

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра _____ аерокосмічної теплотехніки _____ (№ 205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи



_____ (підпис)

_____ Гакал П.Г.
(ініціали та прізвище)

« 31 » серпня 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Тепловий захист і проектування теплонапружених конструкцій

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: _____ 14 «Електрична інженерія» _____
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: _____ 144 «Теплоенергетика» _____
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: _____ «Енергетичний менеджмент» _____
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

**Рівень вищої освіти:
другий (магістерський)**

Харків 2019 рік

Робоча програма Тепловий захист і проектування теплонапружених конструкцій
(назва навчальної дисципліни)

для студентів за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

освітньою програмою «Енергетичний менеджмент»

«10» червня 2019 р. – 12 с.

Розробник: Лисиця Олексій Юрійович, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

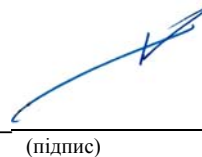


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри аерокосмічної теплотехніки

Протокол № 9 від «21» червня 2019 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Гакал П.Г.
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> <small>(шифр та найменування)</small>	Денна Цикл професійної підготовки (за вибором)
Кількість модулів – 2		Навчальний рік 2019/2020
Змістових модулів – 2	Спеціальність: <u>144 «Теплоенергетика»</u> <small>(код та найменування)</small>	Семестр
Індивідуальне завдання: «Розрахунок теплового балансу енергетичної установки» <small>(назва)</small>		
Загальна кількість годин – 40/120	Освітня програма: <u>«Енергетичний менеджмент»</u> <small>(найменування)</small>	Лекції 32 години
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 6		Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>
	Лабораторні	
	Самостійна робота 80 годин	
	Вид контролю: модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання $40/80 = 0,5$.

* Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння знань про устрій теплового захисту енергетичних установок (ЕУ) та літальних апаратів (ЛА), про методику їх розрахунків, а також про особливості проектування деталей і вузлів, що функціонують при підвищених температурах, а також при низьких і криогенних температурах.

Завдання: чисельна та практична реалізація знань та навичок в питаннях теплового захисту тепло напружених конструкцій, деталей та вузлів ЕУ і ЛА.

Програмні результати навчання: після вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- продемонструвати знання методики розрахунку теплового захисту ЕУ та ЛА;
- особливостей проектування деталей і вузлів ЕУ і ЛА, що функціонують при підвищених, а також при низьких і криогенних температурах;
- знати методи теплового захисту та інтенсифікації тепломасообміну;
- вміти розробляти змістові та математичні моделі процесів тепломасообміну в елементах енергетичних об'єктів;
- визначати розподіл температури і теплового потоку в елементах ЕУ та ЛА.

Міжпредметні зв'язки: «Фізика», «Основи енергетики», «Тепломасообмін», «Теплообмінні апарати».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Види та основи розрахунку теплового захисту.

Тема 1. Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності та надійності ЕУ і ЛА.

Тема 2. Пасивні види теплового захисту.

Тема 3. Активні види теплового захисту.

Тема 4. Основи розрахунку теплового захисту.

Тема 5. Вимоги до конструкційних матеріалів.

Тема 6. Сталі в теплотехніці та їх термічна обробка.

Тема 7. Чавуни, кольорові метали і сплави.

Тема 8. Керамічні матеріали.

Тема 9. Вогнетривкі матеріали.

Тема 10. Теплоізоляційні матеріали, пластмаси, резини.

Тема 11. Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів.

Тема 12. Низькотемпературна теплоізоляція.

Модуль 2

Змістовий модуль 2. Тепловий захист поршневих двигунів внутрішнього згоряння (ПД).

Тема 13. Тепловий стан ПД.

Тема 14. Системи рідинного охолодження ПД (СРО).

Тема 15. Система повітряного охолодження ПД (СПО).

Тема 16. Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД.

Тема 17. Тепловий стан ГТД.

Тема 18. Особливості системи охолодження ГТД.

