

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування та ремонту повітряних суден і  
авіадвигунів**

**ПРОГРАМА**

навчальної дисципліни «Теорія теплових двигунів»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
272 Авіаційний транспорт (Технічне обслуговування та ремонту повітряних  
суден і авіадвигунів)

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від \_\_\_\_\_ 2021р. № \_\_\_\_

**СХВАЛЕНО**

Цикловою комісією технічної  
експлуатації авіаційного  
транспорту  
Протокол від \_\_\_\_\_ 2021р. № \_\_\_\_

**Розробники:** викладач циклової комісії технічного обслуговування  
повітряних суден Яніцький А.А., викладач циклової комісії аеронавігації  
Ємець В.В.

**Рецензенти:**

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного  
університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.
2. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н.,с.н.с.  
Тягній В.Г.

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма вивчення навчальної дисципліни «Теорія теплових двигунів» складена відповідно до освітньої програми підготовки освітньо-професійного ступеня першого рівня вищої освіти «фаховий молодший бакалавр» напряму «Технічна експлуатація авіаційної техніки»

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є класифікація, принципова будова, робочі процеси основних вузлів, характеристики теплових двигунів.

**Міждисциплінарні зв'язки:** дисципліна «Теорія теплових двигунів» є основною дисципліною, що дозволяє формувати майбутнього авіаційного техника-механіка і ґрунтується на знаннях, отриманих під час вивчення таких навчальних дисциплін, як «Термодинаміка і теплопередача» забезпечує базу для засвоєння матеріалу з навчальних дисциплін «Конструкція авіаційної техніки», «Конструкція і технічне обслуговування авіадвигунів».

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів і тем:

*Розділ 1. Теорія газотурбінних двигунів.*

Тема 1. Робочі процеси, діючі в основних вузлах ГТД.

Тема 2. Закони керування, характеристики і режими роботи ГТД.

*Розділ 2. Основи теорії прямотруминних повітряно-реактивних, рідинних ракетних та твердопаливних реактивних двигунів.*

Тема 3. Прямотруминне повітряно-реактивні та твердопаливні двигуни.

Тема 4. Рідинні ракетні двигуни.

*Розділ 3. Теорія поршневих двигунів.*

Тема 5. Будова і ідеальний цикл ПД.

Тема 6. Робочий процес ПД.

Тема 7. Характеристики ПД.

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія теплових двигунів» є отримання здобувачами вищої освіти необхідних теоретичних і практичних знань в області класифікації, принципової будови, робочих процесів основних вузлів, характеристик теплових двигунів.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Теорія теплових двигунів» є вивчення здобувачами вищої освіти:

- класифікацію і принципову будову теплових двигунів;
- робочого процесу основних вузлів;
- характеристик теплових двигунів.

1.3. Згідно з Вимогами освітньої програми здобувачі вищої освіти повинні:

**знати:**

1. Принципову будову газотурбінних та ракетних двигунів;
2. Призначення, будову і робочий процес основних вузлів газотурбінних і поршневих двигунів;
3. Засоби підвищення економічності дійсних циклів газотурбінних і поршневих двигунів;
4. Особливості характеристик газотурбінних і поршневих двигунів.

**вміти:**

1. Аналізувати характеристики авіадвигунів;
2. Визначити шляхи розрахунку параметрів стану газу (робочого тіла) в кожному процесі, що йде в авіадвигуні;
3. Визначати роботу циклу і коефіцієнт корисної дії двигуна.

## 1.4 Форма підсумкового контролю – екзамен

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

## 1.5 Програмні компетентності:

| Програмні компетентності, які формуються при вивченні навчальної дисципліни: |  |  |
|--|--|--|
| Інтегральна компетентність   | Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі транспорту або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів вивчення елементів транспортної системи і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов. |  |
| Фахові компетентності (ФК)   | ФК8  | Здатність брати участь у проведенні комплексу планово-запобіжних робіт щодо забезпечення справності, працездатності та готовності об'єктів авіаційної техніки до ефективного використання їх за призначенням |
|  | ФК17   | Здатність застосовувати знання з метрологічного забезпечення діяльності авіапідприємства   |

## 2. Короткий опис змісту навчальної дисципліни

### Розділ №1 «Теорія газотурбінних двигунів»

#### Тема №1. Робочі процеси, діючі в основних вузлах ГТД

Реактивні двигуни: класифікація реактивних двигунів: будова і принцип дії; галузь використання ПРД; вимоги до авіаційних двигунів; основні питомі параметри ПРД; теорема тяги ПРД.

