

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни
«Термодинаміка та теплопередача»
обов'язкових компонент
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 30.08.21 № 1

Розробники: викладач вищої категорії 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.
2. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма Вивчення нормативної навчальної дисципліни «Термодинаміка та теплопередача» складена відповідно до освітньої програми підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (Аеронавігація).

Навчальна дисципліна «Термодинаміка та теплопередача» - це одна із обов'язкових професійно-орієнтованих дисциплін підготовки бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Аеронавігація»).

Предметом Вивчення навчальної дисципліни є методологія и методика визначення дослідження термодинамічних процесів в авіаційних двигунах.

Міждисциплінарні зв'язки: Дисципліна тісно пов'язана з іншими дисциплінами навчального плану, а саме: «Основи аеродинаміки», «Авіаційна Наземна техніка», «Теорія і конструкція теплових двигунів» та інші.

Програма навчальної дисципліни складається з таких тем:

1. Термодинамічна система и її стан.
2. Перший закон термодинаміки. Термодинамічні процеси в газах.
3. Другий закон термодинаміки.
4. Ідеальні цикли теплових двигунів.
5. Основні Рівняння термодинаміки газового потоку.
6. Розгін и гальмування газового потоку.
7. Види теплообміну. Теплопровідність.
8. Конвективний теплообмін.
9. Теплообмін випромінюванням.
10. Передача теплоти через стінки. Методи теплового захисту.
11. Теплообмінні апарати.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1 Метою є вивчення здобувачами основних властивостей газів, теоретичних основ термодинаміки, термодинамічних процесів ідеальних та реальних газів як Закритого акціонерного, так и проточних систем, властивостей реальних робочих тіл, ідеальних циклів авіаційних двигунів, першого і другого законів термодинаміки, термохімії процесів згорання, основних рівнянь газової динаміки, прискореного и гальмування газового потоку, процесів теплообміну: теплопровідності, конвекції и теплового випромінювання, Законів теплообміну для розуміння роботи тепло вих машин и апаратів, правил їх експлуатації, положень розрахунку основних параметрів компресорів, циклів двигунів внутрішнього згорання, газотурбінних та паросилових установок и холодильних машин.

1.2 Основними завдання вивчення дисципліни «Термодинаміка та теплопередача» є оволодіння здобувачами методів визначення:

- основних властивостей газів, теоретична основ термодинаміки и термодинамічних процесів;
- термохімічних процесів згорання, основних рівнянь газової динаміки;
- процесів теплообміну: теплопровідності, конвекції и теплового випромінювання;
- Положень розрахунку основних параметрів компресорів, циклів двигунів внутрішнього згорання, газотурбінних та паросилових установок и холодильних машин;
- методів Зміни інтенсивності теплопередачі.

1.3 Згідно з вимогами освітньої програми здобувачі повинні:

знати:

1. основні фізико-механічні властивості и параметри рідини і газу;
2. основні закони термодинаміки;
3. термодинамічні закономірності перетворення енергії;
4. закономірності термодинамічних циклів теплових машин;
5. поведінка робочих тіл термодинамічних процесів в залежності від зміни параметрів;
6. протікання процесів теплообміну: теплопровідності, конвекції и теплового випромінювання.

вміти:

1. використовувати основні закони термодинаміки для визначення параметрів течії в різних умовах;
2. виконувати розрахунки основних параметрів компресорів, циклів двигунів внутрішнього згорання, газотурбінних та паросилових установок и холодильних машин;
3. проводити аналіз процесів теплообміну: теплопровідності, конвекції и теплового випромінювання;
4. робити аналіз зміни параметрів робочого тіла теплових машин.

1.4. Форма підсумкового контролю (залік).

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин / 4,0 кредити ECTS.