Тема 19. Схеми охолодження і розрахунок процесу теплообміну в компресорах ГТД.

Тема 20. Охолодження камери згоряння та турбіни ГТД.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Види та основи розрахунку теплового захисту					
Тема 1. Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності і надійності ЕУ і ЛА	3	1			2
Тема 2. Пасивні види теплового захисту	3	1			2
Тема 3. Активні види теплового захисту	5	1			4
Тема 4. Основи розрахунку теплового захисту	15	3	6		6
Тема 5. Вимоги до конструкційних матеріалів	5	1			4
Тема 6. Сталі в теплотехніці та їх термічна обробка	5	1			4
Тема 7. Чавуни, кольорові метали і сплави	5	1			4
Тема 8. Керамічні матеріали	5	1			4
Тема 9. Вогнетривкі матеріали	5	1			4
Тема 10. Теплоізоляційні матеріали, пластмаси, резини	5	1			4
Тема 11. Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів	5	1			4
Тема 12. Низькотемпературна теплоізоляція	5	1			4
Модульний контроль	2	2			
Разом за змістовим модулем 1	67	15	6		46
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Тепловий захист поршневих двигунів внутрішнього згоряння (ПД)					
Тема 13. Тепловий стан ПД	6	2			4
Тема 14. Системи рідинного охолодження ПД (СРО)	8	2			6
Тема 15. Система повітряного охолодження ПД (СПО)	6	2			4

Тема 16. Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД	8	2			6
Тема 17. Тепловий стан ГТД	6	2	2		2
Тема 18. Особливості системи охолодження ГТД	3	1			2
Тема 19. Схеми охолодження і розрахунок процесу теплообміну в компресорах ГТД	2	2			
Тема 20. Охолодження камери згоряння та турбіни ГТД	2	2			
Модульний контроль	2	2			
Індивідуальне завдання	10				10
Разом за змістовим модулем 2	53	17	2		34
Усього годин	120	32	8		80

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основи розрахунку теплового захисту	6
2	Тепловий стан ГТД	2
	Разом	8

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності і надійності ЕУ і ЛА	2
2	Пасивні види теплового захисту	2
3	Активні види теплового захисту	4

4	Основи розрахунку теплового захисту	6
5	Вимоги до конструкційних матеріалів	4
6	Сталі в теплотехніці та їх термічна обробка	4
7	Чавуни, кольорові метали і сплави	4
8	Керамічні матеріали	4
9	Вогнетривкі матеріали	4
10	Теплоізоляційні матеріали, пластмаси, резини	4
11	Вплив низьких температур на властивості сталей і сплавів	4
12	Низькотемпературна теплоізоляція	4
13	Тепловий стан ПД	4
14	Системи рідинного охолодження ПД (СРО)	6
15	Система повітряного охолодження ПД (СПО)	4
16	Конструкторські та технологічні заходи теплового захисту ПД	6
17	Тепловий стан ГТД	4
18	Особливості системи охолодження ГТД	4
19	Схеми охолодження і розрахунок процесу теплообміну в компресорах ГТД	4
20	Охолодження камери згоряння та турбіни ГТД	2
	Разом	80

Сутністю самостійної роботи над матеріалом модулю є опрацювання лекційних тем за допомогою підручників та формулювання відповідей на запитання з цих тем, що задає викладач у поточному режимі. Цей розділ передбачає 80 години самостійної підготовки, з них на підготовку до занять 50 годин, розрахункова робота – 10, підготовка до поточного зрізу та участь в ньому – 20 години.

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання має на меті закріпити відповідні теоретичні знання і одержати необхідні навички практичних розрахунків з дисципліни.

Розрахункова робота «Розрахунок теплового балансу енергетичної установки». Вихідними даними для розрахункової роботи є дані з «Амброжевич М.В., Костиков О.Н., Петухов И.И. Термодинамика и теплообмен. Учебное пособие по выполнению расчётных работ нормативной дисциплины бакалаврата «Авиация и космонавтика» – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008. – 79 с.».

