

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

Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи

 В.О. Серeda
(підпис) (ініціали та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Живлення та управління ракетних двигунів
(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: Ракетні двигуни та енергетичні установки
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Живлення та управління ракетних двигунів

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 Авіаційні та ракетно-космічні комплекси
освітньою програмою Ракетні двигуни та енергетичні установки

« 26 » 08 2021 р., – 10 с.

Розробник: Завістовський Д.І. доцент каф. 401, канд. техн. наук

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


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри конструкцій і проектування
ракетної техніки

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 27 » 08 2021 р.

В.о. завідувача кафедри канд. техн. наук

(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

В.О. Серeda

(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 12,5	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>«Ракетні двигуни та енергетичні установки»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	За вибором	
Модулів –		Рік підготовки: 2021/2022	
Змістових модулів –			
Індивідуальне науково-дослідне завдання: РГР, РР		Семестр 9	Семестр 10
Загальна кількість годин – 375			
Годин для денної форми навчання: аудиторних – 88 самостійної роботи студента – 287		Лекції * 16 год.	Лекції * 16 год.
		Практичні * 0 год.	Практичні * 8 год.
		Лабораторні 32 год.	Лабораторні 16 год.
		Самостійна робота 222 год.	Самостійна робота 65 год.
		Індивідуальні завдання: 0 год.	Індивідуальні завдання: 0 год.
	Вид контролю: іспит	Вид контролю: іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 88*/287*

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчання – вивчення студентами живлення і управління системами рідинних ракетних двигунів.

Завдання – навчити студентів розуміти процеси живлення і управління рідинних ракетних двигунних установок, отримати навички проектування агрегатів автоматики пневмогидравлічних систем РРД.

Результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- принципи пристрою систем живлення і регулювання РРДУ, їхній взаємозв'язок;
- принципові схеми РРДУ на основі різних схем живлення (подачі паливних компонентів);
- принципові схеми розміщення регуляторів і стабілізаторів у різних системах живлення;
- типові конструктивні і принципові схеми автоматичних регуляторів;

- що таке кінцеві автомати РРДУ, їхній пристрій та різновиди;
- про перехідні процеси у пневмо-гідравлічних системах РРД;

вміти:

- робити повний цикл видів проектування агрегатів автоматики РРД;

мати навички:

- роботи з технічною документацією і описами пневмо-гідравлічних схем існуючих РРД.

Міждисциплінарні зв'язки. При вивченні дисципліни студент повинен мати підготовку в області технічних дисциплін, термодинаміки, гідрогазодинаміки, фізичної хімії.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. (9 семестр)

ТЕМА 1. Принципи пристрою систем живлення і регулювання РРДУ. Їхній взаємозв'язок. Основні поняття і визначення. Класифікація систем живлення. Пневмо-гідравлічна система РРД. Класифікація систем регулювання.

ТЕМА 2. Принципові схеми РРДУ на основі різних схем живлення (подачі паливних компонентів). РРДУ з витіснювальною системою подачі палива і газовим акумулятором тиску. РРДУ з насосною системою подачі палива. Варіанти РРДУ з насосною системою подачі паливних компонентів. Системи подачі без допалювання генераторного газу після турбіни. Система подачі з автономним паливом для живлення турбіни робочим тілом. Система подачі з використанням основних паливних компонентів для живлення турбіни робочим тілом. Система подачі з використанням двох ТНА для живлення турбін основними паливними компонентами. Особливості системи живлення з насосною подачею киснево-водневого палива. Системи подачі з допалюванням генераторного газу після турбіни. Система живлення з допалюванням відновного газу після турбіни. Система живлення з двома ТНА, що живляться автономними відновними газогенераторами. Система живлення з двома газогенераторами і допалюванням окислювального і відновного газу після турбіни.

ТЕМА 3. Виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування газового регулятора тиску прямої дії». Робота з атласами конструкцій агрегатів автоматики, розробка складального креслення регулятора тиску, консультації з викладачем.