1. Програмні компетентності:

Програмні компетентності, які формуються при вивченні навчальної дисципліни:	
Інтегральна компетентність, загальні компетентності, спеціальні (фахові) компетентності	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у сфері авіаційного транспорту або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що

	<p>характеризується комплексністю та невизначеністю умов.</p> <p>СК 02 Здатність аналізувати об'єкти авіаційного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їх конструкції, параметрів та характеристик</p> <p>СК 03 Здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів</p> <p>СК 05 Здатність розробляти та впроваджувати у виробництво технологічні процеси будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, оформлювати відповідну документацію, інструкції, правила та методики</p> <p>СК 07 Здатність аналізувати технологічні процеси виробництва й ремонту об'єктів авіаційного транспорту</p>
Програмні результати навчання	<p>РН 08 Застосовувати міжнародні та національні стандарти і практики в професійній діяльності.</p> <p>РН 09 Аналізувати основні історичні етапи розвитку предметної області спеціальності</p> <p>РН 10 Знати основні положення нормативно-правових та законодавчих актів України у сфері авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів</p> <p>РН 14 Розробляти і впроваджувати у виробництво документацію щодо технологічних процесів будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик</p> <p>РН 16 Виконувати розрахунок основних характеристик та параметрів технологічних процесів виробництва й ремонту об'єктів авіаційного транспорту</p>

2. Короткий опис змісту навчальної дисципліни

Тема № 1. Термодинамічна система и ее стан

Основні поняття і визначення. Параметри стану системи и рівняння стану. Рівняння стану ідеального газу. Рівняння стану реальних газів.

Термодинамічний процес. Рівноважні, нерівноважні і квазірівноважні термодинамічні процеси. Теплоємність і фактори на неї впливають: види теплоємності, теплоємність газів. Газові суміші.

Тема № 2. Перший закон термодинаміки. Термодинамічні процеси в газах

Внутрішня енергія системи. Перший закон термодинаміки. Робота і теплота. Ентальпія. Завдання і методи дослідження термодинамічних процесів. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Політропні процеси. Аналіз політропних процесів.

Тема № 3. Другий закон термодинаміки

Оборотні та необоротні процеси. Кругові процеси (цикли). Формулювання іншого закону термодинаміки. Термічний ККД циклу теплової машини. Цикл Карно і теореми Карно. Наведена теплота і нерівність Клазіуса. Ентропія і її Властивості. Властивості ентропії в оборотних процесах. Особливості зміни ентропії в необоротних процесах. Ентропія ізольованої системи. Ентропія ідеального газу. T , s -координати. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T , s -координатах. Цикл Карно в T , s -координатах. i , s -координати.

Тема № 4. Ідеальні цикли теплових двигунів

Термодинамічний метод дослідження циклів теплових двигунів. Цикл газотурбінних двигунів - цикл Брайтона. Цикли газотурбінних двигунів із ступінчастим підведенням теплоти. Цикл Брайтона з регенерацією теплоти. Цикли поршневих двигунів. Цикл Отто. Цикл Дизеля.

Тема № 5. Основні рівняння термодинаміки газового потоку

Основні допущення. Рівняння нерозривності. Рівняння Збереження енергії. Узагальнене рівняння Бернуллі. Параметри адіабатно загальмованості потоку. Рівняння збереження енергії в параметрах загальмованості потоку. Критичні параметри потоку. Наведена швидкість. Газодинамічні функції.

Тема № 6. Розгін і гальмування газового потоку

Зміна повної температури і повного тиску в газовому потоці. Особливості Розгін і гальмування газового потоку при різних Вплив. Закономірності зміни параметрів ідеального газу при енергоізольованій течії в каналі. Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку. Ідеальна течія газу в соплах. Основні поняття і визначення. Можливі режими роботи сопла. Ідеальне в течення газу в соплі, що звужується. Режими роботи звуженого сопла. Вплив

пс.расп на рух газу в звужується соплі. Витрати газу через сопло. Ідеальна течія газу в соплі Лаваля.

Тема № 7. Види теплообміну. Теплопровідність

Види переносу теплоти. Температурне поле. Тепловий потік. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Теплопровідність плоскої стінки. Теплопровідність циліндричної стінки. Контактний тепловий опір.

Тема № 8. Конвективний теплообмін

Фізична картина процесу конвективного теплообміну: прикордонний шар; фактори, що впливають на інтенсивність тепловіддачі. Формула Ньютона. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Основи теорії подібності конвективного теплообміну: основні поняття і визначення Теорії подібності фізичних процесів; перша теорема подібності, Критерії подібності; друга теорема подібності, Рівняння подібності; виділення головних визначальних критеріїв подібності, явище автомодельності; моделювання фізичних явищ. Тепловіддача при обтіканні плоскої пластини. Конвективний теплообмін при вимушеній течії в каналах. Особливості теплообміну при русі газу з великою швидкістю.

