

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 Безручко К.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вакуумна та криогенна техніка (іноземною мовою)
(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»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Вакуумна та кріогенна техніка (іноземною мовою)»
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
освітньою програмою «Супутники, двигуни та енергетичні установки»

«24» 08 2021 р., – 12 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 – 4	<p>Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p>Спеціальність <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> <small>(код і найменування)</small></p> <p>Освітня програма <u>«Супутники, двигуни та енергетичні установки»</u> <small>(найменування)</small></p> <p>Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	Цикл професійної підготовки за вибором
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 1		2021/2022
Індивідуальне завдання		Семестр
Загальна кількість годин – 42* / 120		8-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 5,6		Лекції*
		28 годин
		Практичні, семінарські*
		14 годин
		Лабораторні*
	8 годин	
Самостійна робота		
78 годин		
Вид контролю		
іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 0,54.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування знань про методи проектування вакуумних та криогенних систем та їх експлуатацію; фізико-хімічні, механічні, гідрогазодинамічні характеристики потоку газу, сорбційно-дифузійні процеси; вимірювання тиску та витрати газу.

Завдання:

придбання студентами необхідних знань та вмінь з розробки та експлуатації складних технічних систем на базі вакуумної та криогенної техніки. Вміння використати для професійного спілкування іноземну мову.

Результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

K07. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності (ФК):

K15. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

K16. Здатність розробляти і реалізовувати технологічні процеси виробництва елементів та об'єктів ракетно-космічної техніки.

Програмні результати навчання:

ПР06. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

ПР12. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

ПР14. Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці.

ПР20. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах ракетно-космічної техніки.

Міждисциплінарні зв'язки: повинні передувати курси «Електротехніка», «Інженерні основи авіаційно-космічної техніки», «Технологічні іонно-плазмові установки».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

ТЕМА 1. Історія розвитку вакуумної техніки. Області застосування вакуумної техніки. Елементи кінетичної теорії і газові закони. Поняття про ідеальний газ. Тепловий рух молекул і атомів. Закони ідеальних газів. Рівняння стану реальних газів. Закон розподілу молекул газу по швидкостях. Середня

довжина вільного пробігу. Явища перенесення. Дифузія газів. Теплопровідність газів.

ТЕМА 2. Взаємодія газів з твердими тілами. Про поглинання і виділення газів твердими тілами. Адсорбція і десорбція газів. Розчинність газів в твердих тілах. Тиск пари у вакуумній системі. Поняття «газ» і «пара». Тиск пари матеріалів. Тиск насиченої пари у вакуумній системі, температура окремих ділянок якої неоднакова.

ТЕМА 3. Теоретичні основи процесу відкачування. Основні визначення вакуумної техніки. Опір і провідність складного вакуумного трубопроводу. Основне рівняння вакуумної техніки. Процеси зміни стану газу у вакуумних системах. Критерії визначення меж режимів перебігу газу в трубопроводах. Розрахунок тривалості відкачування при квазістаціонарному перебігу газу і постійних газовиділенні і натіканні. Розрахунок тривалості відкачування при змінному газовому потоці.

ТЕМА 4. Вибір коефіцієнту використання вакуумних насосів. Вибір вакуумних насосів. Проектувальний розрахунок вакуумної установки. Вибір вакуумної схеми.

ТЕМА 5. Пристрій і принцип дії вакуумних насосів. Класифікація вакуумних насосів. Области дії вакуумних насосів. Основні параметри і характеристики вакуумних насосів. Водокільцеві насоси. **Механічні насоси з олійним ущільненням.** Пластинчато-роторні насоси. Насоси пластинчато-статорів. Плунжерні насоси. **«Безолійні насоси».** Двохроторні вакуумні насоси. Турбомолекулярні насоси. **Ежекторні насоси.** Водоструминні насоси. Дифузійні насоси. **Адсорбційні насоси.** **Насоси поверхневої дії.** Електродугові гетерні насоси. Магнітні електророзрядні насоси. Кріосорбційні насоси.