Змістовий модуль 2. (Семестр 10)

Модуль 1

ТЕМА 4. Системи керування процесом функціонування ДУ. Регулятори. Стабілізатори.

ТЕМА 5. Деякі принципові схеми розміщення регуляторів і стабілізаторів у різних системах живлення. Система керування параметрами ДУ при живленні турбіни автономним робочим тілом. Система керування параметрами ДУ при живленні турбіни власними компонентами палива. Системи керування параметрами ДУ з допалюванням генераторного газу після турбіни.

ТЕМА 6. Типові конструктивні і принципові схеми автоматичних регуляторів.

Пневмо-гідравлічний мембранний регулятор тиску прямої дії. Гідромеханічний сифонний регулятор тиску прямої дії. Гідромеханічний плунжерний регулятор витрати прямої дії. Регулятор витрати з гідромеханічним підсилювачем. Пристрій і характеристики газових редукторів. Витратний газовий редуктор. Безвитратний командний редуктор.

Модуль 2.

ТЕМА 7. Кінцеві автомати РРДУ. Класифікація. Пристрій і принцип дії типових клапанних агрегатів РРДУ. Мембрани примусового прориву. Піроножеві мембранні клапани. Зворотні і запобіжні клапани. Головні паливні клапани. Клапани однократно-повторного

включення. Заправно-дренажні паливні клапани. Електропневмоклапани з нормально закритою клапанною парою. Електропневмоклапани з нормально відкритою клапанною парою. Електропневмоклапани подвійної дії. Клапанні розподільники витрат палива.

ТЕМА 8. Перехідні процеси у пневмо-гідравлічних системах РРД. Запуск РРДУ. Характерні види запусків РРД. Зупинення РРДУ. Імпульс післядії двигуна (ПІД), заходи щодо його зменшення.

ТЕМА 9. Виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування газового регулятора тиску прямої дії». Робота з атласами конструкцій агрегатів автоматики, розробка робочих креслень до складального креслення регулятора тиску, консультації з викладачем.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		лекц	прак	лаб	інд	с.р.
Змістовий модуль 1. (Семестр 9)						
Модуль 1.						
Тема 1. <i>Основні поняття і визначення. Класифікація систем живлення. Пневмо-гідравлічна система РРД. Класифікація систем регулювання.</i>	21	1				20
Тема 2. <i>РРДУ з витіснювальною системою подачі палива і газовим акумулятором тиску.</i>	31	1				30
<i>РРДУ з насосною системою подачі палива. Варіанти РРДУ з насосною системою подачі паливних компонентів.</i>	22	2				20
<i>Системи подачі без допалювання генераторного газу після турбіни. Система подачі з автономним паливом для живлення турбіни робочим тілом.</i>	32	2				30
<i>Система подачі з використанням основних паливних компонентів для живлення турбіни робочим тілом. Система подачі з використанням двох ТНА для живлення турбін основними паливними компонентами.</i>	22	2				20
	128	8				120
Модуль 2.						
<i>Особливості системи живлення з насосною подачею киснево-водневого палива.</i>	22	2				20
<i>Системи подачі з допалюванням генераторного газу після турбіни. Система живлення з допалюванням відновного газу після турбіни.</i>	32	2				30
<i>Система живлення з двома ТНА, що</i>	22	2				20

