

Міністерство освіти і науки України

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

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



**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«Математичне моделювання і оптимізація комбінованих технологій»
(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
(код та найменування напрямку 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)

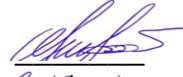
для здобувачів за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

освітньо-науковою програмою «Матеріалознавство»

« 20 » 06 2020 р., – 12 с.

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

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Широкий Ю.В.

(прізвище та ініціали)

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

(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

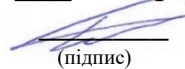
Широкий Ю.В.

(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)



(підпис)

О.О. Баранов

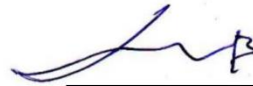
(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу

аспірантури і докторантури

(наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

(ініціали та прізвище)

В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,

докторантів і молодих вчених

(наукова 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> <small>(шифр та найменування)</small> Спеціальність <u>132</u> <u>«Матеріалознавство»</u> <small>(код та найменування)</small> Освітня програма <u>«Матеріалознавство»</u> <small>(найменування)</small> Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2020/2021
Індивідуальне завдання _____ <small>(назва)</small>		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, семінарські ¹⁾
		32 години
	Лабораторні ¹⁾	
	- години	
	Самостійна робота	
	101 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль іспит	

Примітка

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

$$\text{для денної форми навчання} - 34/101 = 0.63$$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння основних положень щодо моделювання процесів взаємодії плазми та поверхонь, що обробляються потоками іонів.

Завдання: застосування на практиці рівнянь фізики плазми для прогнозування процесів в плазмі та на поверхнях деталей.

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 галузі матеріалознавства та дотичних до нього міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства 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, обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів для конкретних умов експлуатації, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

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 матеріалознавстві та інших технічних науках.

Програмні результати навчання:

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з матеріалознавства 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. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми матеріалознавства державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати

досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. 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 матеріалознавстві та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з матеріалознавства та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми матеріалознавства з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства та у викладацькій практиці.

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

ПРН13. Знати сучасні методи ведення науково-дослідних робіт, інформаційні технології, методи експериментування, що застосовуються в дослідницькій практиці.

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.

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.

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни "Математичне моделювання і оптимізація комбінованих технологій"

Предмет вивчення і задачі дисципліни "Математичне моделювання і оптимізація комбінованих технологій".

ТЕМА 2. Рух окремих часток плазми в електричних та магнітних полях.

Постійні електричні та магнітні поля. Неоднорідне магнітне поле. Неоднорідне електричне поле. Нестационарне електричне поле. Нестационарне магнітне поле.

ТЕМА 3. Плазма як рідина.

Гідродинамічні рівняння. Дрейф рідини вздовж магнітного поля. Дрейф рідини перпендикулярно магнітному полю. Плазмове наближення.

ТЕМА 4. Дифузія та опір. Шари в плазмі.

Дифузія та опір в слабо іонізованих газах. Дифузія поперек магнітного поля. Дифузія Бома та неокласична дифузія. Умови формування шарів в плазмі. Плаваючий потенціал. Матричний шар. Чайльд-ленгмюровський шар.

Модульний контроль 1.

Змістовий модуль 2.

ТЕМА 5. Моделювання плазми методом часток.

Система рівнянь та алгоритм вирішення. Приклад застосування.

ТЕМА 6. Моделювання плазми за допомогою флюїдних моделей.

Система рівнянь та алгоритм вирішення. Приклад застосування.

ТЕМА 7. Моделювання плазми методом Монте-Карло.

Рівняння та використання в сукупності з іншими методами. Приклад застосування.

ТЕМА 8. Моделювання процесів на поверхні деталей, що обробляються потоками іонів.

Моделювання етапів формування зміцнених шарів на поверхні деталей. Утворення хімічних сполук. Радіаційно-стимульована дифузія. Залежність експлуатаційних характеристик деталей від режимів іонної обробки.

