

**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
«Термодинаміка та теплопередача»
обов'язкових 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 30.08.2023 р. № 7

СХВАЛЕНО

Методично радою Кременчуцького
льотного коледжу
Протокол від 28.08.2023 р. № 1

ПОГОДЖЕНО

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

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

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки *Яніцький А.А.*

Рецензенти:

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного
університету, д.т.н., професор *Тамаргазін О.А.*

Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки
Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного
університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с. *Тягній В.Г.*

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

**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	і	практичні заняття	лабораторні заняття	самостійна робота	
Тема 1. Термодінамічна система и ее стан.	34	4	0		0	30	усне опитування
Тема 2. Перший закон термодинаміки. Термодінамічні процеси в газах.	11	1	0		0	10	усне опитування
Тема 3. Другий закон термодинаміки.	11	1	0		0	10	усне опитування
Тема 4. Ідеальні цикли теплових двигунів.	11	1	0		0	10	усне опитування
Тема 5. Основні Рівняння термодинаміки газового потоку.	11	1	0		0	10	усне опитування
Тема 6. Розгін и гальмування газового потоку.	12	1	0	1	0	10	усне опитування
Тема 7. Види теплообміну. Теплопровідність.	12	1	0	1	0	10	усне опитування
Тема 8. Конвективний теплообмін.	12	1	0	1	0	10	усне опитування
Тема 9. Теплообмін випромінюванням.	12	1	0	1	0	10	усне опитування
Тема 10. Передача теплоти через стінки. Методи теплового захисту.	12	1	0	1	0	10	усне опитування
Тема 11. Теплообмінні апарати.	12	1	0	1	0	10	усне опитування
Всього за семестр:	150	14	0	6	0	130	залік

1. ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема № 1 «Термодинамічна система та її стан. Перший закон термодинаміки.

Термодинамічні процеси в газах»

Практичне заняття: Термодинамічна система та її стан. Перший закон термодинаміки. Термодинамічні процеси в газах.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 0 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Основні поняття і визначення. Параметри стану системи і рівняння стану.

2. Рівняння стану ідеального газу.

3. Рівняння стану реальних газів.

4. Термодинамічний процес. Рівноважні, нерівноважні й квазірівноважні термодинамічні процеси

5. Теплоємність газів. Види теплоємності.

6. Теплоємність газів.

7. Внутрішня енергія системи.

8. Перший закон термодинаміки.

9. Робота і теплота.

10. Ентальпія.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Газові суміші.

2. Теплоємність суміші газів.

3. Методика дослідження термодинамічних процесів: ізохорний процес.

4. Методика дослідження термодинамічних процесів: ізобарний процес.

5. Методика дослідження термодинамічних процесів: ізотермічний процес.

6. Методика дослідження термодинамічних процесів: адіабатний процес.

7. Методика дослідження термодинамічних процесів: політропні процеси.

8. Аналіз політропних процесів.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 3 «Другий закон термодинаміки»

Практичне заняття: Другий закон термодинаміки.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 0 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Оборотні й необоротні процеси
2. Колові процеси (цикли).
3. Формулювання другого закону термодинаміки.
4. Термічний ККД циклу теплової машини.
5. Цикл Карно й теореми Карно.
6. Наведена теплота і нерівність Клазіуса
7. Ентропія. Властивості ентропії в оборотних процесах.
8. Ентропія ізольованої системи.
9. Ентропія ідеального газу.
10. T, s – координати.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T, s – координатах: ізотермічний процес.
2. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T, s – координатах: адіабатний процес.
3. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T, s – координатах: ізохорний процес.
4. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T, s – координатах: ізобарний процес.
5. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T, s – координатах: політропні процеси.
6. Цикл Карно в T, s – координатах.

7. i, s – координати.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 4 «Ідеальні цикли теплових двигунів»

Практичне заняття: Ідеальні цикли теплових двигунів.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 0 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Термодинамічний метод дослідження циклів теплових двигунів. Графічний метод порівняння циклів в T, s – координатах. Метод порівняння циклів шляхом порівняння середніх температур підведення і відведення теплоти в циклі.

2. Цикл газотурбінних двигунів – цикл Брайтона.

3. Цикли газотурбінних двигунів із ступінчастим підведенням теплоти.

4. Цикл Брайтона з регенерацією теплоти.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Цикл поршневих двигунів – цикл Отто.

Цикл поршневих двигунів – цикл Дизеля III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 5 «Основні рівняння термодинаміки газового потоку»

Практичне заняття: Основні рівняння термодинаміки газового потоку.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 0 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Основні рівняння термодинаміки газового потоку: рівняння нерозривності.
2. Основні рівняння термодинаміки газового потоку: рівняння збереження енергії.
3. Узагальнене рівняння Бернуллі.
4. Окремі випадки узагальненого рівняння Бернуллі: компресор, турбіна.
5. Параметри адіабатно загальмованого потоку.
6. Спосіб вимірювання повної температури газового потоку. Способи вимірювання повного і статичного тиску газового потоку.
7. Рівняння збереження енергії в параметрах загальмованого потоку. Окремі випадки рівняння збереження енергії.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

- I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

- II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Критичні параметри потоку.
2. Приведена швидкість.
3. Газодинамічні функції.

- III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 6 «Розгін і гальмування газового потоку»

Практичне заняття: Розгін і гальмування газового потоку.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 1 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Зміна повної температури і повного тиску у газовому потоці.
2. Особливості розгону і гальмування газового потоку при різних впливах.
3. Закономірності зміни параметрів ідеального газу при енергоізованих течіях в каналі.
4. Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку: сопло.

5. Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку: дифузор.

6. Ідеальна течія газу в соплах. Основні поняття і визначення. Можливі режими роботи сопла.

7. Швидкість витікання газу з сопла.

8. Ідеальна течія газу в соплі, що звужується: режими роботи сопла, що звужується.

9. Вплив $\pi_{с-расп}$ на течію газу в соплі, що звужується. Витрати газу через сопло.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Ідеальна течія газу в соплі Лавалю: зміна параметрів газу уздовж сопла Лавалю, режим роботи сопла Лавалю.

2. Ідеальна течія газу в соплі Лавалю: вплив $\overline{F_2}$ на течію в соплі Лавалю.

3. Ідеальна течія газу в соплі Лавалю: витрати газу через сопло Лавалю, вплив p_1^* на течію в соплі Лавалю.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 7,8 «Види теплообміну. Теплопровідність. Конвективний теплообмін»

Практичне заняття: Види теплообміну. Теплопровідність. Конвективний теплообмін

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 1 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Види переносу теплоти. Температурне поле. Тепловий потік.

2. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності.

3. Теплопровідність плоскої стінки.

4. Теплопровідність циліндричної стінки. Контактний тепловий опір.

5. Фізична картина процесу конвективного теплообміну: прикордонний шар; фактори, що впливають на інтенсивність тепловіддачі.

6. Фізична картина процесу конвективного теплообміну: фактори, що впливають на інтенсивність тепловіддачі.

7. Формула Ньютона.

8. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну.

9. Основи теорії подібності конвективного теплообміну: основні поняття і визначення теорії подібності фізичних процесів.

10. Основи теорії подібності конвективного теплообміну: перша теорема подібності, критерії подібності.

11. Основи теорії подібності конвективного теплообміну: друга теорема подібності, рівняння подібності.

12. Основи теорії подібності конвективного теплообміну: виділення головних визначальних критеріїв подібності, явище автомодельності; моделювання фізичних явищ.

13. Тепловіддача при обтіканні плоскої пластини.

14. Особливості тепловіддачі при обтіканні криволінійних поверхонь.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Конвективний теплообмін при вимушеній течії в каналах.

2. Особливості теплообміну при русі газу з великою швидкістю: температура відновлення.

3. Особливості теплообміну при русі газу з великою швидкістю: густина теплового потоку; критеріальне рівняння.

4. Конвективний теплообмін при вільному русі теплоносія в необмеженому просторі.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 9 «Теплообмін випромінюванням

Практичне заняття: Теплообмін випромінюванням.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 1 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Основні поняття теплового випромінювання.
2. Основні закони теплового випромінювання.
3. Теплообмін випромінюванням між плоскими стінками і в замкнутій порожнині.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Вплив екранів на теплообмін випромінюванням.
2. Особливості випромінювання газів і полум'я.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 10 «Термодинамічна система та її стан. Перший закон термодинаміки.

Термодинамічні процеси в газах»

Практичне заняття: Термодинамічна система та її стан. Перший закон термодинаміки. Термодинамічні процеси в газах.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 1 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Передача теплоти через плоску стінку.
2. Передача теплоти через циліндричну стінку.
3. Теплова ізоляція.
4. Передача теплоти через ребро і реберну стінку.
5. Методи теплового захисту.
6. Конвективне охолодження.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Загороджувальне охолодження.
2. Проникаюче (пористе) охолодження.
3. Теплозахисні покриття.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

Тема № 11 «Теплообмінні апарати»

Практичне заняття: Теплообмінні апарати.

Навчальна мета заняття: Розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих здобувачами на лекціях в процесі вивчення навчальної дисципліни.

Кількість годин – 1 год

Місце проведення: лабораторія конструкції та експлуатації двигуна.

Навчальні питання:

1. Основні типи теплообмінних апаратів та їх застосування.
2. Теплопередача в рекуперативних теплообмінниках.
3. Зміна температури теплоносіїв в теплообміннику.
4. Визначення величини площі робочої поверхні теплообмінника.
5. Визначення середнього температурного напору. Визначення середніх температур теплоносіїв.

Література:

Котовський В. Н. Технічна термодинаміка: тексти лекцій / В. Н. Котовський , 2015

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перед виконанням практичної роботи здобувач вищої освіти повинен знати теоретичну частину практичної роботи, орієнтуватися у фізичних величинах, чітко уявляти хід виконання практичної роботи, знати правила техніки безпеки при проведенні практичної роботи.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Дати відповідь на наступні питання:

1. Основні типи теплообмінних апаратів та їх застосування.
2. Теплопередача в рекуперативних теплообмінниках.
3. Зміна температури теплоносіїв в теплообміннику.
4. Визначення величини площі робочої поверхні теплообмінника.

5. Визначення середнього температурного напору. Визначення середніх температур теплоносіїв.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Оформити звіт про виконання практичної роботи.

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

Основна:

1. Котовський В. Н. Технічна термодинаміка : тексти лекцій, 2015. 88 с.
2. Котовський В. Н. Теплопередача : тексти лекцій, 2015. 76 с.

Допоміжна:

3. Базаров І. П. Термодинаміка : підручник. 2010. 384 с.
4. Баранов В. М., Коньков А. Ю. Термодинаміка і теплопередача: навчальний посібник; 2-е видання, перероблене. 2004. 91 с.
5. Технічна термодинаміка і теплопередача : підручник для академічного бакалаврату В. А. Кудінов, Е. М. Карташов, Є. В. Стефанюк , 2016. 442 с.

Інформаційні ресурси в інтернеті:

6. URL : <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
7. URL : <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl76.pdf>