



НАЗВА КУРСУ

Конструкція, динаміка та міцність АД та ЕУ

Робоча програма навчального модуля (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Перший (бакалаврський)*

Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Літаки і вертольоти</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>90 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>В розкладі представлено згідно РНП лекції- 2 год. і 1 год. лабораторні роботи кожного тижня рівномірно протягом семестра</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент кафедри АРБ, к.т.н., Бондар Юрій Іванович. Лабораторні: доцент кафедри АРБ, к.т.н., Бондар Юрій Іванович, e-mail: bomis@meta.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipو.kpi.ua/course/view.php?id=3259</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дана навчальна дисципліна призначена для надання студентам базових знань в галузі літакобудування – склад та особливості конструкції двигунів ЛА з урахуванням умов їх експлуатації.

Навчальна дисципліна належить до циклу базової підготовки та відіграє значну роль у підготовці фахівців у галузі літакобудування, закладаючи основні закони формування конструкцій авіаційних двигунів.

Мета навчальної дисципліни – набуття студентами теоретичних знань та практичного досвіду щодо особливостей формування сучасних авіаційних конструкцій агрегатів та систем з урахуванням умов експлуатації літака.

Предметом дисципліни «Теорія повітряно-реактивних двигунів» є конструкція силової установки, її частин та систем, особливості їх формування, взаємозв'язки та взаємодія.

В результаті опанування дисципліни здобувач вищої освіти отримує знання загальних принципів побудови конструкцій різних двигунів літальних апаратів; методів визначення основних характеристик та параметрів, побудови комп'ютерних моделей деталей та зборок за допомогою CAD-систем.

Також отримує вміння аналізувати технічні завдання, виконувати пошук прототипів та обирати найбільш оптимальні методи вирішення проектної задачі; визначати первинну структуру механічної конструкції силової установки літального апарата; на підставі остаточних даних про деталі конструкції, яка відповідає вимогам стандартів та інших нормативних документів.

Важливою компонентною вивчення є досвід з реалізації реальних авіаційних конструкцій та їх систем проведення розрахунків основних параметрів, а також щодо особливостей складання та оформлення звітів, пояснювальних записок.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів базових знань з навчальної дисципліни «Деталі машин та основи конструювання (8/II)», навчальних дисциплін з стандартизації та взаємозамінності (1/св), навчальних дисциплін з основ авіації і космонавтики та загальній будові ЛА(2/св)

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни «Теорія повітряно-реактивних двигунів» є однією з основ вивчення таких дисциплін як: «Проектування ЛА»(4/св), «Конструювання ЛА»(11/II).

3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин/4 кредитів ECTS.

Теоретичний курс дисципліни складає 36 академічних годин і містить наступні розділи і теми:

РОЗДІЛ 1. Газотурбінні двигуни.

Тема 1.1. Схеми ГТД.

Тема 1.2. Конструкція ТРДД і ТРДДФ.

Тема 1.3. Забезпечення роботи ГТД.

РОЗДІЛ 2. Рідинні ракетні двигуни (РРД)

Тема 2.1. Конструкція РРД.

Тема 2.2. Фізика робочих процесів у РРД.

Тема 2.3. Тягові характеристики РРД

РОЗДІЛ 3. Твердопаливні двигуни (РДТП).

Тема 3.1. Конструкція і схемні рішення

Тема 3.2. Палива. Робоча характеристика.

Тема 3.3. Розрахунок основних параметрів РДТП.

РОЗДІЛ 4. Перспективні двигуни.

Тема 4.1. Плазмові двигуни.

Тема 4.2. Іонні двигуни.

