

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

Кафедра аерокосмічної теплотехніки (№ 205)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи/
Голова НМК



М. А. Шевцова

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 24 » червня 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ТЕПЛОМАСООБМІН

(назва навчальної дисципліни)

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

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

Освітня програма: «Енергетичний менеджмент» (скорочений термін навчання), «Теплофізика» (скорочений термін навчання)
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

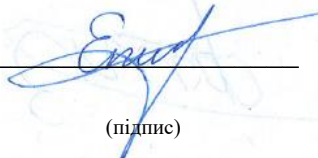
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма Тепломасообмін
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю: 144 «Теплоенергетика»
(код та найменування спеціальності)
Освітньою програмою: «Енергетичний менеджмент» (скорочений термін навчання), «Теплофізика» (скорочений термін навчання)
(назва спеціалізації)

« 18 » червня . 2019 р. 20 с.

Розробник: Єпіфанов К. С. доцент каф. аерокосмічної теплотехніки (205), к. т. н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри _____
Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

Протокол № 9 від « 21 » червня 2019 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., доцент _____ П.Г. Гакал _____
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни денна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування) Спеціальність: <u>144 «Теплоенергетика »</u> (код та найменування) Освітня програма: <u>«Енергетичний менеджмент» (скорочений термін навчання),</u> <u>«Теплофізика» (скорочений термін навчання)</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 5		2019/2020
Індивідуальне завдання: розрахункова робота «Перенос теплоти через багатошарову стінку»		Семестр
Загальна кількість годин – 56* / 180		5-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 7,75		32 години
		Практичні, семінарські*
		Не передбачено
	Лабораторні*	
	24 години	
	Самостійна робота	
	124 години	
Вид контролю		
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 0,452.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: : надбання знань, вмінь і навичок для розрахунків температурного стану простих геометричних аналогів елементів об'єктів аерокосмічної техніки, теплотехнічних і теплоенергетичних пристроїв, розрахунку можливості перенесення теплоти в різноманітних теплотехнічних і теплоенергетичних пристроях.

Завдання: в результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- основні поняття і рівняння тепломасообміну;
- особливості і умови реалізації явищ теплообміну, допущення при їх математичній моделюванні;
- методи теплового захисту і інтенсифікації теплообміну;
- методи дії на ефективність теплообміну в різноманітних об'єктах;

вміти:

- розробляти змістовні і математичні моделі процесів теплообміну в елементах аерокосмічної техніки, теплотехнічних і теплоенергетичних пристроях;
- визначити розподіл температур і теплового потоку в простих геометричних аналогах елементів об'єктів.

Програмні результати навчання: у результаті вивчення навчальної дисципліни студент буде здатен:

- демонструвати знання і розуміння теплообміну;
- обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень;
- здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації;
- здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань;
- демонструвати розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень.

Міждисциплінарні зв'язки: фізика, вища математика, гідрогазодинаміка, теплообмінні апарати, теорія робочих процесів теплових машин, теплотехнічні процеси і установки, холодильна техніка та кондиціонери, системи забезпечення теплового режиму, тепловий захист і проектування теплонапружених конструкцій.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. «Теплопровідність»

Тема 1. Вступ.

Процеси теплообміну в двигунах і енергоустановках літальних апаратів. Тепловий захист елементів ДЛА, теплотехнічне устаткування літальних апаратів. Теплотехнічні проблеми в енергетиці, харчовій промисловості і тому подібне. Системи життєзабезпечення і кондиціонування. Методи вивчення процесів теплопереносу – статистичний і феноменологічний підходи. Основні поняття феноменологічного методу. Складний характер теплообміну в реальних умовах, розділення завдання на види теплообміну: теплопровідність, конвективний і радіаційний теплообмін.

Тема 2. Теплопровідність та теплопередача тіл найпростішої форми.

Прості завдання стаціонарної теплопровідності – теплопровідність і теплопередача через плоску, циліндрову і сферичну стінки. Розрахунок теплової ізоляції, критичний діаметр ізоляції. Контактний теплообмін. Способи зменшення контактного термічного опору. Теплопровідність тіл неправильної форми.

Тема 3. Розрахунки теплопередачі через оребрення.