Термодинамічні цикли ТРД: ідеальні цикли ТРД; реальні цикли ТРД; зміна параметрів стану газу по газоповітряному тракту ТРД; зміна повної енергії потоку газу в елементах ТРД; к.к.д. процесів стиснення і розширення.

Вхідні пристрої (дифузори): призначення, вимоги, типи, основні елементи; основні параметри ефективності дифузора; робота дозвукового дифузора; особливості будови надзвукових дифузорів; особливості роботи надзвукових дифузорів; швидкісна степінь підвищення тиску.

Компресори: призначення, вимоги, типи; принцип роботи дозвукової ступені осьового компресора; степінь підвищення тиску в компресорі; адіабатична і дійсна робота стиску в компресорі; ефективна робота, що підводиться до повітря в ступені; к.к.д. ступені компресора.

Осьові компресори: схема і принцип дії осьових компресорів; надзвукова ступінь: будова і робота; план швидкостей; профілювання лопаток по висоті; багатоступінчасті компресори: схема і степінь підвищення тиску; робота багатоступінчастого компресора; к.к.д. багатоступінчастого компресора.

Відцентровий компресор.Помпаж: основні елементи і принцип дії; втрати в компресорі, дії і способи їх зниження; помпаж компресора: причини виникнення, фізична сутність, зовнішні ознаки і вплив на безпеку польотів; конструктивні і експлуатаційні міри попередження помпажу; характеристики компресора: визначення, зображення, значення.

Камера згорання: призначення, вимоги, типи, параметри; поняття про горіння вуглецеводневих палив; теоретично необхідна питома кількість повітря для згорання палива; коефіцієнт надлишку повітря; організація процесу горіння в камері згорання; вплив режиму роботи двигуна на процес горіння.

Газова турбіна: призначення і типи; будова і принцип дії; адіабатна і політропічна питома робота розширення газу на турбіні; потужність турбіни, к.к.д. турбіни, активна і реактивна ступінь турбіни; степінь реактивності турбіни.

План швидкостей ступені; робота і к.к.д. на робочому колесі турбіни; залежність к.к.д. від основних факторів (аналіз втрат на РК); багатоступінчасті турбіни; профілювання проточної частини турбіни; характеристика турбін.

Вихідні пристрої. Показники ТРД: вихідний пристрій: призначення, вимоги, типи, параметри; зміна параметрів стану газу у вихідному пристрої ТРД з нерегульованим соплом; ефективні показники ТРД: (тягові показники ТРД, питомі параметри ТРД); коефіцієнт корисної дії ТРД; залежність питомих показників ТРД від основних параметрів робочого процесу.

## **Тема №2. Закони керування, характеристики і режими роботи ГТД**

Вплив параметрів робочого процесу на параметри ТРД: робота дійсного циклу ТРД; питома тяга ТРД; вплив робочого циклу на к.к.д. ТРД; вплив параметрів робочого процесу на питому втрату палива.

Термодинамічні основи регулювання ТРД: експлуатаційні характеристики авіаційних двигунів; програми регулювання двигунів; сумісна робота турбіни і компресора.

Дросельні характеристики ТРД: поняття по дросельні характеристики; дросельні характеристики ТРД з незміною геометрією; дросельні характеристики ТРД зі спеціальним регулюванням; область можливих режимів роботи ТРД.

Швидкісні і висотні характеристики ТРД: швидкісні характеристики одновального ТРД; особливості швидкісних характеристик двохвального ТРД; висотні характеристики одновального ТРД.

Турбогвинтові двигуни: будова і принцип дії ТГВД; термодинамічний цикл ТГВД; основні параметри ТГВД; розподіл роботи циклу між гвинтом і реакцією; вплив основних параметрів робочого процесу на питомі параметри, к.к.д. та ефективну витрату палива; експлуатаційні характеристики ТГВД: дросельна, швидкісна і висотна характеристики.

Двоконтурні двигуни: принцип дії і класифікація; принципи масообміну і енергообміну в ДТРД; термодинамічний цикл ДТРД; основні параметри ДТРД; термодинамічні властивості нефорованих і форованих ДТРД; експлуатаційні характеристики ДТРД.

