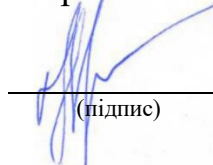


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Сергій НИЖНИК

(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Системи і агрегати авіаційних двигунів і енергетичних установок

(назва навчальної дисципліни)

Дисципліна індивідуального вибору 1

Галузь знань:

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

Для спеціальностей НМК1

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма:

Авіаційні двигуни та енергетичні установки

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:

перший (бакалаврський)

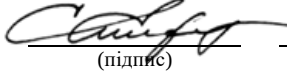
Харків 2024 рік

Розробник Олександр БІЛОГУБ, проф. каф. 203, д.т.н., проф.
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2024 р.

Завідувач кафедри д.т.н, професор  Сергій ЄПІФАНОВ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: 13 <u>«Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова
Кількість модулів – 2	Спеціальність: <i>Для спеціальностей НМКІ</i> (шифр і назва) Освітня програма: <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</i> (назва)	Навчальний рік 2024 / 2025
Кількість змістових модулів – 2		Семестр 6-й Група - Лекції * 32 год. Практичні, семінарські * 32 год. Лабораторні * — Самостійна робота 86 год. Вид контролю Модульний контроль, іспит
Індивідуальне завдання — (назва)		
Загальна кількість годин – 72*/135 = 0,53		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 5,38		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання: $64/86 = 0,74$

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

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: знання необхідні при розробці конструкцій, проектуванні та виготовленні систем і агрегатів, які входять до складу авіаційної силової установки.

Завдання: знання щодо принципів дії схем, конструкцій, проектування та виготовлення систем і агрегатів, які входять до складу авіаційної силової установки.

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

Загальні компетентності: Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. Здатність працювати у команді. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). Здатність приймати обґрунтовані рішення. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для відпочинку та ведення здорового способу життя.

Спеціальні (фахові) компетентності: Здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

Програмні результати навчання: Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі. Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості ракетно-космічної техніки. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки). Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в ракетно-космічній техніці. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем ракетно-космічної техніки. Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та систем ракетно-космічної техніки. Розуміти структуру та принципи дії бортового обладнання ракетно-космічної техніки. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах ракетно-космічної техніки.

Пререквізити: Українська мова за професійним спрямуванням. Іноземна мова. Лінійна алгебра та аналітична геометрія. Математичний аналіз. Методи програмування та комп'ютерні методи обчислень. Фізика. Теоретична механіка та теорія машин і механізмів. Теоретична механіка та Теорія машин і механізмів (КП). Механіка матеріалів та конструкцій. Деталі машин і основи конструювання. Вступ до фаху. Геометричне моделювання та графічні інформаційні технології. Матеріало-

знавство. Взаємозамінність та стандартизація. Технології конструкційних матеріалів. Термодинаміка і теплообмін. Електротехніка. Робочі процеси авіаційних двигунів. MAJOR 1, Дисципліна 5.3 Гідрогазодинаміка.

Кореквізити: Деталі машин і основи конструювання (КП). Конструкція АД та ЕУ. MAJOR 1. Дисципліна 6 Теорія ГТД.

3 Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

ТЕМА 1. Вступ. Загальні відомості про авіаційні силові установки (СУ). Склад СУ. Основні системи. Вимоги до СУ. Тяга СУ та витрати пального.

ТЕМА 2. Паливна система СУ (ПС) та система змащування СУ (МС). Функції, які виконує паливна система. Склад ПС. Система заправки паливом. Система подачі палива до двигунів. Система дренажу та наддуву паливних баків Система аварійного зливу палива. Контроль та автоматизація заправки та витрати палива. Паливні баки. Гідравлічні розрахунки паливної системи. Умови роботи, функції та склад МС. Параметри МС. Структурні схеми МС.

ТЕМА 3. Елементи паливних та масляних систем. Трубопроводи, перепускні, редуційні та запобіжні клапани, крани, їх типи. Ущільнювальні пристрої.

ТЕМА 4. Пускова система. Запуск ГТД Вимоги до пускової системи ГТД. Характер зміни моментів рушійних сил і сил опору під час запуску ГТД Визначення тривалості запуску і необхідної потужності пускового пристрою. Склад пускової системи. Класифікація пускової системи. Визначення потужності пускового пристрою.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

ТЕМА 5. Агрегати. Загальні відомості. Основні агрегати та їх призначення. Насоси, їх типи та характеристики. Визначення подачі, напору та потужності привода насоса. Гідравлічний, об'ємний і механічний ККД насоса.