ТЕМА 6. Вакуумні пастки. Призначення і основні вимоги, що пред'являються до пасток. Основні типи вакуумних пасток. Механічні пастки. Низькотемпературні охолоджувані пастки. Адсорбційні пастки. Електричні пастки.

ТЕМА 7. Вимірювання загального тиску. Класифікація методів і приладів для вимірювання загального тиску. Деформаційні перетворювачі. Гідростатичні перетворювачі. Теплові перетворювачі. Електронні перетворювачі. Магнітні перетворювачі. Радіоізотопні перетворювачі. Градування перетворювачів для вимірювання загального тиску.

ТЕМА 8. Елементи вакуумних систем. Вакуумні з'єднання. Нерозбірні з'єднання. Зварні з'єднання. Умовно розбірні з'єднання. Паяні з'єднання. Металлостекляниє з'єднання. Розбірні вакуумні з'єднання.

ТЕМА 9. Внутрішньокамерні пристрої. Внутрішньокамерні пристрої установок вакуумного осадження тонких плівок. Екрани. Планетарні системи. Пристрої введення.

ТЕМА 10. Принципи побудови вакуумних систем. Основні вимоги, що пред'являються до вакуумних систем. Типові схеми вакуумних установок. Схеми вакуумних установок на базі дифузійних насосів. Високовакуумні

установки, що прогріваються. Вакуумні схеми устаткування, що відкачує. Схеми вакуумних установок безперервної дії.

ТЕМА 11. Забезпечення вакуумно-технічних параметрів в установках для осадження тонких плівок. Специфічні особливості вакуумних технологічних процесів модифікації поверхні. Вимоги до засобів, що відкачують. Робочі рідини вакуумних насосів. Механічні насоси з олійним ущільненням і способи захисту від агресивних газів.

ТЕМА 12. Конструкційні матеріали. Основні вимоги, що пред'являються до конструкційних матеріалів. **Метали і їх сплави.** Тугоплавкі метали і сплави. Метали і сплави зниженої тугоплавкої. **Метали і сплави спеціального призначення.** Метали з газопоглинаючими властивостями. **Благородні метали і ртуть. Магнітні матеріали.** Магнітно-м'які матеріали.. Пермалой. Альсіфери. Магнітодіелектрики. Ферити. Магнітно-тверді матеріали. **Кераміки.** Загальні вимоги. Хіміко-мінералогічний склад і структура. Вакуумні властивості кераміки.

ТЕМА 13. Визначення терміну «ОХОЛОДЖЕННЯ». Перший початок термодинаміки. Другий початок термодинаміки і ентропія. Ентропія ідеального газу. Абсолютна термодинамічна шкала температур і негативні абсолютні температури. **Фізичні властивості речовин при низьких температурах.** Стисливість газів і рідин. Густина. Теплове розширення твердих і рідких тел. Тиск насиченої пари. В'язкість. Теплопровідність. Електропровідність.

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. Введення. Історія розвитку вакуумної техніки. Області застосування вакуумної техніки.	1	1			
Тема 2. Елементи кінетичної теорії і газові закони.	7	2			5
Тема 3. Взаємодія газів з твердими тілами.	7	2			5
Тема 4. Теоретичні основи процесу відкачування.	7	2			5
Тема 5. Вибір коефіцієнту застосування вакуумних насосів.	6	1			5
Тема 6. Вибір вакуумних насосів.	7	1	2		4
Тема 7. Пристрій і принцип дії вакуумних насосів.	12	2	4		6
Тема 8. Вакуумні пастки.	6	1			5
Тема 9. Вимірювання загального тиску.	11	2	4		5
Тема 10. Елементи вакуумних систем.	10	2			8
Тема 11. Внутрішньокамерні пристрої.	7	2			5
Тема 12. Принципи побудови вакуумних систем.	11	2	4		5
Тема 13. Забезпечення вакуумно-технічних параметрів в вакуумних установках.	7	2			5
Тема 14. Конструкційні матеріали.	7	2			5

Тема 15. Визначення терміну «ОХОЛОДЖЕННЯ».	7	2			5
Тема 16. Фізичні властивості матеріалів при низьких температурах.	7	2			5
Разом за змістовним модулем 1	120	28	14		78
Усього годин	120	28	14		78