## **Розділ №2. «Основи теорії прямотрумінно-повітряних та твердопаливних реактивних двигунів».**

### **Тема №3. Прямоточні повітряно-реактивні та турбореактивні двигуни**

Схеми і типи прямотрумінних ПРД: реальний цикл ППРД; характеристики ППРД; переваги та недоліки, область застосування прямоточних ПРД.

Твердопаливні двигуни: будови та принципи роботи твердопаливних двигунів, переваги та недоліки РДТП; характеристики РДПТ; палива, що використовуються в РДТП.

### **Тема №4. Рідинні ракетні двигуни**

Рідинні ракетні двигуни: схеми будови та принцип роботи рідинно-реактивних двигунів; палива, що застосовують в РРД; охолодження РРД.

Робота і основні параметри РРД: ідеальний цикл РРД; робочий процес РРД; основні параметри РРД; експлуатаційний процес РРД.

## **Розділ №3. «Теорія поршневих двигунів»**

### **Тема №5. Будова і ідеальний цикл ПД.**

Визначення поршневого двигуна: класифікація поршневих двигунів; схема, будова і призначення основних елементів ПД; ідеальний цикл ПД; процеси і такти, складові дійсного циклу ПД.

### **Тема №6. Робочий процес ПД.**

Процес наповнення: призначення, графічне зображення; масовий заряд суміші і коефіцієнт наповнення циліндра; вплив їх на величину роботи циклу і визначаючі їх фактори.

Процес стиску: призначення, графічне зображення; фактори, що впливають на ефективність проходження стиску.

Процес згорання: нормальне проходження згорання, утворення початкового осередку полум'я, розповсюдження полум'я і догорання суміші; швидкість згорання і фактори, визначаючі її розміри; мета згорання паливно-повітряної суміші; випередження запалення; залежність запалення від умов роботи ПД.

Детонація: визначення, причини, ознаки, наслідки детонації; способи передбачення детонації.

Процес розширення: призначення, графічне зображення, робота газу при розширенні.

Процес випуску: призначення, графічне зображення, робота затрачена на випуск; індикаторні параметри ПД, індикаторна діаграма; середній індикаторний тиск; індикаторна робота та потужність; індикаторний к.к.д. і питома індикаторна витрата палива;

Ефективні параметри ПД: потужність, тертя, механічний к.к.д., ефективна потужність, питома ефективна витрата палива і ефективний к.к.д.

## **Тема №7. Характеристики ПД.**

Загальні відомості про характеристики ПД; зовнішня, гвинтова і висотна характеристика ПД: визначення, графічне зображення і аналіз.

### **3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті**

#### **Основна література:**

1. Терещенко Ю.М. " Теорія теплових двигунів ", К .: НАУ, 2009.
2. Терещенко Ю.М., Бойко Л.Г., Мамлюк О.В. «Газотурбінні двигуни літальних апаратів», К.: Вища школа, 2000
3. Мадорский Я.Ю. " Теорія авіаційних двигунів.", Ч.1. ,М .: Воениздат, 1969.
4. Вагін А.Н., " Теорія авіаційних двигунів", Ч.1. ,М .: Воениздат, 1968.
5. Клячкин А.Л. Теорія повітряно-реактивних двигунів. – М. Машиностроение, 1969

#### **Допоміжна література:**

6. Лівінський С.І. " Теорія авіаційних двигунів ", М," Машинобудування ", 1982.
7. Холщевніков К.В. "Теорія і розрахунок авіаційних лопаткових машин", М, "Машинобудування", 1986.
8. Пчелкин Ю.М. "Камери згоряння газотурбінних двигунів", М, "Машинобудування", 1984р.
9. Стечкин Б.С. «Теорія теплових двигунів: обрання праці », М .: Физматлит, 2001..
10. Пригожин І. «Сучасна термодинаміка. Від теплових двигунів до дисипативних структур », М .: Мир, 2002.
11. Нігматулін І.М. «Теплові двигуни », М .: Вища. шк., 1974.
12. Агульнік А.Б. «Термогазодинамічних розрахунки і розрахунок характеристик авіаційних ГТД », М .: Изд-во ГТУ МАІ, 2002.
13. Дорофєєв АА. «Основи теорії теплових ракетних двигунів»,М .: МГТУ, 1999.