ТЕМА 6. Насоси. Шестеренні насоси (ШН). Плунжерні насоси (ПН). Відцентрові насоси (ВЦН). Зони застосування, конструктивні схеми. Забезпечення напору. Подача насосів і її залежність від різних чинників. Пульсації подачі рідини. Типові конструкції. Технології та матеріали з яких виготовлено компоненти насосів.

ТЕМА 7. Гідроприводи.

Об'ємні гідроприводи. Засоби регулювання частоти обертання об'ємних гідроприводів. Коефіцієнт корисної дії. Гідромеханічні приводи стабільної частоти для електрогенераторів

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	усього	Кількість годин		
		денна форма		
		у тому числі		
		Лк.	Пр.	С.р.
1	2	3	4	5
Модуль 1				
Змістовий модуль 1				
ТЕМА 1. Вступ. Загальні відомості про авіаційні силові установки (СУ)	10	2	2	6
ТЕМА 2. Паливна система (ПС) та система змащування (МС)	26	6	6	14
ТЕМА 3. Елементи ПС та МС	16	4	4	8
ТЕМА 4. Агрегати. Загальні відомості	16	4	4	8
ТЕМА 5. ШН, ПН, ВЦН. Типові конструкції та параметри	32	6	8	18
Модульний контроль	1*	1*	—	—
Разом за змістовим модулем 1	100	22	24	54

Модуль 2 Змістовий модуль 2				
ТЕМА 6. Система запуску	26	6	4	16
ТЕМА 7. Гідроприводи	12	2	2	8
ТЕМА 8. Антикригові системи	12	2	2	8
Модульний контроль	1*	1*	—	—
Разом за змістовим модулем 2	50	10	8	32
Усього годин	150	32	32	86

*Не входить до розрахунку годин

5 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальні відомості про авіаційні силові установки (СУ)	2
2	Паливна система та система змащування	6
3	Елементи ПС та МС	4
4	Агрегати, загальні відомості	2
5	Насоси, типові конструкції	8
6	Пускова система, агрегати пускових систем	6
7	Гідроприводи.	2
8	Антикригові системи	2
Разом		32

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальний устрій систем паливостачання, змащування, запуску, як частини ГТД	8
2	Паливні системи. Контроль та автоматизація заправки та витрати палива. Агрегати підтримки дії систем. Радіатори (ТМА)	14
3	Системи змащування. Агрегати видалення повітря та суфлювання	10
4	Протикавітаційні засоби в насосах різних типів	10
5	Ущільнювальні та розвантажуючі особливості конструкцій насосів	16
6	Класифікація пускових систем. Особливості повітряних та електричних систем. Конструкції форсунок	12
7	Гідроприводи. Об'ємні гідроприводи. Засоби регулювання частоти обертання об'ємних гідроприводів. Коефіцієнт корисної дії. Гідромеханічні приводи стабільної частоти для електрогенераторів	10
8	Антиобмерзальні системи	6
Разом		86

7 Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні роботи;
- самостійна робота студента;

– модульний контроль, екзамен.

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання практичних та лабораторних робіт, самостійної роботи, а також виконання індивідуального завдання.

Проведення лабораторних робіт базується на описах об'єкта (системи літака і двигуна), фізичних макетах двигунів і агрегатів (розрізні макети), а також й на їх відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (плакати та ін.). Під час проведення лабораторних робіт використовується бригадний характер праці студентів.

Проведення практичних робіт базується на виконанні студентами розрахунків параметрів робочого процесу систем і їх складових.

Основною формою навчання є самостійна робота. До неї не можна приступати без певного багажу знань, які даються на лекції. Під час самостійної роботи студенті поглиблено вивчають лекційний матеріал, готуються до проведення лабораторних робіт, виконують індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу).

