

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

з навчальної дисципліни

«Системи та обладнання авіаційної техніки»

вибіркових компонент

освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт (Аеронавігація)

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023р. № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023р. № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023р. № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування
авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023р. № 1

Розробники:

- 1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Царенко Андрій Олександрович*
- 2. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії Пономаренко Анатолій Володимирович.*

Рецензенти:

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

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

1.1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (денна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 6							
Тема № 1. Навантаження, які діють на основні вузли ГТД.	14	4	-	2	-	8	Усне опитування
Тема № 2. Вхідні пристрої.	12	2	-	2	-	8	Усне опитування
Тема № 3. Компресори.	22	2	-	-	12	8	Усне опитування
Тема № 4. Камери згоряння.	14	2	-	-	4	8	Усне опитування
Тема № 5. Газові турбіни.	14	2	-	-	4	8	Усне опитування
Тема № 6. Вихідні пристрої.	14	2	-	4	-	8	Усне опитування
Тема № 7. Опори роторів. З'єднувальні муфти.	18	4	-	6	-	8	Усне опитування
Тема № 8. Системи змащування.	14	2	-	-	4	8	Усне опитування
Тема № 9. Системи паливопостачання.	16	2	-	-	6	8	Усне опитування
Тема № 10. Системи автоматичного керування.	14	6	-	2	-	6	Усне опитування
Тема № 11. Повітряні системи.	12	4	-	2	-	6	Усне опитування
Тема № 12. Пускові системи.	16	8	-	2	-	6	Усне опитування
Всього за семестр № 6	180	40	0	20	30	90	Екзамен

1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 6							
Тема № 1. Навантаження, які діють на	14	2	-	-	-	12	Усне

основні вузли ГТД.							опитування
Тема № 2. Вхідні пристрої.	11	1	-	-	-	10	Усне опитування
Тема № 3. Компресори.	14	2	-	-	-	12	Усне опитування
Тема № 4. Камери згоряння.	14	2	-	-	-	12	Усне опитування
Тема № 5. Газові турбіни.	16	2	-	-	-	14	Усне опитування
Тема № 6. Вихідні пристрої.	13	1	-	-	-	12	Усне опитування
Тема № 7. Силові системи і ротори ГТД.	13	1	-	-	-	12	Усне опитування
Тема № 8. Системи змащування.	16	2	-	-	-	14	Усне опитування
Тема № 9. Системи паливостачання.	16	2	-	-	-	14	Усне опитування
Тема № 10. Системи автоматичного регулювання.	18	2	-	2	-	14	Усне опитування
Тема № 11. Повітряні системи.	17	1	-	2	-	14	Усне опитування
Тема № 12. Пускові системи.	18	2	-	2	-	14	Усне опитування
Всього за семестр № 6	180	20	-	6	-	154	Екзамен

2. Методичні вказівки до практичних занять

Тема № 1. Навантаження, які діють на основні вузли ГТД.

Практичне заняття № 1. Навантаження, які діють на основні вузли ГТД.

Навчальна мета заняття: вивчити класифікацію, причини виникнення, можливі наслідки, способи пониження сил, діючих на елементи конструкції ГТД, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 2 (денна форма) , - 0 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Класифікація сил, діючих на елементи конструкції ГТД, по природі виникнення і напрямку дії. Поняття про зовнішні і внутрішні сили.

2. Газові сили, статичної і динамічної дії газового потоку на елементи ГТД. Осьові газові сили і сили тяги двигуна. Радіальні і окружні газові сили.

3. Напруги, випробувані елементами ГТД під дією газових сил. Масові сили: сила ваги, інерційні сили, гіроскопічний момент.

4. Сили вібрації: причини виникнення, наслідки вібраційних навантажень, способи зниження вібраційних напруг.

5. Температурні напруги, причини виникнення, можливі наслідки, способи пониження температурних напруг.

Література: 4,(с.7-13)

Матеріально-технічне забезпечення занять: схеми сил, діючих на елементи конструкції ГТД .

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з класифікацією, причинами виникнення, можливими наслідками, способами пониження сил, діючих на елементи конструкції ГТД, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

1. Як класифікуються за напрямом сили, що діють під час роботи ГТД на його вузли та деталі?
2. Які моменти викликають сили, що діють під час роботи ГТД на його вузли та деталі?
3. Які напруги викликають сили, що діють під час роботи ГТД на його вузли та деталі?
4. Які навантаження називають внутрішніми, які вільними?
5. Які навантаження називають стаціонарними, а які нестаціонарними?
6. Як умовно поділяють на групи навантаження за своєю природою появи?
7. Охарактеризуйте газові навантаження, що діють елементи ГТД.
8. Реактивна та активна складові газової сили.
9. Інерційні навантаження, що діють елементи ГТД.
10. Чому виникають невірні навантаження сили у елементах ГТД.
11. Навантаження обумовлені температурними деформаціями.
12. Динамічні навантаження, що діють елементи ГТД.