В результаті виконання розрахункової роботи студенти визначають основні параметри та характеристики тепло-гідравлічного процесу.

Обсяг розрахункової роботи 10 годин.

Строк виконання роботи: 5 тижнів.

10. Методи навчання

Лекційні заняття будуть проводитись методом розповідь-бесіда з застосуванням електронних засобів навчання та роздачею додаткового друкованого допоміжного матеріалу. Практичні заняття будуть проводитись шляхом вирішення окремими студентами задач перед загальною аудиторією.

11. Методи контролю

На заняттях – опитування, розв’язання задач. По закінченні модуля – модульний контроль.

Поточний контроль також здійснюється під час вирішення завдань по кожній з тем, що задаються в рамках самостійної роботи. Перевірка задач здійснюється під час лекцій та колоквіумів, що проводяться під час консультацій викладача.

Критерії оцінювання:

- a) Повністю вирішене завдання оцінюється в 5 балів;
- b) Завдання виконано з несуттєвими помилками оцінюється в 4 бали (незначні помилки в арифметичних розрахунках);
- c) Часткове виконане завдання оцінюється в 2 бали (правильно обрана логіка рішення але грубі помилки в розрахунках);
- d) Часткове виконане завдання оцінюється в 1 бал, якщо правильно обрана логіка рішення але зовсім відсутні розрахунки;
- e) Неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

Наприкінці кожного змістовного модулю проводиться поточний зріз. Студентам задаються два теоретичних питання та одна розрахункова задача.

Критерії оцінювання поточного зрізу:

- a) Повністю вирішене завдання оцінюється в 10 балів;
- b) Завдання виконано з несуттєвими помилками оцінюється в 8 бали (теоретичні питання повністю розкриті, незначні помилки в арифметичних розрахунках);
- c) Часткове виконане завдання оцінюється в 6 бали (теоретичні питання повністю розкриті, правильно обрана логіка рішення але грубі помилки в розрахунках);
- d) Часткове виконане завдання оцінюється в 4 бал, якщо теоретичні питання не повністю розкриті, правильно обрана логіка рішення задачі але зовсім відсутні розрахунки;
- e) Неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

Формою підсумкового контролю є іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...2	3	3...6
Модульний контроль	19...25	1	19...25
Модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...3	1	1...3
Модульний контроль	19...25	1	19...25
Виконання і захист РР	18...25	1	18...25
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань, кожне з яких оцінюється в 50 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки.

Студент повинен знати методики розрахунку теплового захисту ЕУ та ЛА, особливості проектування деталей і вузлів ЕУ і ЛА, що функціонують при підвищених, а також при низьких і криогенних температурах, методи теплового захисту та інтенсифікації тепломасообміну.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки.

Студент повинен вміти розробляти спрощені змістові та математичні моделі процесів тепломасообміну в елементах енергетичних об'єктів, визначати розподіл температури і теплового потоку в елементах ЕУ та ЛА.

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь по предмету. Відпрацювати та захистити всі практичні завдання та розрахункову роботу. Знати основні методи теплового захисту, їх особливості та розуміти області їх застосування.

Добре (75 - 89). Твердо знати матеріал курсу, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати практичні завдання та розрахункову роботу. Вміти самостійно розраховувати тепловий стан теплонапружених конструкцій при різних режимах роботи та виду використовуваного теплового захисту.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі види теплового захисту, розуміти їх переваги та можливість застосування до різних конструкцій, вміти самостійно і на високому рівні виконувати тепло гідравлічні процеси в системах охолодження ЛА та ЕУ.