<i>живляться автономними відновними газогенераторами</i>						
<i>Система живлення з двома газогенераторами і допалюванням окислювального і відновного газу після турбіни.</i>	12	2				10
Тема 3. <i>Виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування газового регулятора тиску прямої дії»</i>	54		32			22
Разом за змістовим модулем 1	142	8	32			102
Разом за 9 семестр	270	16	32			222
Змістовий модуль 2. (Семестр 10)						
Модуль 1.						
Тема 4. <i>Регулятори.</i> Тема 12. <i>Стабілізатори.</i>	5	1				4
Тема 5. <i>Система управління параметрами ДУ при живленні турбіни автономним робочим тілом.</i> Тема 14. <i>Система управління параметрами ДУ при живленні турбіни власними компонентами палива.</i>	6	2				4
<i>Системи управління параметрами ДУ з допалюванням генераторного газу після турбіни.</i> Тема 16. <i>Пневмо-гідравлічний мембранний регулятор тиску прямої дії.</i>	6	2				4
Тема 6. <i>Гідромеханічний сильфонний регулятор тиску прямої дії.</i> Тема 18. <i>Гідромеханічний плунжерний регулятор витрати прямої дії.</i>	5	1				4
<i>Регулятор витрати з гідромеханічним підсилювачем.</i>	3	1				2
<i>Пристрій і характеристики газових редукторів. Витратний газовий редуктор.</i> Тема 21. <i>Безвитратний командний редуктор.</i>	5	1				4
Разом за модулем 1	30	8				22
Модуль 2.						
Тема 7. <i>Кінцеві автомати РРДУ. Класифікація. Пристрій і принцип дії типових клапанних агрегатів РРДУ. Мембрани примусового прориву.</i>	3	1				2
<i>Піроножеві мембранні клапани. Зворотні і запобіжні клапани.</i>	3	1				2
<i>Головні паливні клапани. Клапани однократно-повторного включення.</i>	3	1				2
<i>Заправно-дренажні паливні клапани. Електропневмоклапани з нормально закритою клапанною парою.</i>	3	1				2
<i>Електропневмоклапани з нормально</i>	3	1				2

<i>відкритою клапанною парою. Електро-пневмоклапани подвійної дії.</i>						
Тема 8 <i>Клапанні розподільники витрат палива.. Запуск РРДУ. Характерні види запусків РРД.</i>	2	1				1
<i>Зупинення РРДУ. Тема 35. Імпульс післядії двигуна (ППД), заходи щодо його зменшення.</i>	3	2				1
<i>РРДУ з витіснювальною системою подачі палива. РРДУ з насосною системою подачі палива без допалювання генераторного газу після турбіни.</i>	5			4		1
<i>РРДУ з насосною системою подачі палива з допалюванням генераторного газу після турбіни.</i>	19			4		15
Тема 9. <i>Виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування газового регулятора тиску прямої дії»</i>	31		16			15
Разом за змістовим модулем2	75	8	16	8		43
Разом за10 семестр	105	16	16	8		65
РАЗОМ З ДИСЦИПЛІНИ	375	32	48	8		287

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Робота з атласами конструкцій агрегатів автоматики, розробка складального креслення регулятора тиску, консультації з викладачем.	4
2	Робота з атласами конструкцій агрегатів автоматики, розробка робочих креслень до складального креслення регулятора тиску, консультації з викладачем.	4
	Разом	8

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення пневмо-гідравлічної схеми РРД С2-253А	8
2	Вивчення пневмо-гідравлічної схеми РРД РО-1	8
3	Вивчення пневмо-гідравлічної схеми РРД РД-107	8
4	Вивчення пневмо-гідравлічної схеми РРД 8Д719 (РО-7)	8
5	Вивчення пневмо-гідравлічної схеми РРД 8Д43	8
6	Вивчення пневмо-гідравлічної схеми РРД 11Д122	8
	Разом	48

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Принципи регулювання твердопаливних ракетних двигунів.	30
2	Системи живлення з допалюванням окислювального газу після турбіни.	40
3	Безгенераторна система живлення з допалюванням відбудовного газу після турбіни.	30
4	Стійкість роботи системи живлення.	30
5	Варіанти схем керування процесом функціонування в залежності від схеми живлення.	40
9	Виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування газового регулятора тиску прямої дії»	117
	Разом	287

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

10. Методи навчання

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

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів. Виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування газового регулятора тиску прямої дії».