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	не передбачено	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Пристрій і принцип дії вакуумних насосів.	4
2	Вибір вакуумних насосів.	2
3	Вимірювання загального тиску.	4
4	Вивчення побудови вакуумних систем.	4
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	не передбачено	
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Елементи кінетичної теорії і газові закони.	5
2	Взаємодія газів з твердими тілами.	5
3	Теоретичні основи процесу відкачування.	5
4	Вибір коефіцієнту застосування вакуумних насосів.	5
5	Вибір вакуумних насосів.	4
6	Пристрій і принцип дії вакуумних насосів.	6
7	Вакуумні пастки	5
8	Вимірювання загального тиску.	5
9	Елементи вакуумних систем.	8

10	Внутрішньокамерні пристрої.	5
11	Принципи побудови вакуумних систем.	5
12	Забезпечення вакуумно-технічних параметрів в вакуумних установках .	5
13	Конструкційні матеріали.	5
14	Визначення терміну «ОХОЛОДЖЕННЯ».	5
15	Фізичні властивості матеріалів при низьких температурах	5
	Разом	78

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних робіт, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

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

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	14	0...14
Виконання і захист практичних робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	48...66	1	48...66
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. 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 роботи. Виказати розуміння кінетичної теорії, теоретичних основ процесу відкачування, методів вимірювання загального тиску, знати пристрій і принцип дії вакуумних насосів, мати уявлення про принципи побудови вакуумних систем.

Добре (75-89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати чітко розуміння кінетичної теорії, теоретичних основ процесу відкачування, методів вимірювання загального тиску, знати пристрій і принцип дії вакуумних насосів, знати методи вибору вакуумних насосів, чітко розуміти принципи побудови вакуумних систем. 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 в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати чітко розуміння кінетичної теорії, теоретичних основ процесу відкачування, методів вимірювання загального тиску, знати пристрій і принцип дії вакуумних насосів, знати методи вибору вакуумних насосів, чітко розуміти принципи побудови вакуумних систем. Виказати розуміння всіх положень методики виконання розрахунків

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. 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.

14. Рекомендована література

Базова

- 1 Розанов Л.Н. Вакуумная техника: Учеб. для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1990. - 320 с.
- 2 Пипко А.И. Конструирование и расчет вакуумных систем. - М.Машиностроение, 1989. – 432 с.
- 3 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.
- 4 Кучеренко Е.Т. Справочник по физическим основам вакуумной техники. – Киев: Вища школа, 1981, - 264 с.
- 5 Гайдуков В.Ф. Проектирование и расчет вакуумных систем испытательных стендов и технологических установок / В.Ф. Гайдуков, В.П. Колесник, В.В. Колесник, и др. - Киев: «Миллениум», 2009. – 172 с.

Допоміжна

- 1 Розанов Л.Н. Вакуумные машины и установки. - Ленинград, «Машиностроение», 1975, - 336 с.
- 2 Минайчев В.Е. Вакуумные крионасосы, - М., Энергия, 1976, - 152 с.
- 3 Справочник оператора установок по нанесению покрытий в вакууме /А.И. Костржицкий, В.Ф. Карпов, М.П. Кабанченко и др.-М.: Машиностроение, 1991.-176 с.
- 4 Данилин Б.С. Вакуумная техника. Техника измерения. - М.: Машиностроение, 1985.

15. Інформаційні ресурси

1. Каталог продукції. Компоненти вакуумних систем [Електрон. ресурс] / Edwards – Режим доступу: <http://www.edwardsvacuum.com/> – 20.05.2019.
2. Каталог продукції. Вакуумні системи та їх компоненти [Електрон. ресурс] / Leybold – Режим доступу: <https://www.leybold.com/en/> – 20.05.2019.

3. Каталог продукції. Вакуумні системи та їх компоненти [Електрон. ресурс] / Pfeiffer Vacuum – Режим доступу: <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 доступу: <http://plasmaport.com/> – 20.05.2019.