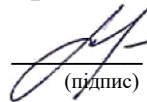


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Конструкцій і проектування ракетної техніки» (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Марина ШЕВЦОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 31 » 08 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Конструкція і проектування ракетних двигунів рідинного палива
(назва навчальної дисципліни)

Мајор: Ракети та ракетні двигуни

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

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

Освітня програма: Ракетно-космічна техніка
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Робоча програма «Конструкція і проектування ракетних двигунів
рідинного палива»

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 — Авіаційна та ракетно-космічна техніка
освітньою програмою Ракетно-космічна техніка

« 29 » 08 2023 р., – 7 с.

Розробник: Колоскова Г.М., зав.каф. 401, к. т.н., доцент

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


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри «Конструкцій і
проектування ракетної техніки»

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 31 » 08 2023 р.

Завідувач кафедри 401 к. т. н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Ганна КОЛОСКОВА
(ім'я та прізвище)

Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	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>Ракетно-космічна техніка</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2023/2024
Індивідуальне завдання <u>РГР</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 72/135		6-ий
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,5 самостійної роботи студента – 3,9		Лекції*
		32 годин
		Практичні, семінарські
		32 годин
		Лабораторні*
	8	
	Самостійна робота	
	63 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 72/63.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати знання, розвинути вміння і навички з проектування, прийняття конструктивних вирішень, здобуття основ конструювання та проектування РРД та їх агрегатів.

Завдання: Основними завданнями вивчення дисципліни «Конструкція і проектування ракетних двигунів рідинного палива» є розгляд фізичних, механічних особливостей процесів щодо роботоспроможності конструкцій гарячих агрегатів рідинних ракетних двигунів (РРД); засобів конструювання окремих вузлів з метою одержання найбільш надійних конструкцій; сучасних конструкцій гарячих агрегатів РРД, розрахункових схем та методів розрахунку основних вузлів агрегатів; матеріалів елементів конструкції та способи їх з'єднання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

- Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Програмні результати навчання:

- Застосовувати сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Пояснювати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Проектування камер РРД

Тема 1 Конструкція камери РРД. Режими роботи і навантаження камери.

Типові конструктивні схеми і структура камер РРД. Призначення основних вузлів. Умови роботи камер РРД. Основні режими роботи камер РРД. Умови роботи та навантаження камер. Головні вимоги до конструкцій камер РРД та матеріалів. Вибір основних параметрів РРД. Вибір системи постачання палива. Тепловий захист камери РРД.

Тема 2. Типові конструктивні схеми основних елементів камер РРД.

Типові конструктивні рішення. Корпуси камер з рідким зв'язком оболонок. Корпуси камер з частим зв'язком. Аналіз видів зв'язку оболонок. Критерії частоти зв'язку оболонок. Основні параметри, галузь використання, матеріали. Типові конструктивні рішення зв'язку оболонок по гофровим проставкам та ребрам, які фрезеровані. З'єднання блоків камер РРД. Способи з'єднання блоків камер РРД. Типові конструктивні рішення вузлів з'єднання блоків камери та сумішевої головки. Особливості конструкції блоків з'єднання при застосуванні різноманітних матеріалів оболонок. Вузли теплового захисту камери. Конструкція та проектування підвідних магістралей, колекторів, вузлів кріплення камери та арматури.

Тема 3 Несуча здатність оболонок камери

Розрахункова схема камери згоряння. Несуча здатність одношарової циліндричної оболонки. Несуча здатність двошарової циліндричної оболонки без урахування осьового навантаження. Несуча здатність двошарової циліндричної оболонки з урахуванням осьового навантаження. Порядок розрахунку несучої здатності камери. Вплив режимів роботи камери та її конструкції на місцеву стійкість. Види зв'язку оболонок. Розрахункова схема оболонок, які мають підкріплення. Розрахунок на зріз оболонок. Розрахунок міцності пайки. Розрахунок міцності зв'язків. Місцева міцність камери трубчастої конструкції. Методика розрахунку надійності міцності

Змістовний модуль 2

Проектування і конструювання сумішевих головок РРД

Тема 1. Конструкція сумішевих головок

Типові конструктивні схеми та структура сумішевих головок, призначення основних елементів. Класифікація головок. Типові схеми розводу компонентів у сумішевої головці. Засоби з'єднання сумішевих головок з корпусом камери РРД. Послідовність проектування сумішевих головок. Розрахунки і проектування елементів сумішевих головок.

Тема 2. Форсунок

Струменеві форсунок. Типові конструкції рідинних струминних форсунок. Особливості розрахунку і проектування. Відцентрові форсунок. Типові конструкції відцентрових форсунок. Основи розрахунку та проектування відцентрових форсунок. Однокомпонентні тангенціальні та шнекові струминно-відцентрові форсунок. Типові конструкції струминно-відцентрових форсунок. Двохкомпонентні форсунок. Типові схеми двохкомпонентних форсунок для палива “рідина-рідина”, “газ-рідина” та “газ-газ”. Засоби кріплення форсунок.

Тема 3. Конструкція та проектування форсуночних блоків РРД.