Інтенсифікація теплопередачі за допомогою оребрення. Теплопровідність уздовж стрижня постійного і поперечного перетину. Ефективність оребрення. Теплопередача крізь оребрену стінку. Теплопровідність круглого ребра постійної товщини. Теплопровідність прямого ребра змінного перетину.

Тема 4. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.

Особливості протікання нестационарних процесів. Охолодження необмеженої пластини. Охолодження необмежено довгого циліндра. Охолодження шара. Наближені рішення задачі охолодження (нагріву) простих тіл за допомогою номограм. Регулярний режим охолодження. Теореми Кондратьєва. Застосування методів регулярного режиму при вирішенні прикладних завдань.

Тема 5. Теплопровідність тіл з внутрішніми джерелами теплоти.

Теплопровідність плоскої стінки з внутрішніми джерелами теплоти. Теплопровідність круглого стержня з внутрішніми джерелами теплоти. Теплопровідність циліндричної стінки з внутрішніми джерелами теплоти.

Змістовний модуль 2. «Основні положення теорії конвективного теплообміну»

Тема 6. Фізичні основи процесу теплопередачі.

Основні поняття і визначення. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Умови однозначності.

Тема 7. Основи теорії пограничного шару.

Гідродинамічний і тепловий прикордонні шари. Диференціальні рівняння прикордонного шару.

Тема 8. Основи теорії подібності фізичних явищ.

Основи теорії подібності. Запис рівнянь в безрозмірному вигляді. Умови застосовності теорії. Умови теплової подібності. Рівняння подібності.

Визначальні параметри. Критерії подібності, їх фізичний сенс. Моделювання процесів тепломасообміну.

Модульний контроль 1

Модуль 2.

Змістовний модуль 3. «Конвективний теплообмін в однофазному середовищі»

Тема 9. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл.

Тепловіддача при вимушеному русі рідини уздовж плоскої поверхні. Інтегральні рівняння прикордонного шару. Тепловіддача при ламінарному і турбулентному прикордонних шарах. Особливості теплообміну при великих швидкостях. Тепловіддача при вимушеному обмиванні одиночної кругової труби і пучків труб.

Тема 10. Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах.

Тепловіддача при вимушеному перебігу рідини в каналах ламінарний і турбулентні режими. Тепловіддача в шорстких трубах. Інтенсифікація тепловіддачі в каналах за допомогою дискретної турбулізації потоку. Тепловіддача в зігнутих трубах.

Тема 11. Тепловіддача при вільній конвекції.

Особливості тепловіддачі в полях масових сил. Тепловіддача при вільному русі рідин в необмеженому об'ємі і в прошарках.

Змістовний модуль 4. «Теплообмін при фазових і хімічних перетвореннях»

Тема 12. Тепловіддача при кипінні.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідин. Механізм процесу кипіння. Вплив режимних чинників. Крива кипіння. Кризи кипіння. Тепловіддача при кипінні в трубах. Термінологія, якісний опис і параметри багатокомпонентного неодноразного середовища.

Тема 13. Тепловіддача при конденсації.

Тепловіддача при конденсації. Плівкова і краплинна конденсація. Тепловіддача при конденсації на вертикальній поверхні. Режимні параметри. Система рівнянь і умов однозначності.

Змістовний модуль 5. «Теплове випромінювання»

Тема 14. Закони теплового випромінювання.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідин. Механізм процесу кипіння. Вплив режимних чинників. Крива кипіння. Кризи кипіння. Тепловіддача при кипінні в трубах. Термінологія, якісний опис і параметри багатокомпонентного неодноразного середовища.

Тема 15. Теплообмін випромінюванням між тілами.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідин. Механізм процесу кипіння. Вплив режимних чинників. Крива кипіння. Кризи кипіння. Тепловіддача при кипінні в трубах. Термінологія, якісний опис і параметри багатокомпонентного неодноразного середовища.

Тема 16. Теплове випромінювання газів.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідин. Механізм процесу кипіння. Вплив режимних чинників. Крива кипіння. Кризи кипіння. Тепловіддача при кипінні в трубах. Термінологія, якісний опис і параметри багатокомпонентного неодноразового середовища.