Тема № 2. Вхідні пристрої.

Практичне заняття № 2. Вхідні пристрої.

Навчальна мета заняття: вивчити призначення, вимоги, типи та конструктивне виконання, переваги і недоліки, умови роботи та діючі навантаження на елементи вхідних пристроїв ГТД, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 2 (денна форма) , - 0 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Призначення і вимоги.
2. Дозвукові і надзвукові вхідні пристрої, їх схеми і конструктивні елементи, способи регулювання.
3. Матеріали, що використовуються для виготовлення вхідних пристроїв.
4. Захисні пристрої повітрозбірників.

5. Сили, діючі на елементи повітрозбірника і викликаємі напруги.

Література: 4,(с. 14-23)

Матеріально-технічне забезпечення занять: схеми вхідних пристроїв, вхідні пристрої двигунів.

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з призначенням, вимогами, типами та конструктивним виконанням, перевагами і недоліками, умовами роботи та діючими навантаженнями на елементи вхідних пристроїв, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

1. Вкажіть призначення захисних пристроїв повітрезаборників.
2. Ознайомитись зі схемами вхідних пристроїв, які існують.
3. Назвати і показати основні конструктивні елементи вхідних пристроїв.
4. Охарактеризувати область застосування вхідних пристроїв різних типів, їх переваги і недоліки.
5. Дати характеристику способам регулювання вхідних пристроїв різних типів.
6. Дати характеристику захисним пристроям повітрязабірників.
7. Вкажіть які сили діють на елементи вхідних пристроїв? Які напруги вони викликають?

Тема № 6. Вихідні пристрої.

Практичне заняття № 3. Вихідні пристрої.

Навчальна мета заняття: вивчити призначення, вимоги, типи та конструктивне виконання, переваги і недоліки, умови роботи та діючі навантаження на елементи вихідних пристроїв ГТД, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 4 (денна форма) , - 0 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Призначення та основні вимоги, типи вихідних пристроїв
2. Регульовані реактивні сопла.
3. Реверсивні пристрої.
4. Пристрої для глушіння шуму.
5. Сили, діючі на елементи вихідного пристрою.

6. Матеріали, що використовуються для виготовлення деталей вихідного пристрою.

Література: 4, (ст. 130-144)

Матеріально-технічне забезпечення занять: схеми вихідних пристроїв, вихідні пристрої двигунів.

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з призначенням, вимогами, типами та конструктивним виконанням, перевагами і недоліками, умовами роботи та діючими навантаженнями на вихідні пристрої ГТД, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

1. Дати характеристику призначення та вимог до вихідних пристроїв.
2. Як класифікуються вихідні устрою.
3. Дати характеристику конструкції та роботі сопел, що звужуються.
4. Дати характеристику конструкції та роботі сопел Лавалю.
5. Дати характеристику конструкції та роботі ежекторних сопел.
6. У яких випадках нерегульоване сопло ГТД виконується таким, що звужується, а в яких воно має бути таким, що звужується-розширюється?
7. У яких випадках і навіщо сопла ГТД роблять регульованими?
8. Дати характеристику способів регулювання сопел.
9. Які способи зниження шуму реактивних двигунів?
10. Дати характеристику поняттям «реверс» та «девіація» тяги.
11. Перерахуйте вимоги реверсивних пристроїв ГТД.
12. У чому переваги та недоліки реверсивних пристроїв з поворотом потоку у вихідному пристрої та за ним?
13. У чому переваги та недоліки реверсивних пристроїв з механічним та аеромеханічним способом відхилення потоку газу?
14. У чому переваги та недоліки реверсивних пристроїв ґратчастого типу?
15. У чому переваги та недоліки механічного та пневматичного регулювання сопел?
16. У чому переваги та недоліки сопла з рухомим центральним тілом, двостулкового та багатостулкового сопел?

Тема № 7. Силкові системи і ротори ГТД.

Практичне заняття № 4. Силкові системи і ротори ГТД.