Питання для самостійної роботи студентів

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Основні вимоги до паливної системи.
2. Що таке масова і об'ємна теплотворна здатність? В яких одиницях вимірюються ці величини?
3. Що таке тиск насичених парів палива? Як воно позначається і чому? Як змінюється тиск насичених парів палива з ростом температури?
4. Як змінюється коефіцієнт кінематичної в'язкості палива з ростом температури?
5. Назвіть і охарактеризуйте три способи вироблення палива з бака. Охарактеризуйте схеми подачі палива до двигунів. Що таке двоступенева схема підкачки?
6. Що таке висотність паливної системи? Що визначає висотність паливної системи? Запишіть умову висотності паливної системи.
7. Що таке кавітаційний запас?
8. Які методи застосовуються для збільшення висотності паливної системи?
9. Яке призначення дренажу і наддуву паливної системи? Яке призначення редуційного клапана в дренажній системі?
10. Які способи заправки Ви знаєте?
11. Які конструктивні рішення застосовуються в витратних баках для забезпечення безперебійної подачі палива в двигун?
12. Чим визначається величина тиску палива, яку повинен забезпечувати основний паливний насос високого тиску?
13. Перерахуйте вимоги, що пред'являються до паливних форсунок.
14. У чому відмінність між випарного і розпилюють форсунками?
15. Схема і принцип дії струменевого форсунки. Схема і принцип дії відцентрової форсунки.
16. Як забезпечують широкий робочий діапазон витрат палива при конструюванні відцентрових форсунок?
17. Вимоги, що пред'являються до маслосистемі. Основні функції.
18. Вимоги, що пред'являються до масел для змащення вузлів ГТД. Основні властивості масел.
19. Принцип пристрою і схеми маслосистем. Нормальнозамкнені і короткозамкнені циркуляційні маслосистеми.
20. Нагнітаючі і відкачуючі магістралі маслосистем.
21. Система відділення повітря і суфлювання.
22. Напірні характеристики насосів об'ємного і лопаточного типів.

23. Конструкції маслонасосів. Продуктивність шестеренних. Конструкції елементів шестеренних насосів. Конструкції плунжерних насосів. Продуктивність плунжерних насосів. Конструкції елементів плунжерних насосів.

24. Відцентрово-шестеренні, пластинчасті, ежекторні і черпакові маслонасоси.

25. Переваги та недоліки насосів різних схем.

26. Конструкції редукційних і перепускних клапанів. Масляні фільтри, призначення і конструкції. Пристрій суфлерів і масловіддільників.

27. Радіатори. Конструктивні особливості. Маслобаки. Забезпечення безперебійної подачі масла при еволюціях ЛА.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

1. Основні вимоги до системи запуску. Чинники що визначають параметри пускової системи.
2. Основні системи та агрегати, що забезпечують запуск ГТД.
3. Класифікація пускових систем авіаційних двигунів. Класифікація пускових пристроїв.
4. Етапи запуску. Рівняння, що описують процес запуску.
5. Моменти, що діють на ротор на 1-му етапі запуску. Моменти, що діють на ротор на 2-му етапі запуску. Моменти, що діють на ротор на 3-му етапі запуску.
6. Крутий момент стартера. Потрібна потужність стартера.
7. Тривалість роботи стартера і тривалість запуску. Відносні величини частот обертання ротора ГТД на характерних режимах.
8. Застосовувані енергосистеми в системах запуску.
9. Електричні пускові пристрої. Структурна схема електричних пускових систем. Основні технічні показники електричних пускових систем.
10. Маса системи електрозапуску. Швидкодія і кількість повторних запусків.
11. Конструктивна схема турбостартера з вільною турбіною. Основні вузли і деталі.
12. Призначення, пристрій і основні вузли ВСУ.
13. Система повітряного запуску. Конструкція повітряної турбіни з регулятором тиску і системою захисту.
14. Системи охолодження ВМД і його агрегатів.
15. Принцип роботи гідромеханічної системи стабілізації частоти обертання генератора (кінематична частина).
16. Принцип роботи гідромеханічної системи стабілізації частоти обертання генератора (система управління).
17. Протикригові системи, призначення, класифікація та принцип дії.
18. Класифікація та принцип дії датчиків (сигналізаторів) льодоутворення.

8 Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Системи паливопостачання та змащування.
2. Системи запуску та протикригові системи.

Складання модуля 1 – на 9-му тижні (один раз), складання модуля 2 – на 15-му тижні (один раз).

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Семестр 6 – *іспит*.

9 Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

9.1 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...0,5	11	0...5,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...0,8	15	0...12
Модульний контроль	0...38	1	0...38
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	5	0...2,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...0,8	5	0...4
Модульний контроль	0...38	1	0...38
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних запитань. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

Перше і друге запитання - змістовий модуль 1;

Третє запитання змістовий модуль 2.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 34.