Модульний контроль 2

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
Семестр 5					
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
«Теплопровідність»					
Тема 1. Вступ.	5	1	0	0	4
Тема 2. Теплопровідність та теплопередача тіл найпростішої форми.	23	5	0	4	14
Тема 3. Розрахунки теплопередачі через орєбрення.	8	2	0	0	6
Тема 4. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.	12	2	0	0	10
Тема 5. Теплопровідність тіл з внутрішніми джерелами теплоти.	14	2	0	0	12
Разом	62	12	0	4	46
Змістовий модуль 2					
«Основні положення теорії конвективного теплообміну»					
Тема 6. Фізичні основи процесу теплопередачі.	5	1	0	0	4
Тема 7. Основи теорії пограничного шару.	7	1	0	0	6
Тема 8. Основи теорії подібності фізичних явищ.	8	2	0	0	6
Разом	20	4	0	0	16
Разом за модулем	82	16	0	4	62
Модуль 2					
Змістовий модуль 3					
«Конвективний теплообмін в однофазному середовищі»					
Тема 9. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл.	18	2	0	6	10

Тема 10. Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах.	16	2	0	4	10
Тема 11. Тепловіддача при вільній конвекції.	14	2	0	4	8
Разом	48	6	0	14	28
Змістовий модуль 4 «Теплообмін при фазових і хімічних перетвореннях»					
Тема 12. Тепловіддача при кипінні.	12	2	0	4	6
Тема 13. Тепловіддача при конденсації.	8	2	0	0	6
Разом	20	4	0	4	12
Змістовий модуль 5 «Теплове випромінювання»					
Тема 14. Закони теплового випромінювання.	13	3	0	2	8
Тема 15. Теплообмін випромінюванням між тілами.	9	1	0	0	8
Тема 16. Теплове випромінювання газів.	8	2	0	0	6
Разом	30	6	0	2	22
Разом за модулем	98	16	0	20	62
Разом за 5-й семестр	180	32	0	24	124
Разом за дисципліною	180	32	0	24	124

5. Теми семінарських занять (навчальним планом не передбачені)

6. Теми практичних занять (навчальним планом не передбачені)

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення коефіцієнтів теплопровідності порошкоподібних тел методом кульового шару.	2

2	Визначення коефіцієнтів теплопровідності твердих тіл методом безмежного плоского шару.	2
3	Експериментальне визначення коефіцієнтів теплопередачі при вільно-конвективному теплообміні: горизонтальний короткий циліндр.	2
4	Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні циліндра.	2
5	Експериментальне визначення коефіцієнтів тепловіддачі при вимушеній течії повітря в трубі.	4
6	Експериментальне визначення локальних коефіцієнтів тепловіддачі.	4
7	Експериментальне дослідження теплообміну при кипінні води на зануреній поверхні теплообміну в умовах вільної конвекції	4
8	Експериментальне вимірювання ступеня чорноти металевих зразків.	2
9	Експериментальне визначення коефіцієнтів теплопередачі при вільно-конвективному теплообміні: вертикальний довгий циліндр.	2
	Разом за дисципліною	24

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ.	4
2	Тема 2. Теплопровідність та теплопередача тіл найпростішої форми.	14
3	Тема 3. Розрахунки теплопередачі через ребрення.	6
4	Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.	10
5	Теплопровідність тіл з внутрішніми джерелами теплоти.	12
6	Фізичні основи процесу теплопередачі.	4
7	Основи теорії пограничного шару.	6
8	Основи теорії подібності фізичних явищ.	6
9	Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл.	10
10	Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах.	10

11	Тепловіддача при вільній конвекції.	8
12	Тепловіддача при кипінні.	6
13	Тепловіддача при конденсації.	6
14	Закони теплового випромінювання.	8
15	Теплообмін випромінюванням між тілами.	8
16	Теплове випромінювання газів.	6
	Разом	124

9. Індивідуальні завдання

В якості індивідуального завдання передбачено виконання розрахункової роботи та курсового проекту.

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

В розрахунковій роботі студенти обчислюють процес переносу теплоти через багатошарову стінку.

Вхідні дані: геометрія шарів стінки, їх фізичні характеристики. Треба визначити термічний опір стінки як функцію від температури.

10. Методи навчання

Навчання проводиться в аудиторній формі (лекції) та самостійно.

11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час тестового модульного контролю та виконання розрахункової роботи, фінальний контроль – у вигляді екзамену.