12. Розподіл балів, які отримують студенти (іспит)

Семестр 9

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
1. Робота на лекціях	0..1	4	0..4
2. Виконання та захист лабораторних робіт	1..2	8	8..16
3. Виконання розрахунково-графічної роботи	10..15	1	10..15
4. Складання модульного контролю	12..16	1	12..15
Модуль 2			
1. Робота на лекціях	0..1	4	0..4
2. Виконання та захист лабораторних робіт	1..2	8	8..16
3. Виконання та захист розрахунково-графічної роботи	10..15	1	10..15
4. Складання модульного контролю	12..16	1	12..15
Всього за семестр			60...100

Семестр 10

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
1. Робота на лекціях	0..1	4	0..4
2. Виконання та захист лабораторних робіт	2..3	4	8..12
3. Виконання та захист розрахунково-практичної роботи	10..16	1	10..16
4. Складання модульного контролю	12..18	1	12..18
Модуль 2			
1. Робота на лекціях	0..1	4	0..4
2. Виконання та захист лабораторних робіт	2..3	4	8..12
3. Виконання та захист розрахунково-практичної роботи	10..16	1	10..16
4. Складання модульного контролю	12..18	1	12..18
Всього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточно-го тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту має тестовий вигляд. Складається з 25 теоретичних запитань. Максимальна кількість балів за кожне питання 4 бали (сума – 100 балів).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи пристрою систем живлення і регулювання РРДУ, їхній взаємозв'язок;
- принципові схеми РРДУ на основі різних схем живлення (подачі паливних компонентів);
- принципові схеми розміщення регуляторів і стабілізаторів у різних системах живлення;
- типові конструктивні і принципові схеми автоматичних регуляторів;
- що таке кінцеві автомати РРДУ, їхній пристрій та різновиди;
- про перехідні процеси у пневмо-гідравлічних системах РРД;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- робити повний цикл видів проектування агрегатів автоматики РРД;

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні та лабораторні роботи. Знати принципи пристрою систем живлення і регулювання РРДУ, їхній взаємозв'язок; орієнтуватися у принципових схемах РРДУ на основі різних схем живлення (подачі паливних компонентів).

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі передбачені програмою завдання. Володіти матеріалом на середньому рівні. Показати вміння виконувати всі практичні та лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням загальних рішень та заходів. Вміти пояснити процеси, які протікають у камері рідинного ракетного двигуна. Знати типові конструктивні і принципові схеми автоматичних регуляторів; знати що таке кінцеві автомати РРДУ, їхній пристрій та різновиди.

Відмінно (90 - 100). Повністю володіти основним та додатковим матеріалом передбаченим програмою дисципліни. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

Вміти виконати та добре орієнтуватися в матеріалах розробки повного циклу проектування агрегатів автоматики РРД;. Вміти пояснити отримані результати.

Здати всі контрольні точки вчасно та з оцінкою «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

Навчальні посібники:

1. Грищенко А. В., Грушенко А. М., Завистовский Д. И. Конструкция и проектирование агрегатов жидкостных ракетных двигателей. Газовые регуляторы давления. – Учеб. пособие. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 48 с.
2. Описания двигателей №12, №61, №305, №53 в спецбиблиотеке.

14. Рекомендована література

Базова

1. Козлов А.А., Новиков В.Н., Соловьев Е.В. Системы питания и управления жидкостных ракетных двигательных установок. — М.: Машиностроение, 1988.
2. Гликман Б.Ф. Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей. — М.: Машиностроение, 1974.

Допоміжна

1. Беляев Н.М. Расчет пневмогидравлических систем ракет. — М.: Машиностроение, 1983.
2. Бабкин А.И., Белов С.В., Рутовский Н.Б., Соловьев Е.В. Основы теории автоматического управления двигательными установками. — М.: Машиностроение, 1978.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.yuzhnoye.com/>
2. <https://www.nasa.gov/>