

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

Кафедра № 201 «Теорії авіаційних двигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Сергій НИЖНИК

« » 2024 р.

СИЛАБУС
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПРОГРАМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТД
(назва навчальної дисципліни)

Дисципліна індивідуального вибору MAJOR-6.2

Галузі знань

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код та найменування спеціальності)

Освітні
програми

Авіаційні двигуни та енергетичні установки

(найменування освітньої програми)

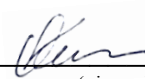
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Вводиться в дію з «01» вересня 2024 р.

Харків 2024 рік

Розробник: Кіслов О.В., проф. каф. 201, к.т.н., доц.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри теорії авіацій-
них двигунів (№ 201)

Протокол № 1 від «20» серпня 2024 р.

В.о. завідувача кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

О.В. КІСЛОВ
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

студент 223ст групи

(підпис)

Р.Е. ПЕТРОВ
(ініціали та прізвище)

Загальна інформація про викладача



КІСЛОВ Олег Володимирович,

Посада: професор кафедри Теорії авіаційних двигунів.

Науковий ступінь: кандидат технічних наук.

Вчене звання: доцент.

Викладацький стаж більше 36 років.

Перелік дисциплін, які викладає:

а) обов'язкові дисципліни:

- Теорія газотурбінних двигунів;
- Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки;
- Термодинамічний аналіз парогазових циклів;

б) вибіркові дисципліни.

Напрями наукових досліджень: теорія повітряно-реактивних двигунів; математичне моделювання робочого процесу і характеристик повітряно-реактивних двигунів та їх елементів, узгодження силових установок з літальними апаратами; конверсія авіаційних двигунів в наземні газотурбінні установки; комбіновані парогазові установки.

1. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання – денна, дистанційна, дуальна.

Семестр, в якому викладається дисципліна – 6 семестр.

Дисципліна – вибіркова.

Загальна кількість годин за навчальним планом - 90 годин/3 кредити ЄКТС, у тому числі аудиторних – 48 годин, самостійної роботи здобувачів – 42 години.

Види занять – лекційні і практичні заняття, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний, підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до проектування ГТД та самостійного аналізу робочого процесу та характеристик ГТД.

Завдання – вивчення програм управління, спільної роботи елементів, характеристик та особливостей несталих режимів ГТД.

Компетентності, які набуваються:

1) Загальні :

- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність приймати обґрунтовані рішення;
- здатність вчитися і оволодівати знаннями;
- здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності.

2) Фахові :

- здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем;
- здатність проєктувати та здійснювати випробування елементів авіаційної і ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Очікувані результати навчання:

- **ПРН4.** Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі;
- **ПРН5.** Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі;
- **ПРН7.** Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області;
- **ПРН13.** Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці;
- **ПРН15.** Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проєктування, конструювання та виробництва 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.

Пререквізити:

для вивчення «Програми регулювання та характеристики ГТД» потрібні знання з дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Термодинаміка і теплообмін», «Робочі процеси авіаційних двигунів», «Теоретична механіка та теорія машин і механізмів», «Термодинамічний аналіз циклів ГТД».

Кореквізити:

дисципліна «Програми регулювання та характеристики ГТД» розвиває і підсилює компетенції в області термодинамічного аналізу циклів і робочих процесів авіаційних двигунів.

Постреквізити: дисципліна «Програми регулювання та характеристики ГТД» забезпечує вивчення систем автоматичного курування ГТД, конструкції та міцності ГТД, проєктування авіаційних двигунів та енергетичних установок, а також якісне виконання курсових та дипломного проєктів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Спільна робота елементів силової установки з ГТД

Змістовий модуль 1. Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки

Тема 1. Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки

Загальна кількість годин на тему – 40 годин.

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

Система рівнянь, що описують спільну роботу елементів однофазного ТРД. Задачі управління (регулювання) ТРД і ТРДФ і поняття про програми (закони) управління (регулювання) двигуна. Спільна робота компресора, камери згоряння і турбіни однофазного ТРД і ТРДФ. Спільна робота турбіни і реактивного сопла однофазного ТРД і ТРДФ. Коефіцієнти стійкості та запасу стійкої роботи компресору. Лінія спільної роботи (ЛСР) елементів однофазних ТРД і ТРДФ при умові $\pi_r^* = \text{const}$ (однопараметричні програми управління). ЛСР елементів однофазних ТРД і ТРДФ при програмі управління $T_r^* = \text{const}$ і $p = \text{const}$ (двопараметрична програма управління). Особливості спільної роботи газових турбін і сопла двохфазних ТРД і

ТРДФ. Особливості спільної роботи компресора, камери згоряння і турбіни двовальних ТРД(Ф). Спільна робота надзвукового вхідного пристрою і компресора та запас стійкості надзвукового вхідного пристрою. Особливості управління і спільної роботи елементів ТРДД без змішування потоків. Особливості управління і спільної роботи елементів ТРДД зі змішуванням потоків. Особливості управління (регулювання) ТРДДФ. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів турбогвинтових двигунів (ТГД). Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів турбовальних двигунів (ТВаД).