Критерії оцінювання:

- Опрацювання матеріалу лекції оцінюється в 0,25 бали;
- Виконана лабораторна робота оцінюється максимум в 3 бали; зарахована на «відмінно» - 3 бали, «добре» - 2 бали, «задовільно» - 1 бал.
- Виконання завдання тесту модульного контролю оцінюється максимум в 25 балів. Модульний контроль являє собою тест з 25 питань. Правильна відповідь на кожне з них оцінюється в 1 бал;
- Виконання розрахункової роботи оцінюється максимум у 19 балів. Після перевірки пояснювальної записки студент допускається до захисту роботи. Йому видаються два завдання з розрахунку теплопровідності і теплового випромінювання. Оцінка виставляється з урахуванням повноти і правильності рішення цих задач. Повністю і правильно виконане завдання розрахункової роботи без вирішених завдань оцінюється не вище 9 балів. Кожне із завдань дозволяє отримати додатково не більше 5 балів. Повністю правильно вирішена задача оцінюється в 5 балів, правильно вирішене, але

недбало оформлене завдання оцінюється в 4 бали, завдання з математичними помилками оцінюється в 3-4 бали, помилково вирішена задача оцінюється в 0-2 бали.

е) 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...0,25	8	0...2
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	2	4...6
Модульний контроль	14...25	1	14...25
Модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,25	8	0...2
Виконання і захист лабораторних робіт	2...3	7	14...21
Модульний контроль	14...25	1	14...25
Виконання і захист розрахункової роботи	14...19	1	14...19
Всього			60...100

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

Обов'язковою умовою допуску до екзамену є виконання і захист усіх лабораторних робіт, що передбачені у робочому плані дисципліни, а також виконання і захист розрахункової роботи.

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних питань. Максимальна кількість балів за перше питання – 34 бали, за друге та третє питання – 33 бали.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:
- основні поняття і рівняння тепломасообміну;

- особливості і умови реалізації явищ теплообміну, допущення при їх математичній моделюванні;
- методи теплового захисту і інтенсифікації теплообміну;
- методи дії на ефективність теплообміну в різноманітних об'єктах;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- вміння розробляти змістовні і математичні моделі процесів теплообміну в елементах аерокосмічної техніки, теплотехнічних і теплоенергетичних пристроях;
- вміння визначити розподіл температур і теплового потоку в простих геометричних аналогах елементів об'єктів.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі лабораторні роботи та правильно виконати розрахункову роботу. Знати базові закони теплообміну та вміти робити елементарні розрахунки теплових задач.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та розрахункову роботу. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем. Мати задовільні знання законів теплообміну та вміти вирішувати типові задачі теплообміну.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та розрахункову роботу. Мати здатність вирішувати будь-яку задачу теплообміну.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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. Контрольні питання

1. Дайте визначення поняття «теплопередача».
2. Назвіть види теплопередачі.
3. Яке середовище називають однорідним?
4. В чому різниця між ізотропним та анізотропним середовищем?
5. Що таке «фаза» багатозфазного середовища?
6. Які існують методи дослідження теплопередачі?
7. Об'ясніть поняття «температурне поле».

8. Об'ясніть поняття «температурний градієнт».
9. Дайте визначення поняття «теплопровідність».
10. Які існують механізми теплопровідності в різних середовищах?
11. Дайте визначення поняття «тепловий потік» та «щільність теплового потоку».
12. Напишіть математичний вираз основного закону теплопровідності (закону Фур'є).
13. Якій фізичний зміст має коефіцієнт теплопровідності?
14. Отримайте диференціальне рівняння теплопровідності для ізотропного середовища.
15. Які існують окремі випадки диференціального рівняння теплопровідності?
16. Дайте класифікацію умов однозначності для процесів теплопровідності.
17. У чому полягає пряма і зворотна задачі теплопровідності?
18. Отримайте математичний вираз формули для розрахунків теплового потоку при переносі теплоти через пласку стінку при граничних умовах I роду.
19. Отримайте математичний вираз формули для розрахунків теплового потоку при переносі теплоти через пласку стінку при граничних умовах III роду.
20. Дайте визначення понять «термічний опір» і «теплова провідність шару стінки».
21. Отримайте математичний вираз формули для розрахунків теплового потоку при переносі теплоти через багат шарову пласку стінку.
22. Який механізм виникнення контактного термічного опору?
23. Як визначити тепловий потік через циліндричну стінку?
24. Об'ясніть, для чого застосовується поняття «критичний діаметр циліндричної стінки».
25. Як визначити тепловий потік через кульової стінку?
26. Як приблизно визначити тепловий потік теплопровідності у тілах неправильної форми?
27. Як оптимально покращити теплопередачу через стінку за допомогою ребрення?
28. Отримайте формулу для теплового потоку уздовж стрижня постійного поперечного перетину безкінечної довжини.
29. Отримайте формулу для теплового потоку уздовж стрижня постійного поперечного перетину кінечної довжини.
30. Дайте визначення поняття «критерій Біо».
31. Як визначити коефіцієнт ефективності ребрення?
32. Як визначити тепловий потік крізь ребрену пласку стінку?
33. Розкажіть порядок визначення теплового потоку при розрахунках теплопровідності круглого ребра постійної товщини.

