання в техніці, основні етапи розвитку вакуумної техніки.; вміти знімати вольт-амперна характеристики електричного розряду між електродами; мати уяву про методи генерації плазми, тліючий розряд полий катод, катодне розпилення, дуговий розряд, стаціонарний магнетронний розряд.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати всі завдання. Знати все про поширеність плазми у природі та загальний обрис її використання в техніці, основні етапи розвитку вакуумної техніки.; вміти знімати вольт-амперна характеристики електричного розряду між електродами; мати уяву про методи генерації плазми, тліючий розряд полий катод, катодне розпилення, дуговий розряд, стаціонарний магнетронний розряд, конструкції магнетронів, конструкції вакуумних дугових джерел плазми.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Знати все про поширеність плазми у природі та загальний обрис її використання в техніці, основні етапи розвитку вакуумної техніки.; вміти знімати вольт-амперна характеристики електричного розряду між електродами; мати уяву про методи генерації плазми, тліючий розряд полий катод, катодне розпилення, дуговий розряд, стаціонарний магнетронний розряд, конструкції магнетронів, конструкції вакуумних дугових джерел плазми, етапи формування зміцнюючих шарів, утворення хімічних з'єднань, радіаційно-стимульовану дифузію.

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

3. Методичне забезпечення

1. Андреев А.О., Технологія машинобудування. Основи отримання вакуумно-дугових покриттів //Андреев А.О., Павленко В.М., Сисоев Ю.О. Місце видання: Харків Видавництво: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" : – 2018, –288 с. ISBN: 978-966-662-605-2
<http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2007/Proektirovanieiraschetvakuumnyhsistemispytatelinyhstendovitehnologicheskikhustanovok.pdf>
2. 1. Воробйов Ю.А., Сисоев Ю.О. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів. – 4-те вид., випр. і доп. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vorobjov_Pravila.pdf

14. Рекомендована література

Базова

1. Белан Н. В. Исследование локальных параметров плазмы в вакуумных технологических установках : определение потенциала плазмы, температуры и плотности электронов: метод. рекомендации по выполнению лаб. работы / Н. В. Белан, В. В. Колесник, С. С. Иващенко, В. П. Колесник, Л. В. Литовченко, Е. А. Исаев. // М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т" ; сост. - Х. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2004. - 15с. <http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2004/Issledovanielokalinyhparametrovplazmyvvakuumnyhtehnologicheskikhustanovkah.pdf>

2. Гайдуков В. Ф., Проектирование и расчет вакуумных систем испытательных стендов и технологических установок : курс лекций / В. Ф. Гайдуков, В. П. Колесник, Л. В. Литовченко, В. В. Колесник [та др.] //; М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". - К. - Миллениум, 2009. - 172 с .

3. Сысоев Ю.А. Принципы создания смесей газов для технологических плазменных устройств: Методичний посібник. // Харьков Видавництво: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т": 2017, -188 с. ISBN: 978-966-662-535-2

http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Sisoev_Principi_Sozdanija_Smesej_Gazov.pdf

4. Гайдуков В. Ф., Проектирование и расчет вакуумных систем испытательных стендов и технологических установок : учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию / В. Ф. Гайдуков, В. П. Колесник, Л. В. Литовченко, В. В. Колесник [та др.] ; М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". - Х. - Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2007. - 205 с. <http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2007/Proektirovanieirashchetvakuumnyhsistemispytatelinyhstendovitehnologicheskikhustanovok.pdf>

Допоміжна

1. Цветков И.В. Применение численных методов для моделирования процессов в плазме: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2007. - 84 с.

2. Беграмбеков Л.Б. Модификация поверхности твердых тел при ионном и плазменном воздействии. Учеб. пособие. - М.: МИФИ, 2001. - 34 с

3. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц: Пер. с англ. М.: Мир, 1987. - 640 с.

4. Бэдсел Ч., Ленгдон А. Физика плазмы и численное моделирование: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 452 с.

15. Інформаційні ресурси

<https://education.khai.edu/department/202>

<https://k202.tilda.ws/>