Тема № 9. Теплообмін випромінюванням

Основні поняття и закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між плоскими стінками и в замкнутій порожнині. Вплив екранів на теплообмін випромінюванням. Особливості випромінювання газів и полум'я.

Тема № 10. Передача теплоти через стінки. Методи теплового захисту

Передача теплоти через плоску стінку. Передача теплоти через циліндричну стінку. Теплова ізоляція. Передача теплоти через ребро и реберну стінку. Методи теплового захисту. Конвективне охолодження. Загороджувальне охолодження. Проникаюче (пористе) охолодження. Теплозахисні покриття.

Тема № 11. Теплообмінні апарати

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

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

Основна література:

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

Додаткова література:

1. Базаров І. П. Термодинаміка: підручник / І. П. Базаров. - СПб: Видавництво «Лань», 2010. - 384 с.
2. Баранов В. М. Термодинаміка і теплопередача: навчальний посібник; 2-е видання, перероблене / В. М. Базаров, А. Ю. Коньков. - Хабаровськ: Видавництво ДВГУПС, 2004. - 91 с.
3. Кудінов В. А. Технічна термодинаміка і теплопередача: підручник для академічного бакалаврату; 3-є изд., Испр. і доп. / В. А. Кудінов, Е. М. Карташов, С. В. Стефанюк. - М.: Видавництво «Юрайт», 2016. - 442 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
2. <https://works.doklad.ru/view/SvJcm0v0liM.html>
3. <https://uchitel.pro/>
4. <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/6/29/6-29-kl76.pdf>

4. Засоби оцінювання здобувачів вищої освіти

Питання для підсумкового контролю (заліку):

1. Основні поняття і визначення. Параметри стану системи и 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. Газові суміші.
8. Теплоємність суміші газів.
9. Внутрішня енергія системи.
10. Перший закон термодинаміки.
11. Робота и теплота.
12. Ентальпія.
13. Методика дослідження термодинамічних процесів: ізохорний процес.
14. Методика дослідження термодинамічних процесів: ізобарний процес.
15. Методика дослідження термодинамічних процесів: Ізотермічний процес.
16. Методика дослідження термодинамічних процесів: адіабатний процес.
17. Методика дослідження термодинамічних процесів: політропні процеси.

18. Аналіз політропних процесів.
19. Оборотні й необоротні процеси
20. Колові процеси (цикли).
21. Формулювання іншого закону термодинаміки.
22. Термічний ККД циклу теплової машини.
23. Цикл Карно й теореми Карно.
24. Наведена теплота й нерівність Клазіуса
25. Ентропія. Властивості ентропії в оборотних процесах.
26. Ентропія ізольованої системи.
27. Ентропія ідеального газу.
28. T , S - координати.
29. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T , s - координатах: Ізотермічний процес.
30. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T , s - координатах: адіабатний процес.
31. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T , s - координатах: ізохорний процес.
32. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T , s - координатах: ізобарний процес.
33. Зображення основних оборотних термодинамічних процесів з ідеальним газом в T , s - координатах: політропні процеси.
34. Цикл Карно в T , s - координатах.
35. i , S - координати.
36. Термодинамічний метод дослідження циклів теплових двигунів. Графічний метод порівняння циклів в T , s - координатах. Метод порівняння циклів шляхом порівняння середніх температур підведення й відведення теплоти в циклі.
37. Цикл газотурбінних двигунів - цикл Брайтона.
38. Цикли газотурбінних двигунів із ступінчастим підведенням теплоти.
39. Цикл Брайтона з регенерацією теплоти.
40. Цикл поршневих двигунів - цикл Отто.
41. Цикл поршневих двигунів - цикл Дизеля.
42. Основні рівняння термодинаміки газового потоку: Рівняння нерозривності.
43. Основні Рівняння термодинаміки газового потоку: Рівняння збереження енергії.
44. Узагальнене рівняння Бернуллі.
45. Окремі випадки узагальненого рівняння Бернуллі: компресор, турбіна.
46. Параметри адіабатно загальмованого потоку.
47. Спосіб вимірювання повної температури газового потоку. Способи вимірювання повного й статичного тиску газового потоку.
48. Рівняння збереження енергії в параметрах загальмованості потоку. Окремі випадки рівняння збереження енергії.
49. Критичні параметри потоку.
50. Наведена швидкість.