34. Розкажіть порядок визначення теплового потоку при розрахунках теплопровідності прямого ребра змінного перетину.
35. Які існують особливості протікання нестационарних процесів?
36. Отримайте формулу для розрахунків охолодження необмеженої пластини.
37. Отримайте рішення задачі про охолодження плоскої пластини методом розділення змінних.
38. Отримайте формулу для розрахунків охолодження необмежено довгого циліндра.
39. Отримайте формулу для розрахунків охолодження шара.
40. Як отримати наближене рішення задачі охолодження (нагріву) простих тіл за допомогою номограм?
41. Що таке «Регулярний режим охолодження»?
42. Дайте математичний запис першої теореми Кондратьєва.
43. Яке застосування має друга теорема Кондратьєва?
44. Як застосувати метод регулярного режиму при вирішенні прикладних завдань?
45. Дайте визначення терміну «конвекція».
46. Що таке «конвективний теплообмін (тепловіддача)»?
47. Напишіть рівняння конвекції.
48. Напишіть рівняння тепловіддачі (рівняння Ньютона для тепловіддачі).
49. В чому полягає різниця між вільною та вимушеною конвекцією?
50. Дайте визначення коефіцієнтів динамічної та кінематичної в'язкості. Які вони мають одиниці виміру?
51. Дайте визначення терміну «коефіцієнт стиску тіла».
52. Дайте визначення коефіцієнту об'ємного розширення.
53. Напишіть систему диференціальних рівнянь конвективного теплообміну.
54. Які існують умови однозначності диференціальних рівнянь конвективного теплообміну?
55. Для яких середовищ виконується умова прилипання?
56. Дайте визначення критерію Кнудсена.
57. Напишіть рівняння тепловіддачі.
58. Що таке «гідродинамічний приграничний шар»?
59. Дайте визначення терміну «тепловий приграничний шар».
60. Напишіть диференціальні рівняння приграничного шару при ламінарному режиму течії.
61. Які особливості мають приграничні шари при вимушеній конвекції?
62. В чому полягає різниця між ламінарним і турбулентним режимами течії?
63. Які фізичні явища називаються подібними?
64. Отримайте запис диференціальних рівнянь конвекції в безрозмірному вигляді.

65. Які умови застосовності теорії подібності?
66. Які існують умови теплової подібності?
67. Отримайте рівняння подібності явищ конвекції.
68. Що таке «визначальні параметри» для конвекції?
69. Які існують критерії подібності для явищ конвективного теплопереносу, який їх фізичний сенс?
70. Як роблять моделювання процесів тепломасообміну?
71. Покажіть теплову та гідравлічну картину течії при вимушеному русі рідини уздовж плоскої поверхні з теплообміном.
72. Які спрощення можна зробити в математичній моделі основного потоку при обтіканні плоскої стінки?
73. Як визначити тепловіддача при ламінарному і турбулентному прикордонних шарах при обтіканні плоскої стінки?
74. Які існують особливості теплообміну при великих швидкостях?
75. Як визначити тепловіддачу при вимушеному обмиванні одиночної кругової труби?
76. Які особливості має розрахунок тепловіддача при вимушеному обмиванні пучків труб?
77. Що таке «шаховий пучок труб»?
78. У яких умовах теплообміну який пучок труб є кращим?
79. Як визначити тепловіддачу при вимушеному перебігу рідини в каналах при ламінарному режимі течії?
80. Як визначити тепловіддачу при вимушеному перебігу рідини в каналах при турбулентному режимі течії?
81. Як визначити тепловіддачу при вимушеному перебігу рідини в каналах при перехідному режимі течії?
82. Які особливості розрахунків тепловіддачі у шорстких трубах?
83. Як інтенсифікувати тепловіддачу в каналах за допомогою дискретної турбулізації потоку?
84. Як визначити поправку при розрахунку тепловіддачі в зігнутих трубах?
85. Які особливості має тепловіддача в полях масових сил?
86. Як розрахувати тепловіддачу при вільній конвекції?
87. Як розрахувати тепловіддачу при вільному русі рідин в необмеженому об'ємі?
88. Як розрахувати тепловіддачу при вільному русі рідин в прошарках?
89. Дайте визначення терміну «кипіння».
90. Які є умови виникнення кипіння?
91. Які є режими кипіння у великому об'ємі?
92. Опишіть механізм процесу кипіння. Що може слугувати центрами пароутворення?
93. Як режимні чинники впливають на процес кипіння?