Лекція 1. Вступ. Математична модель одновального ТРД і методи її розв'язання

Лекція 2. Задачі управління ТРД і ТРДФ. Поняття про програми управління двигуна

Лекція 3. Спільна робота елементів одновального ТРД і ТРДФ

Лекція 4. Лінія спільної роботи елементів одновального ТРД і ТРДФ при різних програмах управління двигуна

Лекція 5. Особливості спільної роботи елементів двовальних ТРД і ТРДФ

Лекція 6. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів без змішування потоків

Лекція 7. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТРДД зі змішуванням потоків і ТРДДФ

Лекція 8. Особливості управління (регулювання) спільної роботи елементів ТГД і ТВаД

Практичне заняття 1 (4 години). Розподіл вільної роботи ТВаД між гвинтом та струменем, що витікає з сопла

Практичне заняття 2 (6 годин). Спільна робота турбіни і компресора ТРД та їх ЛСР.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 14 годин.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять. Робота за темою з навчальними посібниками. Формування питань до викладача. Підготовка до модульного контролю.

Види контролю – поточний.

Модульний контроль (2 години)

Модуль 2. Характеристики силових установок з ГТД

Змістовий модуль 2. Характеристики силових установок з ГТД

Тема 2. Характеристики силових установок з ГТД

Загальна кількість годин на тему – 32 години.

Номенклатура основних режимів роботи ГТД, характеристики силових установок з ГТД та методи їх одержання. Швидкісні характеристики силових установок з ТРД, ТРДФ. Особливості швидкісних характеристик силових установок з ТРДД і ТРДДФ. Швидкісні характеристики силових установок з ТГД. Модель стандартної атмосфери. Висотні характеристики силових установок з ГТД. Вплив числа Рейнольдса на висотні характеристики. Обмеження на висотно-швидкісних характеристиках ТРД. Діапазон висот та швидкостей ЛА і області обмежень режимів роботи силової установки. Дросельні характеристики силових установок з ТРД і ТРДФ. Вплив програм управління (регулювання) на дросельні характеристики ТРД і ТРДФ. Особливості дросельних характеристик силових установок з ТРДД і ТРДДФ. Дросельні характеристики силових установок з ТГД і ТВаД. Подібність режимів роботи ГТД. Приведення результатів випробувань ГТД до стандартних атмосферних умов. Вплив атмосферних умов на основні данні ГТД. Кліматичні характеристики ГТД.

Лекція 1. Режими роботи та швидкісні характеристики силових установок з ГТД

Лекція 2. Висотні характеристики силових установок з ГТД

Лекція 3. Дросельні характеристики силових установок з ТРД і ТРДФ

Лекція 4. Особливості дросельних характеристик силових установок з ТРДД(Ф), ТГД, ТВаД

Лекція 5. Приведення результатів випробувань ГТД до стандартних атмосферних умов

Лекція 6. Кліматичні характеристики ГТД

Практичне заняття 1 (6 годин). Дросельна характеристика ТРД

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 14 годин.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять. Робота за темою з навчальними посібниками. Формування питань до викладача. Підготовка до модульного контролю.

Види контролю – поточний.

Змістовий модуль 3. Несталі режими ГТД

Тема 6. Несталі режими роботи ГТД

Загальна кількість годин на тему – 14 годин.

Умови спільної роботи елементів ГТД в несталіх процесах. Прийомистість і скидання газу ТРД. Включення і виключення форсованого режиму. Запуск ТРД. Особливості перехідних процесів двовальних ТРД і ТРДД. Особливості перехідних процесів ТВад і ТГД. Заключення: перспективні схеми ГТД, перспективні параметри робочого процесу та питомі параметри ГТД.

Лекція 1. Несталі режими роботи одновальних ТРД і ТРДФ

Лекція 2. Особливості перехідних процесів двовальних ТРД і ТРДД, ТВад і ТГД

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 10 годин.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять. Робота за темою з навчальними посібниками. Формування питань до викладача. Підготовка до модульного контролю.

Види контролю – поточний.

Модульний контроль (2 години)

4. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

5. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій словесним та наочним методами, практичних занять методом практики (лабораторія газотурбінних двигунів, комп'ютерний клас), індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та підручниками, за допомогою програм розрахунку режимів роботи ГТД Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ».

6. Методи контролю

Проведення поточного контролю, захист звітів з практичних робіт, письмові модульні контрольні, підсумковий контроль у вигляді заліку.