Навчальна мета заняття: вивчити визначення силової системи двигуна і її основних елементів, конструкцію валів і способи їх з'єднання між собою, призначення і конструкцію елементів опор ротора, статичне і динамічне балансування ротора, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 6 (денна форма) , - 0 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Визначення силової системи двигуна і її основні елементи. Силкові системи роторів. Силкові системи корпусів.
2. Вали і способи їх з'єднання між собою.
3. Призначення і конструкція опор ротора.
4. Типи, конструкція і принцип роботи ущільнень масляних порожнин опор.
5. Демпфірування коливань ротора.
6. Врівноваження роторів. Статичне і динамічне балансування ротора.

Література: 4, (ст. 155-180)

Матеріально-технічне забезпечення занять: макет-розріз двигуна, стенд „Поздовжній розріз двигуна», стенд „Опори ротора”.

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з силовою системою двигуна і її основними елементами, улаштуванням опори роторів, навантаженням на різні види підшипників, улаштуванням і принципом роботи різних типів ущільнень порожнин опор, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

1. У яких випадках силову схему роторів ТРДД вводять міжвальний підшипник?
2. Чому одна з опор ротора ГТД виконується на кульковому підшипнику, а решта – на роликових?
3. Як здійснюється передача радіальних зусиль із задньої опори ротора ТРД у силовій схемі статора з внутрішнім зв'язком?
4. Чому силова схема статора ТРД з внутрішнім зв'язком не набула широкого поширення?
5. Навіщо застосовуються пружно-демпферні опори роторів ГТД?
6. У чому переваги та недоліки авіаційних двоточкових та триточкових кулькових підшипників?

7. У чому переваги та недоліки центрування сепараторів підшипників по внутрішньому та зовнішньому кільцям підшипника?
8. Як забезпечується температурний режим роботи підшипників?
9. Які елементи входять до складу опор роторів ГТД і навіщо вони призначені?
10. З яких матеріалів виготовляються прокладки в ущільненні нерухомих з'єднань?
11. Назвіть основні типи контактних ущільнень рухомих з'єднань.
12. Назвіть основні типи безконтактних ущільнень рухомих з'єднань.
13. Для чого в статорній частині лабіринтного ущільнення виконується стільникове покриття?
14. Від яких параметрів залежить коефіцієнт витрати лабіринтного ущільнення?
15. У чому переваги та недоліки щіткових щілин у порівнянні з лабіринтними?
16. Які типи ущільнень використовуються для ущільнення масляних порожнин?
17. Вкажіть область використання одно-, двух- та три вальних роторів.
18. За допомогою яких елементів опори ротора забезпечується демпфірування коливань ротора?
19. Як здійснюється наддування передмастильних опор роторів?

Тема № 10. Системи автоматичного регулювання.

Практичне заняття № 5. Системи автоматичного регулювання.

Навчальна мета заняття: вивчити призначення, вимоги та типи систем автоматичного регулювання, принципи управління енергетичними об'єктами, елементи регулятора, регульовані параметри та регулюючі фактори, програми регулювання ГТД, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 2 (денна форма) , - 2 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Призначення та вимоги до систем автоматичного регулювання.
2. Принципи управління енергетичними об'єктами.
3. Елементи регулятора.
4. Регульовані параметри та регулюючі фактори.
5. Програми регулювання ГТД.
6. Типи систем регулювання.

Література: 4, (ст. 236-260)

Матеріально-технічне забезпечення занять: стенд „Система паливоживлення і регулювання”.

План проведення заняття:

- I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з призначенням, вимогами, типами систем автоматичного регулювання, принципами управління енергетичними об'єктами, елементами регулятора, регульованими параметрами та регулюючими факторами, програмами регулювання ГТД, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

1. Перерахуйте функції систем автоматичного регулювання.
2. Перерахуйте вимоги до паливних систем.
3. З яких основних елементів складається регулятор? Для чого вони призначені?
4. Розкрити поняття регульованих параметрів.
5. Розкрити поняття регулюючих факторів.
6. Розкрити поняття програми регулювання ГТД.
7. Охарактеризуйте програми регулювання ГТД.
8. Охарактеризуйте типи систем регулювання.

Тема № 11. Повітряні системи.

Практичне заняття № 6. Повітряні системи.

Навчальна мета заняття: вивчити призначення, вимоги та типи повітряних систем ГТД, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 2 (денна форма), - 2 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Призначення, основні вимоги до повітряних систем.
2. Загальні і локальні повітряні системи ГТД.
3. Повітряні системи охолодження турбін ГТД.
4. Повітряні системи наддуву і охолодження опор.
5. Протиобліднювальні системи.
6. Система кондиціонування повітря.
7. Система активного управління зазорами.
8. Системи зовнішнього обігріву ГТД.

