

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

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

С.М. Нижник

(ініціали та прізвище)

«30»

09

2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Конструкції авіаційних двигунів

(назва навчальної дисципліни)

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

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

Освітня програма: «Технології виробництва авіаційних двигунів
та енергетичних установок»
(найменування освітніх програм)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

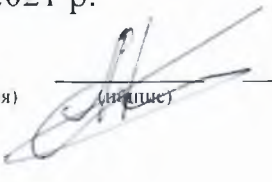
Робоча програма Конструкції авіаційних двигунів
(назва дисципліни)
 для здобувачів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна
 техніка»
(найменування спеціальності)
 освітньою програмою «Технології виробництва авіаційних двигунів
 та енергетичних установок»
(найменування)

« 31 » 08 2021 р., – 11 с.

Розробник: Даценко В.А., асистент каф. 201
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)  (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри № 201
«Теорії авіаційних двигунів»
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 31 » 08 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)  Л.Г. Бойко
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни. Денна форма навчання	
4 роки	3 роки		4 роки	3 роки
Кількість кредитів		Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (цифр та найменування)	Цикл професійної підготовки	
6	4			
Кількість модулів		Спеціальність <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> (код та найменування)	Навчальний рік	
2	2			
Кількість змістовних модулів		Освітня програма <u>«Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок»</u> (найменування)	2021/2022	
2	2			
Індивідуальне завдання: Розрахунково-графічна робота « <u>Термогазодинамічний розрахунок ТРД і ТРДФ</u> » (назва)		Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Семестр	
Загальна кількість годин			6-й	4-й
180	120	Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,0 год. самостійної роботи здобувача – 7,25 год.	Лекції ¹⁾	
			32 год.	32 год.
			Практичні ¹⁾	
			0 год.	0 год.
			Лабораторні ¹⁾	
			32 год.	32 год.
			Самостійна робота	
			116 год.	56 год.
Вид контролю		Модульний контроль, іспит, залік		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
4 роки: 64/116, 3 роки: 64/56.

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надбання знань з конструкції авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД), розрахунків на міцність деталей ГТД, норм міцності, конструкційних матеріалів, які використовуються у двигунах.

Завдання: вивчення конструкції авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД) та розрахунків на міцність деталей ГТД.

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

Загальні:

ЗК 6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК 8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові:

ФК3. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ФК4. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.

ФК5. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Програмні результати навчання:

ПРН4. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі.

ПРН9. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН10. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.

ПРН16. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН17. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН19. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Міждисциплінарні зв'язки:

-для вивчення «Конструкції авіаційних двигунів» потрібні знання з дисциплін «Фізика», «Термодинаміка і теплообмін», «Газова динаміка», «Теоретична механіка».

-«Конструкції авіаційних двигунів» забезпечує вивчення дисциплін «Технологія двигунобудування»

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Схеми, цикли та основні параметри силової установки з ГТД

Змістовий модуль 1. Силові установки з ГТД та їх параметри

Тема 1. Вступ до дисципліни «Конструкція авіаційних двигунів» (АД).

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані та її значення. Особливості вивчення дисципліни, навчальна література. Історичний огляд розвитку теорії АД.

Тема 2. Будова силової установки з ГТД та її параметри

Силова установка (СУ) з ГТД та її основні параметри. Ефективна і внутрішня тяга силової установки СУ. Зовнішній опір СУ. Еквівалентна потужність ТГД. Основні питомі параметри СУ з ГТД. Класифікація ГТД і області їх використання. Схеми ГТД. Газогенераторна частина. Ступінь двоконтурності. Температура змішування потоків в ТРДДзм. Теплові діаграми ГТД. Ефективна та вільна роботи. Поняття приєднаної маси повітря гвинтом чи вентилятором. Ефект приєднаної маси. ККД та енергетичний баланс СУ з ПвРД.

Тема 3. Термодинамічний аналіз циклу ГТД

Вираз корисної (ефективної) роботи циклу ТРД через параметри робочого процесу. Зв'язок ефективної і вільної роботи з питомою тягою двигуна.

Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ступеня підігріву повітря.

Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ступеня підвищення тиску. Оптимальний та економічний ступень підвищення тиску.

Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ККД процесів стиснення і розширення.

Залежності питомої потужності і питомих витрат палива ТВаД і ТГД від параметрів робочого процесу.

Оптимальний розподіл роботи циклу ТГД між гвинтом і реакцією реактивної струї.

Мета та способи форсування ГТД.

Теплова діаграма ТРДФ.

Залежності питомої тяги і питомих витрат палива ТРДФ від параметрів робочого процесу. Вибір параметрів циклу у проектуванні ТРД і ТРДФ. Параметри робочого процесу та питомі параметри ТРДД. Робота циклу ТРДД без змішування потоків і її оптимальний розподіл між контурами. Оптимальний розподіл роботи циклу між контурами ТРДД і ТРДДФ зі змішуванням потоків. Вплив параметрів робочого процесу на питомі параметри ТРДД і ТРДДФ.