Тема 4.3. Ядерні двигуни.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Aircraft Engine Design, Second Edition/ Jack D. Mattingly, William H. Heiser, David T. Pratt./ American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4344, 2002

2. Design and construction of a simple turbojet engine/Simon Fahlstrom, Rikard Pihl-Roos/ Amnesgranskare: Ken Welch, Handledare: Svante Andersson, ISSN: 1401-5757, TVE 16 075 September
3. Design and Manufacture of a mini-turbojet/ Francisco Miguel Ribeiro Proença Brójo/ Universidade da beira interior, enghariacovilhã, Fevereiro de 2020.
4. The jet engine/The Technical Publications Department Rolls-Royce plc./ Derby, England, ISBN 0902121 235, 1986
5. Теорія авіаційних двигунів./ В.П.Герасименко - Х. НАУ ім.Н.С.Жуковського «Харківський авіаційний інститут», ХАІ, 2003р. -198с.
6. Теорія теплових двигунів: підручник / Ю.М.Терещенко, Л.Г.Бойко, С.О.Дмитрієв –К.: Вища школа, 2001,-382с.

1. <https://arb.kpi.ua>.

2. <http://iat.kpi.ua>

Обов'язковими для прочитання є розділи з наведеної базової літератури, що тематично відповідають лекційному матеріалу. Факультативними з додаткової літератури є джерела 3, 4, 5.

Додаткова література необхідна для проведення розрахункових робіт на лабораторних роботах.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дисципліна розрахована на один семестр. Вона складається з лекцій, лабораторних занять, та самостійної роботи студента.

В лекційній частині курсу викладено конструкцію сучасних силових установок, їх елементів та систем, умови їх взаємозв'язку та взаємодії, а також принципи формування реальних авіаційних конструкцій з урахуванням умов їх експлуатації. Тематика розділів 1 –4 є базою дисципліни, так як дає студенту відповідний об'єм знань щодо будови та роботи всіх частин силової установки літака, їх взаємозв'язку та взаємодії. Від ступеня засвоєння цього матеріалу визначається глибина знань студента щодо предмета вивчення. Перелік тем лекцій:

Лекція 1. Газові реактивні двигуни. Історія розвитку та загальна класифікація двигунів за признаками та конструктивні схеми ГТД. Схема турбореактивного двигуна (ТРД), ТРД форсовані, турбогвинтові двигуни та вертолітні ГТД, двухконтурні турбореактивні двигуни (ТРДД).

Лекція 2. Силовий цикл газової турбіни, термодинамічний аналіз. Ідеальний термодинамічний цикл газової турбіни, тепла Т- S діаграма температура – ентропія, Цикл Карно. ГТД як тепла машина.

Лекція 3. Компресор. Основні вимоги, що пред'являються до компресорів. Типи компресорів. Конструктивні і силові схеми осьових компресорів. Двокаскадний компресор ТРД.

Лекція 4.. Камера згорання. Загальна схема і розподіл повітря в КС. Специфічні вимоги до камери згорання. Основні схеми КС.

Лекція 5. Пускові запальники. Конструкція пускового запальника. Конструкція пускового запальника із стабілізуючим пристроєм козиркового типу.

Лекція 6. Лонжеронні та кесонні (моноблочні) крила.

Лекція 7. Забезпечення роботи ГТД. Системи змащування. Види тертя. В'язкість масла. Контурність масляної системи. Пускові запалювачі.

Лекція 8. Паливо для ГТД. Види та характеристики палива. Можливі хімічні палива та їх енергетичні характеристики.

Лекція 9. Класифікація та схеми РРД. Класифікація та схеми РРД. Вимоги до РРД. Параметри РРД.

Лекція 10. Паливна система РРД. Баки для пального та окиснювача.

Лекція 11. Умови проходження, особливості та показники робочого процесу турбіни РРД. Фізична картина РП РРД. Корисна робота. Витратонапруженність. Ступінь розширення продуктів згорання, теплонапруженність.

Лекція 12. Тяга камери згорання РРД. Розрахунок параметрів камери згорання РРД. Вплив геометрії камери РРД на тягові характеристики. Процеси горіння, швидкість газу, реакція продуктів згорання. Тяга в пустоті.

Лекція 13. Конструкція зарядів. Геометричний розрахунок вигорання заряду.

Лекція 14. Палива.Робоча характеристика. Гомогенні та целюлозні палива. Експлуатаційні характеристики. Балістне паливо.

Лекція 15. Розрахунок балістичних характеристик РДТП. Вибір робочого тиску. Формування вимог до палива.

Лекція 16. Принципи роботи та конструкція плазмових двигунів.