Шкала оцінювання: бальна, ECTS та національна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Беспятов М.А., Нечитайло К.Ф. Техническая термодинамика. Учебное пособие, ХАИ 1990 г., 82 с.
2. Кулешов В.Н. Теплопередача. Учебное пособие, ХАИ 1989 г., 102 с.
3. Костиков О.Н., Петухов И.И. Лабораторный практикум. Харьков, Нац. аэрокосм.ун-т, «ХАИ», 2008 – 64 с.
4. Амброжевич М.В., Костиков О.Н., Петухов И.И. Термодинамика и теплообмен. Учебное пособие по выполнению расчётных работ нормативной дисциплины бакалаврата «Авиация и космонавтика» – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008. – 79 с.
5. Амброжевич М.В., Епифанов К.С. Сборник задач по технической термодинамике. Часть 1. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2010. –Ч. 1. – 90 с.

14. Рекомендована література Базова

1. Костиков О.Н. Термодинамика и теплообмен. Консп. лекций по норм. дисц. бакалаврата «Авиация и космонавтика». Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т, 2007 – 218 с.
2. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. – М.: Энергия, 2011. – 336 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей / Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 2005. – 456 с.
4. Алабовский А.Н., Недужий И.А. Техническая термодинамика и теплопередача. К.: Выща шк., 1990 – 255 с.
5. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 2011 – 480 с.

Допоміжна

1. Будов В.М., Дмитриев С.М. Форсированные теплообменники ЯЭУ. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 176 с.
2. Локай В.И., Бодунов М.Н., Жуйков В.В., Щукин А.В. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 2012. – 216 с.
3. Костиков О.Н., Петухов И.И. Лабораторный практикум. Харьков, Нац. аэрокосм.ун-т, «ХАИ», 2008 – 64 с.
4. Техническая термодинамика. Уч. пособие по лабор. практикуму /Беспятов М.А. и др. Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1999 – 80с.
5. Амброжевич М.В., Костиков О.Н., Петухов И.И. Термодинамика и теплообмен. Учебн. пособие по выполнению расчётн. работ. Харьков, Нац. аэрокосм.ун-т, «ХАИ», 2008 – 79 с.

15. Інформаційні ресурси

www.k205.khai.edu

Контрольні питання

1. Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності і надійності ЛА і ЕУ. Пасивні види теплового захисту
2. Роль теплового захисту в забезпеченні працездатності і надійності ЛА і ЕУ. Активні види теплового захисту
3. Методи інтенсифікації теплообміну
4. Конструкторські рішення, спрямовані на підвищення інтенсивності теплообміну
5. Основи розрахунку теплового захисту
6. Конструкційні матеріали в теплотехніці. Вимоги до конструкційних матеріалів

7. Конструкційні матеріали в теплотехніці. Показники міцності конструкційних матеріалів
8. Сталі теплоенергетичного устаткування. Класифікація і маркування сталей
9. Сталі теплоенергетичного устаткування. Властивості сталей
10. Термічна обробка сталей
11. Чавуни, кольорові метали і сплави в теплотехніці
12. Неметалічні конструкційні матеріали в теплотехніці
13. Теплоізоляційні матеріали, пластмаси
14. Конструкційні матеріали для низьких температур
15. Низькотемпературна теплоізоляція
16. Низькотемпературна теплоізоляція. Багатошарова екрано-вакуумна теплоізоляція. Теплові мости і опори
17. Особливості розрахунку теплопередачі і гідровтрат в теплообмінниках низькотемпературної техніки
18. Теплове навантаження поршневого двигуна. Тепловий баланс
19. Температурний стан основних вузлів поршневого двигуна
20. Теплообмін в циліндрі двигуна
21. Поршневі двигуни з рідинним охолодженням
22. Аналіз теплообміну в двигунах з системою рідинного охолодження
23. Агрегати системи рідинного охолодження поршневого двигуна
24. Порівняння системи рідкого і повітряного охолодження поршневого двигуна
25. Адіабатний двигун. Переваги, недоліки і особливості роботи
26. Теплове навантаження ГТД. Шляхи підвищення ефективності роботи ГТД
27. Тепловий стан ГТД
28. Температурні особливості стану ГТД
29. Особливості системи охолодження ГТД
30. Втрати енергії, пов'язані з охолодженням елементів ГТД. Ефективність повітряного охолодження газових турбін