Література: 3, (ст. 812-839)

Матеріально-технічне забезпечення занять: схеми повітряних систем ГТД.

План проведення заняття:

- I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з призначенням, вимогами, типами повітряних систем ГТД, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

1. Перерахуйте функції повітряної системи.
2. Назвіть основні локальні повітряні системи ГТД.
3. Порівняйте різні варіанти схеми підведення повітря на охолодження робочої лопатки першого ступеня ТВД.
4. Порівняйте різні варіанти схеми підведення повітря на охолодження маточини диска ТВД.
5. Якими міркуваннями визначається вибір параметрів повітря, що спрямовується на наддув ущільнень масляних порожнин опор?
6. Поясніть, як змінюється зі зміною режиму роботи двигуна перепад тисків у схемі з наддувом ущільнень безпосередньо з повітряної порожнини двигуна, в якій розташована опора?
7. Назвіть три основні типи схем наддуву та охолодження опор ГТД. У чому їхня відмінність?
8. Поясніть роботу протиобліднювальної системи.
9. Як здійснюється відбір повітря в систему кондиціонування літака?
10. Яким чином забезпечується очищення повітря, що направляється на наддув масляних ущільнень порожнин опор?

Тема № 12. Пускові системи.

Практичне заняття № 7. Пускові системи.

Навчальна мета заняття: вивчити призначення та вимоги до пускових систем ГТД, склад, принципову будову та робота агрегатів пускових систем ГТД, здійснити контроль та закріпити знання за темою.

Кількість годин - 2 (денна форма), - 2 (заочна форма).

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Призначення та основні вимоги.
2. Процес пуску ГТД.
3. Стартери для попередньої розкрутки ротора двигуна.
4. Призначення, вимоги та типи систем запалювання.
5. Склад, принципова будова та робота агрегатів системи запалювання.

Література: 3, (ст. 661-689, 802-809), 4, (ст. 263-278)

Матеріально-технічне забезпечення занять: схема пускової характеристики, схеми стартерів, схеми агрегатів пускових систем ГТД, розріз-макет двигуна.

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Вітання з особовим складом групи; перевірка особового складу та готовність його до навчального заняття; доведення мети заняття та навчальних питань.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі вищої освіти повинні ознайомитись з призначенням та вимогами до пускових систем ГТД, складом, принциповою будовою та роботою агрегатів пускових систем ГТД, відповісти на контрольні питання.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Підведення підсумків заняття, оголошення оцінок здобувачів освіти.

Перелік питань для поточного контролю знань здобувачів освіти:

Перерахуйте функції системи запуску

Які системи та пристрої задіяні при запуску двигуна?

Охарактеризуйте етапи запуску двигуна.

Які вимоги висуваються до пускових пристроїв ГТД?

Якими міркуваннями визначається вибір типу пускового пристрою?

У яких випадках пусковий пристрій може не мати редуктора?

Від яких джерел електроенергії працюють електричні пускові пристрої авіаційних ГТД?

Від яких джерел стисненого повітря працюють повітряні пускові пристрої авіаційних ГТД?

Які функції виконує автоматично керована заслінка повітряного пускового пристрою?

Поясніть принцип дії струменевого повітряного пускового пристрою ГТД.

У чому полягають переваги та недоліки турбокомпресорних пускових пристроїв?

У чому полягають переваги та недоліки основних схем турбокомпресорних пускових пристроїв?

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

Основна література:

1. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2009. 477 с.

2. Терещенко Ю.М. Газотурбінні двигуни літальних апаратів, Київ: Вища школа, 2000. 319 с.

3. Царенко А.О., Шмельов Ю.М. Модуль 15. Газотурбінний двигун (категорія В1). Конспект лекцій. Кременчук: КЛК ХНУВС, 2019. 810 с.

Допоміжна література:

4. Aviation Maintenance Technician. Handbook–Powerplant. Volume 1.U.S. Department of Transportation. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Flight Standards Service, 2012. 282 p.

5. Aviation Maintenance Technician. Handbook–Powerplant. Volume 2.U.S. Department of Transportation. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Flight Standards Service, 2012. 280 p.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

6. Aviation Maintenance Technician. Handbook–Powerplant. U.S. Department of Transportation. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Flight Standards Service, 2023. 500 p. URL.:https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/amt_powerplant_handbook.pdf (дата звернення 26.08.2023)

7. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION: Helicopter Flying Handbook. URL.:https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook (дата звернення 26.08.2023)

8. L'AVIONNAIRE: LES TURBOMACHINES. URL.: <https://lavionnaire.fr/MotorIntro.php> (дата звернення 26.08.2023)