Схеми розташування форсунок та його вплив на процеси у камері згоряння. Вимоги до конструкцій блоків і матеріалів. Розташування та кріплення форсунок у форсуночному блоці. Напружено-деформований стан форсуночного блоку. Міцність зовнішнього днища

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. Проектування камер РРД					
Тема 1 Конструкція камери РРД. Режим роботи і навантаження камери.	12	4	2	-	6
Тема 2. Типові конструктивні схеми основних елементів камер РРД.	24	6	8	4	6
Тема 3 Несуча здатність оболонок камери	16	4	6	-	6
Модульний контроль	2	2	-	-	-
Разом за змістовним модулем 1	54	16	16	-	18
Змістовний модуль 2 Конструювання камер РРД					
Тема 1. Конструкція сумішевих головок	20	4	6	4	6
Тема 2. Форсунки	16	4	6	-	6
Тема 3. Конструкція та проектування форсуночних блоків РРД.	16	6	4	-	6
Модульний контроль	2	2	-	-	-
Разом за змістовним модулем 2	54	16	16	-	18
Усього годин	108	32	32	8	36
Модуль 2					
Розрахункова робота	27	-	-	-	27
Усього годин	135	32	32	8	63

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення основних геометричних характеристик камери згоряння та сопла	2
2	Збудування контуру камери згоряння та сопла.	4
3	Проектування корпусу камери.	2
4	Проведення розрахунку охолодження камери.	2
5	Проведення розрахунків на несучу здібність камери згоряння.	2
6	Локальна міцність камери. Міцність верхнього донця.	2
7	Проектування арматури та вузлів кріплення камери.	2
8	Визначення коефіцієнту збитку кисню. Розрахунок теоретичного та дійсного витрат палива.	2
9	Проектування сумішевої головки.	4
10	Розрахунок міцності верхнього донця.	2
11	Розрахунки паливних форсунок.	4

12	Проектування форсуночного блоку	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Камера РРД РД-1ХЗ.	2
2	Камера РРД РД-100.	2
3	Конструкція сумішевої головки РРД СК-1К.	2
4	Конструкція сумішевої головки РРД РО-1.	2
		8

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація корпусів камер. Класифікація корпусів камер з конструктивних ознак	2
2	Особливості запуску РРД. Вплив різноманітних факторів на запуск РРД.	2
3	Імпульс післядії (ІПД). Режим роботи камер. Конструктивні засоби зменшення ІПД	2
4	Трубчаті камери РРД. Особливості технології виготовлення трубчатих камер	3
5	Особливості технології виготовлення оболонок з ребрами	3
6	Технологія виготовлення блоків-вставки у критичній перетин сопла	3
7	Особливості конструкції та технології виготовлення колекторів підводу компонентів та інших елементів камери РРД.	3
8	Основні вимоги до конструкції сумішевих головок	3
9	Особливості конструкцій сумішевих головок, типові конструктивні рішення.	3
10	Вибір конструкції форсунок в залежності від типу палива	6
11	Класифікація форсуночних блоків.	2
12	Функції форсуночних блоків, їх класифікація з конструктивних ознак, умови роботи форсуночних блоків.	4
	Разом	32

9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота «Проектування камери РРД»

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), виконання розрахунково-графічної роботи

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді диф. заліку.

12. 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			
Виконання і захист практичних робіт	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...3	6	0...18
Модульний контроль	0...19	1	0...20
Виконання і захист РГР	0...24	1	0...24
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/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 одного практичного питання. Максимальна кількість балів за кожне теоретичне питання становить 30 балів, максимальна кількість балів за практичне питання 40 балів (сума – 100 балів).

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні роботи. Знати класифікацію ракетних двигунів, основні конструктивні вузли камери згоряння та сопла та їх функції та конструктивні особливості.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі передбачені програмою завдання. Показати вміння виконувати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням загальних рішень та заходів. Знати Технічні, виробничо-економічні та експлуатаційні; функції конструктивних вузлів камери згоряння і сопла; основні види навантажень на камери згоряння, режими роботи камер, вміти аналізувати структурні та схемні рішення щодо камер РРД.

Відмінно (90 - 100). Повністю володіти основним та додатковим матеріалом передбаченим програмою дисципліни. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Здати всі контрольні точки вчасно та з оцінкою «добре» або «відмінно».

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

1. Завістовський Д.І., Спесівцев В.В. Конструкція и проектування агрегатів РРД. Камери. Навчальний посібник. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2006. – 122 с.
2. Спесівцев В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Конструкція і проектування агрегатів РРД» – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», каф. 401, 2013.

14. Рекомендована література

Базова

1. Alessandro de Iaco Veris Fundamental Concepts of Liquid-Propellant Rocket Engines 2020. 747p.
2. David Altman. Liquid Propellant Rockets. 2015. 198
3. Jim Ras. Design of Liquid Propellant Rocket Engines. 2016. 414p.

Допоміжна

1. George Paul Sutton. History of Liquid Propellant Rocket Engines. 2006. 919p.
2. Liquid Rocket and Propellants. Edit. L.E. Bollinger. 2013. 698p.
3. James R Ph D, James R. Design of Liquid-Fueled Rocket Engines. 2017. 202p.
4. Andrew M. Brown. Structural Dynamics of Liquid Rocket Engines 2023. 167p.

15. Інформаційні ресурси

1. Ракетно-коосмічна техніка <https://old.yuzhnoye.com/ua/technique/> [Електронний ресурс]