94. Дайте визначення поняттю «перегрів рідини» при кипінні.
95. Накреслить криву кипіння у великому об'ємі та визначить на неї основні режими кипіння.
96. Які існують кризи кипіння у великому об'ємі?
97. Які особливості має тепловіддача при кипінні в трубах?
98. Які ви знаєте карти режимів течії парорідинної суміші в трубах?
99. Дайте визначення терміну «масовий витратний паровміст».
100. Дайте визначення терміну «об'ємний витратний паровміст».
101. Як пов'язані між собою масовий витратний паровміст і об'ємний витратний паровміст?
102. Дайте визначення терміну «справжній витратний паровміст».
103. Дайте визначення терміну «наведена швидкість пару».
104. Дайте визначення терміну «швидкість ковзання».
105. Як визначити коефіцієнт тепловіддачі при кипінні у трубі?
106. Дайте визначення терміну «конденсація».
107. У яких умовах починається конденсація?
108. В чому різниця між плівковою і краплинною конденсаціями. У яких умовах який режим конденсації реалізується?
109. Отримайте формулу для розрахунку тепловіддачі при конденсації на вертикальній поверхні при ламінарній течії плівки конденсату.
110. Які є режимні параметри при конденсації?
111. Запишіть система рівнянь і умов однозначності при конденсації.
112. Дайте визначення поняття «теплове випромінювання».
113. Дайте визначення поняття «потік випромінювання.»
114. Дайте визначення поняття «щільність потоку випромінювання.»
115. Дайте визначення поняття «інтегральне випромінювання».
116. Дайте визначення поняття «монохроматичне випромінювання».
117. Які існують види променистих потоків?
118. Дайте визначення поняття «Коефіцієнт відбиття».
119. Дайте визначення поняття «Коефіцієнт поглинання».
120. Дайте визначення поняття «Коефіцієнт прозорості».
121. Як визначити власне випромінювання тіла?
122. Як визначити результуюче випромінювання тіла?
123. Дайте математичне визначення закону Планка для теплового випромінювання.
124. Дайте математичне визначення закону Стефана-Больцмана для теплового випромінювання.
125. Що таке ступінь чорноти тіла?
126. Що таке абсолютно чорне тіло?
127. Чи може залежати монохроматичний ступінь чорноти тіла від довжини хвилі випромінювання?

128. Дайте математичне визначення закону Вина для теплового випромінювання.
129. Дайте математичне визначення закону Кірхгофа для теплового випромінювання.
130. Як визначити кутову щільність випромінювання?
131. Що таке «яскравість випромінювання»?
132. Дайте математичне визначення закону Ламберта для теплового випромінювання.
133. Яке теплове випромінювання називається ізотропним?
134. Яке теплове випромінювання називається ідеально дифузним?
135. Як пов'язані істинна та радіаційна температура тіла?
136. Як пов'язані істинна та кольорова температура тіла?
137. Як пов'язані істинна та яскрава температура тіла?
138. Як визначити теплообмін випромінюванням між двома плоскими необмеженими стінками?
139. Що таке «наведена ступінь чорноти» системи двох тіл?
140. Як визначити теплообмін випромінюванням між тілами з нерівними поверхнями?
141. Як розрахувати теплообмін випромінюванням між тілами при наявності екранів?
142. Які особливості має теплове випромінювання газів?
143. Як визначити інтенсивність випромінювання у поглинаючому середовищі?
144. Дайте визначення поняттю «коефіцієнт поглинання середовища».
145. Отримайте рівняння перенесення енергії в поглинаючому середовищі.
146. Як визначити оптичну товщину середовища?
147. Як визначити теплообмін випромінюванням між поверхнею і випромінюючим середовищем?