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. Рух окремих часток плазми в електричних та магнітних полях.	22	4	4	-	-	14
Тема 3. Плазма як рідина.	22	4	4	-	-	14
Тема 4. Дифузія та опір. Шари в плазмі.	20	4	4	-	-	12
Модульний контроль 1.	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	82	16	16	-	-	50
Змістовий модуль 2.						
Тема 5. Моделювання плазми методом часток.	19	4	4	-	-	11
Тема 6. Моделювання плазми за допомогою флюїдних моделей.	22	4	4	-	-	14
Тема 7. Моделювання плазми методом Монте-Карло.	22	4	4	-	-	14
Тема 8. Моделювання процесів на поверхні деталей, що обробляються потоками іонів.	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	2
2.	Рух окремих часток плазми в електричному полі	2
3.	Рух окремих часток плазми в магнітному полі	2
4.	Властивості плазми як рідини.	4
5.	Дифузія та опір у плазмі	2
6.	Шари в плазмі.	4
7.	Моделювання плазми методом часток.	4
8.	Моделювання плазми за допомогою флюїдних моделей.	4
9.	Моделювання процесів на поверхні деталей при обробці потоками іонів	4
10.	Моделювання плазми методом Монте-Карло.	4
Разом		32

7. Темилабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	-	-

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рух часток в електричних та магнітних полях.	8
2	Рівняння магнітної гідродинаміки.	11
3	Дифузія та опір у плазмі.	8
4	Шари в плазмі та їх вплив на параметри іонного потоку на поверхню деталі, що обробляється потоками іонів.	10
5	Адіабатичні інваріанти.	8
6	Типи хвиль в плазмі.	8
7	Стаціонарні рішення рівняння дифузії.	8
8	Зондові вимірювання.	8

9	1. Метод часток. Флюїдні моделі. Метод Монте-Карло.	8
10	Моделювання процесів на поверхні.	8
11	Рішення задачі прогнозування температурних режимів іонно-плазмової обробки.	8
12	Внутрішні напруги в покриттях.	8
	Разом	101

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

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

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують аспіранти (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 заліку 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 аспірант протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Виконати більшість завдання. Мати уяву про постійні електричні та магнітні поля, неоднорідне магнітне поле, неоднорідне електричне поле, нестационарне електричне поле, нестационарне магнітне поле, система рівнянь та алгоритм вирішення, приклад застосування, рівняння та використання в сукупності з іншими методами.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати всі завдання. Знати все про постійні електричні та магнітні поля, неоднорідне магнітне поле, неоднорідне електричне поле, нестационарне електричне поле, нестационарне магнітне поле, гідродинамічні рівняння, дрейф рідини вздовж магнітного поля, дрейф рідини перпендикулярно магнітному полю, плазмове наближення, дифузія та опір в слабо іонізованих газах, дифузія поперек магнітного поля.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Знати все про постійні електричні та магнітні поля, неоднорідне магнітне поле, неоднорідне електричне поле, нестационарне електричне поле, нестационарне магнітне поле, гідродинамічні рівняння, дрейф рідини вздовж магнітного поля, дрейф рідини перпендикулярно магнітному полю плазмове наближення, дифузія та опір в слабо іонізованих газах, дифузія поперек магнітного поля, дифузія Бома та неокласична дифузія, умови формування шарів в плазмі, плаваючий потенціал, матричний шар, Чайльд-ленгмюровський шар, система рівнянь та алгоритм вирішення. Моделювання етапів формування зміцнених шарів на поверхні деталей. Утворення хімічних сполук. Радіаційно-стимульована дифузія. Залежність експлуатаційних характеристик деталей від режимів іонної обробки.

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., Сисоєв 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/Proektirovanieiraschetvakuumnyhsistemispytateli nyhstendovitehnologicheskikhustanovok.pdf>
2. 1. Воробйов Ю.А., Сисоєв 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. Сисоєв Ю.А. Принципы создания смесей газов для технологических плазменных устройств: Методичний посібник. // Харьков Видавництво: Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Е. Жуковського "Харьк. авіац. ін-т": 2017, –188 с. ISBN: 978-966-662-535-2 <http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Sisoev Principi Sozdanija Smesej Gazov.pdf>
2. 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. аерокосм. ун-т ім. Н. Е. Жуковського "Харьк. авіац. ін-т" ; сост. - Х. - Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. Е. Жуковського "Харьк. авіац. ін-т", 2004. - 15с. <http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2004/Issledovanielokalinyhparametrovplazmyvvakuumnyhtehnologicheskikhustanovkah.pdf>

3. 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 .

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/Projektovanieiraschetvakuumnyhsistemispytatelinyhstendovitehnologicheskikhustanovok.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 твёрдых 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/>