Лекції 17. Принципи роботи та конструкція іонних двигунів.

Лекції 18. Ядерні двигуни.

Виконання лабораторних робіт повинно допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час лабораторних занять студенти на учбових стендах реальних двигунів практично закріплюють отримані знання з конструкції силових систем літака та його елементів. Метою лабораторних робіт є закріплення на практиці теоретичних знань, отриманих на лекціях. Студенти самостійно вивчають конструкцію та визначають параметри ТРД на макетах ТВ-117, АИ-24, АИ-20, РУ-19-А300, Д-39КП-2 та ракеті ЗРК 5Я24-УД.

Типовий перелік лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Визначення основних параметрів робочого тіла в повітряно-реактивному двигуні (Тема 1.1).

Лабораторна робота 2. Дослідження робочого процесу теплових двигунів (Тема 1.2).

Лабораторна робота 3. Визначення питомих параметрів та коефіцієнтів корисної дії повітряно-реактивного двигуна. (Тема 1.3).

Лабораторна робота 4. Ефективна тяга та зовнішній опір авіаційної силової установки (Тема 2.3).

Лабораторна робота 5. Визначення основних геометричних параметрів вхідного пристрою повітряно-реактивного двигуна (Тема 3.3)

Для підготовки до виконання лабораторних робіт використовуються методичні посібники до виконання лабораторних робіт, експлуатаційна документація на літаки і вертольоти.

6. Самостійна робота студента

Мета:

- навчити студента самостійної роботи над літературою, умінню вести пошук додаткових джерел інформації, умінню узагальнювати інформацію і доповідати;

- поширити та закріпити знання студента з тематики кожного розділу навчальних матеріалів дисципліни шляхом поглиблення знань з лекційного матеріалу, а також самостійне вивчення окремих тем.

Перелік питань відведених на самостійне відпрацювання

1. Критерії класифікації ГТД
2. Основні елементи ГТД.
3. Основні елементи ТРДФ.
4. Основні елементи РРД.

5. Основи застосування РРД.
6. Системи забезпечення роботи РРД.
7. Класифікації та характеристики РДТП.
8. Маса заряду РДТП
9. Соплові блоки РДТП.
10. Складні елементи перспективних двигунів.
11. Фізика процесу іонних та ядерних двигунів.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій і лабораторних робіт є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропущення з поважних причин лекцій студент опрацьовує відповідну літературу і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених лабораторних робіт проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком. На аудиторних заняттях мобільні телефони мають бути відключені. Складні моменти тем, що виносяться на лекції можуть доручатися здобувачам вищої освіти для підготовки коротких доповідей або дискусійних питань до обговорень з метою збільшення активності слухачів. Лабораторні роботи захищаються під час виконання чергової лабораторної роботи у вигляді звітів з відповіддю на контрольні запитання. Пропущені лабораторні роботи проводяться і захищаються за окремим графіком в кінці семестру.

Використовує наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За участь в інститутській олімпіаді з дисципліни нараховується 5 балів, за роботу з удосконалення дидактичного матеріалу з дисципліни нараховується 5 балів, за активну участь в обговоренні складних тем +1...4 балів

За недопуск до лабораторного практикуму у зв'язку з незадовільним вхідним контролем при повторному відпрацюванні знімається 1 бал, за відсутність на лабораторному практикумі без поважних причин знімається 2 бали, відсутність на занятті без поважної причини: -1...-4 бал.

В разі визначення не самостійного виконання лабораторної роботи їх результати анулюються.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування за темою заняття, контрольні роботи;

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен; зарахування лабораторних робіт.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт; семестровий рейтинг більше 60 балів.

2.1. Рейтингова система оцінювання результатів навчання:

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за :

- Лабораторні роботи
- Модульна контрольна робота;
- Залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 16.

Максимальна кількість балів дорівнює 16 балів x5 =80 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 16;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 10...15;
- виконання, але немає звіту – 4..9;
- робота не виконувалась – 0.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів дорівнює 10 балів x2 =20 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 10;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 1...9;
- робота не виконувалась – 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +2...4 бали;
- відсутність на занятті без поважної причини: –1...–4 бал.