51. Газодинамічні функції.
52. Зміна повної температури и повного тиску у газовому потоці.
53. Особливості розгону и гальмування газового потоку при різних впливах.
54. Закономірності зміни параметрів ідеального газу при енергоізолюванні течії в каналі.
55. Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку: сопло.
56. Форма каналу, необхідна для розгону або гальмування газового потоку: дифузор.
57. Ідеальна течія газу в соплах. Основні поняття і визначення. Можливі режими роботи сопла.
58. Швидкість витікання газу з сопла.
59. Ідеальна течія газу в соплі, що звужується: режими роботи сопла, що звужується.
60. Вплив π -роз на течію газу в соплі, що звужується. Витрати газу через сопло.
61. Ідеальна течія газу в соплі Лавалля: зміна параметрів газу уздовж сопла Лавалля, режим роботи сопла Лавалля.
62. Ідеальна течія газу в соплі Лавалля: Вплив $\overline{F_2}$ на течію в соплі Лавалля.
63. Ідеальна течія газу в соплі Лавалля: витрати газу через сопло Лавалля, Вплив P_1^* на течію в соплі Лавалля.
64. Види переносу теплоти. Температурне поле. Тепловий потік.
65. Закон Фур'є. Диференціальне Рівняння теплопровідності.
66. Теплопровідність плоскої стінки.
67. Теплопровідність циліндричної стінки. Контактний тепловий опір.
68. Фізична картина процесу конвективного теплообміну: прикордонний шар; фактори, що впливають на інтенсивність тепловіддачі.
69. Фізична картина процесу конвективного теплообміну: фактори, що впливають на інтенсивність тепловіддачі.
70. Формула Ньютона.
71. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну.
72. Основи Теорії подібності конвективного теплообміну: основні Поняття і визначення Теорії подібності фізичних процесів.
73. Основи Теорії подібності конвективного теплообміну: перша теорема подібності, Критерії подібності.
74. Основи Теорії подібності конвективного теплообміну: друга теорема подібності, Рівняння подібності.
75. Основи Теорії подібності конвективного теплообміну: віділення головних визначальних критеріїв подібності, явище автомодельності; моделювання фізичних явищ.
76. Тепловіддача при обтіканні плоскої пластини.
77. Особливості тепловіддачі при обтіканні криволінійних поверхонь.
78. Конвективний теплообмін при вимушеній течії в каналах.
79. Особливості теплообміну при русі газу з великою швидкістю:

- температура відновлення.
80. Особливості теплообміну при русі газу з великою швидкістю: Густина теплового потоку; критеріальне рівняння.
 81. Конвективний теплообмін при вільному русі теплоносія в необмеженому просторі.
 82. Основні поняття теплового випромінювання.
 83. Основні закони теплового випромінювання.
 84. Теплообмін випромінюванням між плоскими стінками и в замкнутій порожнині.
 85. Вплив екранів на теплообмін випромінюванням.
 86. Особливості випромінювання газів и полум'я.
 87. Передача теплоти через плоску стінку.
 88. Передача теплоти через циліндричну стінку.
 89. Теплова ізоляція.
 90. Передача теплоти через ребро и реберної стінку.
 91. Методи теплового захисту.
 92. Конвективне охолодження.
 93. Загороджувальне охолодження.
 94. Проникаюче (пористе) охолодження.
 95. Теплозахисні покриття.
 96. Основні типи теплообмінних апаратів та їх застосування.
 97. Теплопередача в рекуперативних теплообмінниках.
 98. Зміна температури теплоносіїв в теплообміннику.
 99. Визначення величини площі робочої поверхні теплообмінника.
 100. Визначення середнього температурного напору. Визначення середніх температур теплоносіїв.