14. Методичне забезпечення

1. Робоча програма обов'язкової навчальної дисципліни «Тепломасообмін» для освітньої програми «Енергетичний менеджмент» [http://k205.khai.edu/uploads/editor/20/4356/sitepage_102/files/tmo_6_144_energetichniy_menedzhment_komp_yuterno_integrovani_tehnologii_proektuvannya_energetichnih_sistem_2019_2020_denna_1.pdf] – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
2. Розширений план лекцій з навчальної дисципліни «Тепломасообмін» [http://k205.khai.edu/uploads/editor/20/4356/sitepage_103/files/tmo_6_144_em_kitpes_2019_2020_denna_rozshireniy_plan_lekciy.pdf] – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.

3. Костиков А.О. Теоретические основы аэрокосмической техники. Основы теплопередачи в объектах аэрокосмической техники. / Блинков В.Н., Горбенко Г.А., Костиков А.О. - Конспект лекций. Х.: ХАИ, 2006. - 128 с. [<http://k205.khai.edu/ru/library/osnovi-teploperedachi-v-obektakh-akt.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
4. В.Н. Кулешов. Теплопередача. Учебное пособие по лабораторному практикуму. – Харьков. ХАИ, 1989. - 104 с. [<http://k205.khai.edu/ru/library/teploperedacha-2.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
5. Кулешов В.П. Лабораторные работы по курсу "Теплопередача". Х.: ХАИ, 2007. [<http://k205.khai.edu/ru/library/laboratornie-raboti-po-kursu-teploperedacha.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
6. Костиков О.Н., Петухов И.И. Термодинамика и теплообмен. Лабораторный практикум. Х.: ХАИ, 2008. - 64 с. [<http://k205.khai.edu/ru/library/termodinamika-i-teploobmen-laboratornii-praktikum.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
7. Амброжевич М.В., Костиков А.О., Петухов И.И. Термодинамика и теплообмен. Учебное пособие по выполнению расчетных работ. Х.: ХАИ, 2008. - 79 с. [<http://k205.khai.edu/uk/library/termodinamika-i-teploobmen-uchebnoe-posobie-po-vip.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
8. Приклад виконання розрахункової роботи за навчальною дисципліною «Тепломасообмін». [http://k205.khai.edu/uploads/editor/20/4356/sitepage_107/files/tmo_priklad_vikonannya_rozrahunkovoi_roboti.pdf] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
9. Розширений план лекцій за навчальною дисципліною «Тепломасообмін». [<http://k205.khai.edu/uk/site/lektсионnii-kurs.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
10. Посібник до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Тепломасообмін». [<http://k205.khai.edu/uk/site/samostoyatel'naya-rabota.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
11. Питання до модулів та екзамену з навчальної дисципліни «Тепломасообмін». [<http://k205.khai.edu/uk/site/moduli-i-ekzameni.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
12. Література з навчальної дисципліни «Тепломасообмін». [http://k205.khai.edu/uk/site/teploobmen_u.html] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.
13. Галерея навчальних відео з дисципліни «Тепломасообмін». [<http://k205.khai.edu/ru/site/teploobmen.html>] (рос.) (укр.) – Переглянуто: 9 вересня 2019 р.

15. Рекомендована література

Базова

1. В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача. М., Энергоиздат, 1981.
2. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / Под ред. В.К. Кошкина. М., Машиностроение, 1975.
3. Н.М. Беляев. Основы теплопередачи. Киев, Высшая школа, 1989.

Допоміжна

1. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. М., Высшая школа, 1979.
2. Э.М. Карташев. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. М., Высшая школа, 1985.
3. Н.М. Беляев, А.А. Рядно. Методы нестационарной теплопроводности. М., Высшая школа, 1978.
4. Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер и др. Методы расчета сопряженных задач теплообмена. М., Машиностроение, 1983.
5. А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. М., Высшая школа, 1986.
6. В.Н. Кулешов. Теплопередача. Учебное пособие по лабораторному практикуму. – Харьков. ХАИ, 1989.

16. Інформаційні ресурси

www.k205.khai.edu