Максимальна кількість заохочувальних балів дорівнює 10.

Розрахунок шкали (RD) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

RD = 80+ 20 + 15 = 100 балів.

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з кредитного модулю студент отримав більше 60 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю з цього кредитного модулю, він отримує позитивну оцінку.

У разі, якщо сума рейтингових балів менша ніж 60, але виконані умови допуску до семестрової контролю з цього семестрового контролю, студент виконує на останньому за розкладом занятті залікову контрольну роботу. За бажанням, студент має право на участь у заліковій контрольній роботі з метою підвищення попередньої оцінки. Контрольне завдання цієї роботи складається з теоретичного питання, яке перевіряє знання теорії, та задачі, яке перевіряє практичні навички студента. Максимальна кількість балів, які нараховуються за контрольну роботу, дорівнює 100.

Теоретична частина.

- вільне володіння матеріалом, відповідь на усі додаткові питання – 50 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 40 балів;
- невпевнена відповідь на основне питання, неповні відповіді на додаткові питання – 30 балів;
- не має відповіді на основне питання – 0 балів.

Практична частина.

- впевнене та швидке вирішення задачі, вільне володіння інструментарієм, впевнені відповіді на додаткові питання – 50 балів;
- повне вирішення задачі, але неоптимальний програмний код – 40 балів;
- неповне вирішення задачі, труднощі у володінні мовою програмування – 30 балів;
- задача не вирішена – 0 балів.

Рейтингові бали, R	Оцінка за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску до екзамену	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. Класифікація реактивних двигунів за конструктивними ознаками.
2. Конструктивна схема форсованого турбореактивного двигуна (ТРДФ).
3. Турбогвинтові вертолітні двигуни ТГВД.
4. Турбореактивні двоконтурні двигуни (ТРДД).
5. Основні параметри авіаційних ГТД (сила тяги, питома тягою, питома витрата палива, питома маса двигуна, питома лобова тяга).
6. Відцентровий компресор з двостороннім входом повітря.
7. Одноступінчата осьова газова турбіна.
8. Двоступенева двороторна осьова газова турбіна.
9. Схема охолодження турбіни повітрям, що підводиться від проміжних ступенів осьового компресора.
10. Типи камер згоряння та їх порівняльна оцінка.
11. Прямоточна трубчасто-кільцева камера згоряння.
12. Протиточна окрема камера згоряння.
13. Протиточна кільцева камера згоряння.
14. Камери згоряння з подачею палива в паровій фазі.
15. Камери згоряння з подачею палива в рідкій фазі назустріч потоку газів.
16. Двоступенева однороторна осьова газова турбіна.
17. Двоступенева двороторна осьова газова турбіна.
18. Силові системи корпусів.
19. Основні складові реактивної сили ЖРД.
20. Основні функції палив і можливі джерела енергії РД.
21. Хімічні палива та їх енергетичні характеристики.
22. Ракетні двигуни твердого палива та їх схеми.
23. Схема РДТП з каналним зарядом.
24. Схема двигуна з багатошашечним зарядом.
25. Тверді ракетні палива. Вимоги до палив.
26. Балістичне паливо.
27. Залежність К.П.Д гвинта від швидкості польоту.
28. Класифікація цивільних ТРДД по ступені двоконтурності.
29. Двигуни для літаків вертикального зльоту та посадки.
30. Допоміжні авіаційні ГТД та СУ.
31. Морські та наземні стаціонарні ГТД.
32. Мікро- турбіни.
33. Реактивні двигуни для надзвукового польоту.
34. Можливість розвитку ГТД по тязі.
35. Показники безвідмовності.
36. Вартість життєвого циклу двигуна.
37. Відповідність вимогам льотної придатності.
38. Вимоги для ресурсу та надійності.
39. Використання геометричного моделювання при проектуванні ГТД.
40. Сертифікація авіаційних ГТД и ГТУ.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцентом кафедри АРБ, к.т.н., Бондарем Юрієм Івановичем.

Ухвалено кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.23)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТ (протокол №6 від 22.06.20232)