## Інформаційні ресурси в Інтернеті

14. URL:<http://avia-simply.ru/category/aviatsionnie-dvigateli/>
15. URL:<http://storage.mstuca.ru/handle/123456789/7572>

### 4. Засоби оцінювання здобувачів вищої освіти

#### Питання для підсумкового контролю (екзамену):

1. Будова, принцип роботи та область використання ракетних двигунів.
2. Будова, принцип роботи та область використання турбореактивних двигунів.
3. Будова, принцип роботи та область використання турбогвинтових двигунів.
4. Будова, принцип роботи та область використання двохконтурних ТРД.
5. Будова, принцип роботи та область використання турбовальних двигунів.
6. Зміна параметрів стану газу по газоповітряному тракту ТРД.
7. Призначення та вимоги до входних пристроїв ТРД.
8. Будова та принцип роботи дозвукових входних пристроїв.
9. Характеристика прямих стрибків ущільнення.
10. Характеристика косих стрибків ущільнення.
11. Будова, типи та принцип роботи надзвукових входних пристроїв.
12. Призначення та вимоги до компресорів.
13. Типи та основні параметри компресорів.
14. Будова осьового компресора.
15. Робота ступеня осьового компресора.
16. Будова відцентрового компресора.
17. Робота відцентрового компресора.
18. Фізична сутність помпажа.
19. Конструктивні міри боротьби з помпажем.
20. Призначення та вимоги до камер згорання ГТД.
21. Умови горіння вуглецеводневих палив.
22. Теоретично необхідна кількість окислювача. Коефіцієнт надлишку окислювача, його вплив на процес горіння палива.
23. Будова та типи камер згорання ГТД.
24. Процес сумішоутворення в камері згорання ГТД.
25. Призначення та процес руху вторинного потоку в камері згорання ГТД.
26. Призначення, основні параметри та вимоги до газових турбін.
27. Класифікація газових турбін.
28. Будова осьової газової турбіни.
29. Принцип роботи ступені осьової реактивної турбіни.
30. Призначення, вимоги та типи вихідних пристроїв ГТД.
31. Особливості будови регульованих сопел та вихідних пристроїв вертолїтних ГТД.
32. Залежність ефективної роботи циклу від основних параметрів робочого процесу.
33. Визначення сили тяги ТРД, формула для визначення, одиниці вимірювання.
34. Коефіцієнти корисної дії ТРД.
35. Питомі показники ГТД.

36. Характеристика сталого режиму роботи ГТД.
37. Характеристика перехідних режимів роботи ГТД.
38. Прийманість двигуна і її значення для безпеки польотів.
39. Якими факторами визначається прийманість двигуна.
40. Визначення характеристик ТРД. Необхідність їх використання.
41. Визначення дросельної характеристики ТРД.
42. Залежність питомої витрати палива ТРД від числа обертів за дросельною характеристикою.
43. Залежність тяги ТРД від числа обертів за дросельною характеристикою.
44. Визначення швидкісної характеристики ТРД.
45. Залежність тяги ТРД від швидкості польоту за швидкісною характеристикою.
46. Залежність питомої витрати палива від швидкості польоту за швидкісною характеристикою.
47. Визначення висотної характеристики ТРД.
48. Залежність питомої витрати палива ТРД від висоти польоту за висотною характеристикою.
49. Залежність тяги ТРД від висоти польоту за висотною характеристикою.
50. Визначення поршневого двигуна і його будова.
51. Класифікація поршневих двигунів.
52. Принцип роботи поршневого двигуна.
53. Призначення, початок та закінчення процесу впуску поршневого двигуна.
54. Вплив температури та тиску паливоповітряної суміші на її ваговий заряд. Зміна температури та тиску паливоповітряної суміші на ділянках впускного тракту поршневого двигуна.
55. Процес стиснення в поршковому двигуні. Визначення ступеня стиснення, його вплив робочий процес двигуна.
56. Характеристика періодів процесу горіння в поршковому двигуні.
57. Вплив зміни коефіцієнту надлишку окислювача на потужність, економічність і тепловий режим поршневого двигуна.
58. Призначення випередження запалення. Визначення кута випередження запалення.
59. Вплив випередження запалення на потужність, економічність і тепловий режим поршневого двигуна.
60. Процес розширення в поршковому двигуні.
61. Процесу випуску у поршковому двигуні.