9.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- основні вимоги до паливної та змащувальної систем;
- теплотворну здатність палива, одиниці вимірювання;
- визначення поняття тиску насичених парів палива, залежність тиску від температури;
- способи вироблення палива з баків;
- висотність паливної системи, кавітаційний запас;
- способи заправки літальних апаратів паливом;
- схеми і принципи дії паливних форсунок.
- вимоги, що пред'являються до масел для змащення вузлів ГТД;
- принцип дії і схеми маслосистем, нормальнозамкнені і короткозамкнені циркуляційні маслосистеми, нагнітаючі і відкачуючі магістралі;
- система відділення повітря і суфлювання.
- напірні характеристики насосів об'ємного і лопаточного типів.
- конструкції насосів, їх продуктивність, особливості конструкцій шестерневих, плунжерних та відцентрових насосів переваги та недоліки насосів різних схем;
- конструкції редуційних і перепускних клапанів, масляних фільтрів, суфлерів і масловіддільників, маслобаків та радіаторів;
- основні вимоги до систем запуску, чинники що визначають параметри пускової системи.
- основні системи та агрегати, що забезпечують запуск ГТД.
- класифікацію пускових систем авіаційних двигунів, класифікація пускових пристроїв.
- етапи запуску, рівняння, що описують процес запуску;

- моменти, що діють на ротор в процесі запуску, крутний момент стартера, потрібну потужність стартера;
 - електричні пускові пристрої, структурну схему електричних пускових систем;
 - конструктивну схему турбостартера з вільною турбіною;
 - призначення, устрій і основні вузли ВСУ.
 - систему повітряного запуску, конструкцію повітряної турбіни з регулятором тиску і системою захисту;
 - принцип роботи гідромеханічної системи стабілізації частоти обертання генератора;
 - протикригові системи, призначення, класифікація та принцип дії;
 - класифікація та принцип дії датчиків (сигналізаторів) льодоутворення;
- вміти:**
- виконувати розрахунки основних параметрів паливної та змащувальної систем;
 - виконувати розрахунки потрібних потужності та запасу енергії системи запуску ГТД;
 - проводити аналіз схем систем паливо- та маслопостачання.

9.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати принципові та конструктивні схеми систем паливо- та маслопостачання; систем запуску та протикригових. Знати призначення і принцип дії насосів, що мають застосування в авіації; класифікацію та витратні характеристики насосів. Знати принципові схеми основних агрегатів систем.

Добре (75-89). Окрім переліченого в пункті «Задовільно (60-74)» – твердо опанувати мінімум знань та умінь. Знати: теплоємність палива, причини та наслідки виникнення кавітації; всі, без винятку, агрегати, що складають паливну і мастильну системи. Принцип дії та конструктивні схеми паливних форсунок. Принцип дії гідромеханічного регулятора частоти обертів, його основні частини. Розуміти дію електричної, повітряної та турбостартерної систем запуску.

Відмінно (90-100). Окрім переліченого в пункті «Добре (75-89)» здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре» і кількістю балів не менше 80). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати фактори, що впливають на ті, чи інші показники роботи систем і агрегатів, що до них входять, як в цілому, так і щодо окремих процесів; пояснювати фізичні основи процесів і явищ стосовно роботи насосів і форсунок; пояснювати конструктивні особливості систем в цілому і їх складових щодо застосування.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	Для іспиту	Для заліку
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
01-59	Незадовільно	Не зараховано

10 Методичне забезпечення

(методкабінет кафедри та сайт бібліотеки кафедри <http://k203.khai.edu/>)

1. Білогуб, О. В. Допоміжні силові установки і пускові системи газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посіб. до лаб. практикуму / О. В. Білогуб, С. В. Безуглий, В. С. Чигрин. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 92 с.

11 Рекомендована література

Базова

1. Єпіфанов С.В. Авіаційні паливні системи. / С.В. Єпіфанов, О.І. Риженко, Р.Ю. Цуканов. – Х. Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2021 – 544 с.

12 Інформаційні ресурси

Електронні посібники по системах та агрегатах авіаційних силових установок та агрегатів (сайт бібліотеки кафедри <http://k203.khai.edu/>).