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

№	Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 1
2	виконання практичної роботи	0 – 6	2	0 – 12
3	захист практичної роботи	0 – 6	2	0 – 12
4	складання модульного контролю (одного)	0 – 25	1	0 – 25
Разом за модуль 1				0 – 50
Модуль 2				

1	робота на лекційних заняттях			0 – 6
2	конспект лекцій	0 – 7	1	0 – 7
3	виконання практичної роботи	0 – 6	1	0 – 6
4	захист практичної роботи	0 – 6	1	0 – 6
5	складання модульного контролю (одного)	0 – 25	1	0 – 25
Разом за модуль 2				0 – 50
Разом за 6 семестр				0 – 100

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

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

7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- умови спільної роботи елементів ГТД;
- способи і засоби регулювання ГТД;
- експлуатаційні характеристики та обмеження ГТД;
- особливості несталих режимів роботи ГТД.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати розрахунки характеристик ГТД за допомогою спеціальних програм;
- вміти визначати режим роботи ГТД за допомогою ЛСР.

7.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру:

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі практичні роботи. Знати основні положення дисципліни при недостатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів ГТД.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та умінями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі практичні 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 використовувати програми розрахунку для одержання параметрів ГТД, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

Відмінно (90-100). Володіти всіма знаннями та умінями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі практичні 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 використовувати програми розрахунку для одержання параметрів ГТД, аналізувати одержані результати, робити правильні висновки та розробляти рекомендації для їх покращання.

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

8. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Контроль за дотриманням академічної доброчесності здійснює викладач, керуючись Положенням про академічну доброчесність.

9. Методичне забезпечення

1. Вибір параметрів та термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів: Навч. посібник / О.В. Кіслов, К.В. Фесенко; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т» – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2019. – 64 с. ISBN: - 978-966-662-660-1.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vybor_Parametrov_Termogazodinamicheskij_Raschet.pdf
2. Формування обліку проточної частини газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посібник / О. В. Кіслов, К. В. Фесенко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 64 с.
3. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів і установок: Навч. посібник / Г.В. Павленко; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т» – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 64 с.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2007/Termogazodinamicheskij_raschet_gazoturbinnih_dvigatелеj_i_ustanovok.pdf
4. Збірник лабораторних робіт з курсу «Теорія повітряно-реактивних двигунів» / Брехов А.Ф., Буслик Л.Н., Герасименко В.П., Грига А.Д., Поляков А.Е. – Х.: ХАІ, 1985.

На сайті кафедри 201 (адреса вказана у п.15 «Інформаційні ресурси») розміщено **навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:**

- силабус дисципліни;
- підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають силабусу дисципліни;
- методичні вказівки для практичних робіт, а також для самостійної підготовки здобувачів освіти;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів.

10. Рекомендована література

Базова

1. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів: підручник для студентів вузів / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Бойко, Л. Г. Волянська, Н. С. Кулик [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Нац. авіац. ун-т ; під ред. Ю. М. Терещенко . - 2-е вид., доп. та перероб. - Київ. - НАУ, 2013. - 596 с. ISBN: - 978-966-598-810-6 .
2. Теорія авіаційних двигунів : підручник / В. П. Герасименко. - Х. - Нац. аерокосмічний ун-т "ХАІ", 2003. - 199 с.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2003/Teorija_aviacijnih_dviguniv.pdf
3. Gas turbine performance / Philip P. Walsh, Paul Fletcher. – 2nd ed. p. cm. Includes bibliographical references and index, 2004 by Blackwell Science Ltd. ISBN 0-632-06434-X.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470774533>
<https://DOI:10.1002/9780470774533>
4. Gas Turbine Simulation Program – GSP 12.0.
<https://usoftly.ir/product/gas-turbine-simulation-program/>

Допоміжна

1. Cohen, H., Rogers, G.F.C., and Saravanamuttoo, H.I.H., Gas Turbine Theory, John Wiley & Sons, New York, 1972. URL:

<https://soaneemrana.org/onewebmedia/GAS%20TURBINE%20THEORY%20BY%20HIN%20SARAVANAMUTTOO,%20H.%20COHEN%20&%20GFC%20ROGERS.pdf>

2. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів : підручник для студентів вузів: гриф МОН України / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Волянська, Н. С. Кулик, В. В. Панин; під ред. Ю.М. Терещенко. - К. - Книжкове видавництво НАУ, 2005. - 500 с. ISBN: - 966-598-214-1.
3. Основи проєктування газотурбінних двигунів і установок / Б. П. Васильєв, В. О. Коваль, В.В. Канаков, Г. В. Павленко [та ін.]. - Харків. - Контраст, 2005. - 376 с. - 966-96447-6-3

11. Інформаційні ресурси

1. Освітній сайт Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» <https://khai.edu.ua/>
2. Науково-технічна бібліотека Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» <https://library.khai.edu/>
3. Сторінка дисципліни у системі дистанційного навчання МЕНТОР за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8917>
4. Сайт кафедри <https://k201.khai.edu> .