Тема 4. Характеристики елементів ГТД

Призначення, класифікація, основні параметри вхідних пристроїв і вимоги до них.

Дозвукові вхідні пристрої. Пілозахисні пристрої.

Надзвукові вхідні пристрої внутрішнього стиснення.

Надзвукові вхідні пристрої зовнішнього стиснення.

Характеристики вхідних пристроїв.

Помпаж і «зуд» надзвукових вхідних пристроїв зовнішнього стиснення.

Регулювання надзвукових вхідних пристроїв.

Характеристики компресора: загальний вигляд, розузгодження режимів роботи ступенів на нерозрахункових режимах роботи компресора, регулювання компресора.

Призначення, класифікація і вимоги до камер згоряння. Основні параметри камер згоряння.

Основні закономірності процесу горіння.

Організація робочого процесу в основних камерах згоряння ГТД.

Особливості організації робочого процесу в форсажних камерах.

Експлуатаційні характеристики основних і форсажних камер згоряння.

Вібраційне горіння палива і способи його попередження.

Характеристики турбін: характеристики ступеня газової турбіни, особливості характеристик багатоступеневих турбін; регулювання турбін.

Призначення, класифікація, основні параметри і вимоги до вихідних пристроїв.

Сопла для докритичних і надкритичних перепадів тиску.

Характеристики та регулювання вихідних пристроїв.

Модульний контроль

Модуль 2

Спільна робота елементів та характеристики СУ з ГТД

Змістовий модуль 2. Закони управління та спільна робота елементів СУ

Тема 5. Програми управління та спільна робота елементів силової установки

Система рівнянь, що описують спільну роботу елементів одновального ТРД.

Задачі управління (регулювання) ТРД і поняття про закони управління (регулювання) двигуна.

Спільна робота турбіни і реактивного сопла одновального ТРД.

Спільна робота компресора, камери згоряння і турбіни одновального ТРД.

Коефіцієнти стійкості та запаси стійкості роботи компресора. ЛСР при умові $\pi_t^* = \text{const}$ (однопараметричний закон управління). ЛСР при законі управління $T_g^* = \text{const}$ і $n = \text{const}$ (двопараметричний закон управління). Особливості спільної роботи газових турбін і сопла двовальних ТРД. Особливості спільної роботи компресора, камери згоряння і турбіни двовальних ТРД.

Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТГД.
Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТВаД.

Тема 6. Характеристики силових установок з ГТД

Номенклатура основних режимів роботи ГТД, характеристики силових установок з ГТД та методи їх одержання.

Швидкісні характеристики силових установок з ТРД.

Особливості швидкісних характеристик силових установок з ТРДД.

Швидкісні характеристики силових установок з ТГД. Висотні характеристики силових установок з ГТД. Обмеження на висотно-швидкісних характеристиках ТРД. Діапазон висот та швидкостей ЛА і області обмежень режимів роботи силової установки. Дросельні характеристики СУ з ТРД. Вплив законів управління (регулювання) на дросельні характеристики ТРД. Особливості дросельних характеристик СУ з ТРДД. Дросельні характеристики СУ з ТГД і ТВаД. Подібність режимів роботи ГТД. Приведення результатів випробувань ГТД до стандартних атмосферних умов. Кліматичні характеристики ГТД.

Тема 7. Несталі режими роботи ГТД

Умови спільної роботи елементів ГТД в несталих процесах.

Прийомистість і скид газу ТРД.

Запуск ТРД.

Особливості перехідних процесів двохвальних ТРД.

Особливості перехідних процесів ТВаД і ТГД.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1 (блок змістовних модулів)					
Змістовий модуль 1. Силові установки з ГТД та їх параметри					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни	4	1	–	–	3
Тема 2. Будова силової установки з ГТД та їх параметри	26	5	–	8	13
Тема 3. Термодинамічний аналіз циклу ГТД	35	5	–	8	22
Тема 4. Характеристики елементів ГТД	33	5	–	6	22
Разом за модулем 1	24	16	–	22	60

Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Закони управління та спільна робота елементів СУ					
Тема 5. Програми управління та спільна робота елементів силової установки	32	6	–	4	22
Тема 6. Характеристики силових установок з ГТД	34	6	–	6	22
Тема 7. Несталі режими роботи ГТД	16	4	–	–	12
Разом за модулем 2	82	16	–	10	56
Усього годин за семестр	180	32	–	32	116

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1 (блок змістовних модулів)					
Змістовий модуль 1. Силкові установки з ГТД та їх параметри					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни	2	1	–	–	1
Тема 2. Будова силової установки з ГТД та їх параметри	18	5	–	8	5
Тема 3. Термодинамічний аналіз циклу ГТД	23	5	–	8	10
Тема 4. Характеристики елементів ГТД	23	5	–	6	12
Разом за модулем 1	66	16	–	22	28

Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Закони управління та спільна робота елементів СУ					
Тема 5. Програми управління та спільна робота елементів силової установки	22	6	–	4	12
Тема 6. Характеристики силових установок з ГТД	22	6	–	6	10
Тема 7. Несталі режими роботи ГТД	10	4	–	–	6
Разом за модулем 2	54	16	–	10	28
Усього годин за семестр	120	32	–	32	56

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		4 роки	3 роки
1	Типи поршневих та повітряно-реактивних двигунів. Принципи їх роботи	4	4
2	Ознайомлення з натурними макетами ГТД. Схеми і принцип роботи ГТД	4	4
3	Ознайомлення зі стендами ТРД, ТВад та системами вимірювань параметрів	4	4
4	Is-діаграма циклу ТРД	4	4
5	Характеристика компресора	6	6
6	Спільна робота вузлів ТРД	4	4
7	Характеристики ТРД	6	6
	Разом	32	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		4 роки	3 роки
1	Вступ до навчальної дисципліни (Тема 1)	3	1
2	Силові установки з ГТД та їх параметри (Тема 2)	13	5
3	Термодинамічний аналіз циклу ПвРД (Тема 3).	22	10
4	Характеристики елементів ПвРД (Тема 4)	22	12
5	Закони управління та спільна робота елементів СУ (Тема 5)	22	12
7	Характеристики силових установок з ГТД (Тема 6)	22	10
8	Несталі режими роботи ГТД (Тема 7)	12	6
	Разом	116	56

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Розрахунково-графічна робота «Термогазодинамічний розрахунок ТРД» (Розрахунково-графічна робота використовується за рахунок годин самостійної роботи)

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, і практичних занять індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, які опубліковані кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, захист звітів з лабораторних занять, письмові модульні контролю, фінальний підсумковий контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

№	Елемент модуля	Бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	Виконання звіту з теми лабораторного заняття	0-4	5	0 – 20
2	Захист звіту з теми лабораторного заняття	0-2	5	0-10
3	Складання модульного контролю	0-28	1	0-28
	Разом за модуль 1			0-58
1	Робота на лекціях	0-3	–	0-3
2	Виконання звіту з теми лабораторного заняття	0 – 4	2	0 – 8
3	Захист звіту з теми лабораторного заняття	0 – 3	2	0 – 6
4	Складання модульного контролю	0 –25	1	0 –25
	Разом за модуль 2			0-42
	Разом з дисципліни			0-100

Семестровий контроль (іспит/залік) у 6 семестрі проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з двох питань, одне з яких відноситься до першого модуля, а друге – до другого. Перше та друге питання оцінюється 0...50 балів.

12.2 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру:

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та розрахунково-графічну роботу. Знати основні положення дисципліни при недостатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему. Уміти розпізнавати основні конструктивні схеми авіаційних двигунів та знати принцип їх роботи.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та уміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі лабораторні роботи. Знати основні положення дисципліни при достатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; достатньо вільно використовувати знання для аналізу типових задач. Уміти аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

Відмінно (90-100). Володіти всіма знаннями та уміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі лабораторні роботи. Знати всі положення дисципліни при глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; вільно використовувати знання для аналізу типових та нетипових задач. Уміти аналізувати одержані результати, робити правильні висновки та розробляти рекомендації для їх покращання.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за національною шкалою	
	Іспит, курсовий проект (робота), практика	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано з можливістю повторного складання

13. Методичне забезпечення

1. Натурні макети ГТД різних типів.
2. Плакати з подовжнім розрізом ГТД різних типів.
3. Стенди для випробувань ГТД та його вузлів

14. Рекомендована література

Базова

1. Теория авиационных газотурбинных двигателей: Учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, Л.Г. Волянская и др. Под ред. Терещенко Ю.Ю. – К.: НАУ, 2013. – 596 с.
2. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів.– Х.: ХАІ, 2003.
3. Сб. лабораторных работ по курсу «Теория воздушно-реактивных двигателей» / Брехов А.Ф., Буслик Л.Н., Герасименко В.П., Грига А.Д., Поляков А.Е. – Х.: ХАИ, 1983.
4. Выбор параметров и термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ: Уч. пособие / Г.В. Павленко, И.И. Редин. – Х.: ХАИ, 1984. – 56 с.

Допоміжна

1. Теория авиационных двигателей. Учебник для ВУЗов ВВС. Ч. 1 / Ю.Н. Нечаев, Р.М. Федоров, В.Н. Котовский и др. Под ред. Нечаева Ю.Н. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2005. – 366 с.
2. Теория авиационных двигателей. Учебник для ВУЗов ВВС. Ч. 2 / Ю.Н. Нечаев, Р.М. Федоров, В.Н. Котовский и др. Под ред. Нечаева Ю.Н. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006. – 448 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>.