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

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ О.В.Кіслов
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 24» 08 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теплообмінне обладнання в енергетиці та газовій галузі
(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Газотурбінні установки і компресорні станції»
(найменування спеціалізації)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: Даценко В.А., асистент каф. 201 _____
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри № 201
«Теорії авіаційних двигунів»
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 24 » 08 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор _____ Л.Г. Бойко
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td colspan="2">Найменування показників</td><td>Галузь знань, напрям підготовки, рівень вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання</td></tr>
<tr><td colspan="2">Кількість кредитів –5.5</td><td rowspan="2">Галузь знань
14 «Електрична інженерія»
(шифр та найменування)</td><td colspan="2" rowspan="2">Обов`язкова</td></tr>
<tr><td colspan="2">Модулів – 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Змістових модулів – 3</td><td colspan="2">Навчальний рік</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Індивідуальний курсовий проект «Проектування рекуперативного теплообмінного апарата»</td><td rowspan="2">Спеціальність
142 «Енергетичне машинобудування»
(код та найменування)</td><td colspan="2">2023/2024</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td colspan="2">Загальна кількість годин –165</td><td rowspan="3">Освітня програма:
«Газотурбінні установки і компресорні станції»
(найменування)</td><td>5-й</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Тижневих годин для денної форми навчання</td><td colspan="2">Лекції*</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр 5</td><td>32год.</td><td>–</td></tr>
<tr><td>Аудиторних – 4.5 год.</td><td>Самост.роботи– 4.9 год.</td><td rowspan="8">Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Практичні*</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="7"></td><td>40 год.</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>93 год.</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td>Модульний контроль, диф. залік, іспит</td><td>–</td></tr>
</table>

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання –72/93.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до проектування та експлуатації теплообмінного обладнання в енергетиці та газовій галузі

Завдання – надання знань про теплообмін та теплообмінне обладнання, що використовується в енергетиці та газовій галузі.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК):
ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних
ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.
ЗК16. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Фахові компетентності (ФК):
ФК1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.
ФК2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням теоретичних і експериментальних методів дослідження процесів в газотурбінних установках та енергетичному обладнанні компресорних станцій.
ФК3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.
ФК5. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій.
ФК6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій та застосовувати прогресивні методи експлуатації газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій для транспортування природнього газу.
ФК7. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів при проектуванні газотурбінної техніки та енергетичного обладнання компресорних станцій, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій.
ФК8. Здатність визначати режими експлуатації газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій і застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.
ФК12. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності.

Результати навчання:

ПРН 1. Демонструвати знання і розуміння математики, фізики, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, теорій лопаткових машин, газотурбінних двигунів і тепломасообміну, тех-

нічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.
ПРН 4. Застосовувати процеси, системи, обладнання, інженерні технології відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; обирати і застосовувати придатні типові розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати досліджень.
ПРН 5. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.
ПРН 6. Розробляти і проектувати газотурбінні установки та енергетичне обладнання компресорних станцій, що задовольняють конкретним вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.
ПРН 7. Застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти при проектуванні об`єктів газотурбобудування та енергетичного машинобудування.
ПРН 9. Застосовувати нормативні документи і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.
ПРН 11. Виявляти розуміння методик проектування і досліджень в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, а також їх обмежень.
ПРН 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.
ПРН 13. Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси при вирішенні професійних завдань в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій з урахуванням наявності обмежень та розумінням їх природи.
ПРН 14. Застосовувати норми інженерної практики у сфері газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.

Пререквізити: «Вища математика», «Фізика», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Теоретична механіка», «Вступ до фаху»;
Кореквізити: «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок», «Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. . Загальні відомості про теплообмінні апарати. Теплообмінні апарати без зміни фази теплоносіїв.

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про теплообмінні апарати

Вступ до дисципліни «Теплообмінне обладнання в енергетиці та газовій галузі»

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані та її значення. Особливості вивчення дисципліни, навчальна література. . Застосування теплообмінних апаратів на об'єктах газотранспортних мереж..

Тема 1 . Загальний підхід до розрахунку теплообмінних апаратів

Основні поняття й визначення. Співвідношення для розрахунку тепла, що переноситься при теплообміні. Механізм переносу тепла. Критерії подоби в розрахунку теплообміну. Критеріальни рівняння. Підхід до теплового розрахунків теплообмінних апаратів.

Тема 2. Класифікація і основні конструктивні схеми теплообмінних апаратів

Класифікація теплообмінних апаратів по функціональних, конструктивних ознаках та схемам току теплоносіїв. Основні вимоги, пропоновані до теплообмінних апаратів. Основні

конструктивні схеми теплообмінних апаратів: теплообмінники «труба в трубі»; кожухотрубні теплообмінники; пластинчаті теплообмінники; теплообмінники з оребренимі трубами; повітряне-охолоджувані теплообмінники; змієвикові теплообмінники; теплообмінники змішаних схем. Компоновка труб.

Змістовий модуль 2. Теплообмінні апарати без зміни фази теплоносіїв

Тема 3. Тепловий розрахунок теплообмінників з гладкими та оребреними трубами

Тепловий розрахунок теплообмінника з гладкими трубами: тепловий розрахунок теплообмінника з гладкими трубами при поздовжньому обтіканні труб (конструктивний розрахунок, тепловий розрахунок); особливості теплового розрахунку теплообмінників із гладкими трубами при поперечному обтіканні труб для одинокої труби та пучка труб. Тепловий розрахунок агрегатів повітряного охолодження: геометричні характеристики поперечно-оребрених труб; вивід формул для визначення коефіцієнтів теплопередачі з боку холодного й гарячого теплоносіїв; попередній тепловий розрахунок теплообмінника; перевірочний тепловий розрахунок теплообмінника. Особливості теплового розрахунку теплообмінних апаратів з поперечно-оребреними конвективними поверхнями нагріву: загальна характеристика теплообмінних апаратів; співвідношення для розрахунку коефіцієнтів теплопередачі з боку гарячого теплоносія; розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією з боку гарячого й холодного теплоносіїв

Тема 4. Гідравлічний розрахунок теплообмінних апаратів

Місце гідравлічного розрахунків у визначенні потужності агрегатів подачі теплоносіїв. Розрахунок опору тертя. Розрахунок місцевих опорів. Розрахунок втрат на прискорення. Розрахунок нівелірного перепаду тиску.

Модульний контроль

Модуль 2. Теплообмінні апарати зі зміною фази теплоносіїв. Основи масообміну

Змістовий модуль 3. Теплообмінні апарати зі зміною фази теплоносіїв

Тема 5. Теплообмін при зміні фази теплоносіїв

Теплообмін при кипінні: механізм процесу кипіння; рівняння теплового балансу при кипінні; тепловіддача при кипінні рідини у великому об'ємі; тепловіддача при пузирковому кипінні рідини в трубах в умові вимушеної конвекції. Теплообмін при конденсації: поняття про процес конденсації; теплообмін при плівковій конденсації.

Тема 6. Парогенератори

Робочий процес парогенератора. Принцип роботи парогенератора. Структура парогенератора та його компоновка. Основні параметри парогенератора

Тема 7. Конденсатори

Робочий процес конденсатора. Вибір типу конденсатора. Послідовність розрахунку конденсатора

Змістовий модуль 4. Основи масообміну

Тема 8. Основи масообміну

Основні поняття й співвідношення масообміну. Дифузійні потоки, коефіцієнт дифузії.

Заключення

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Вступ до навчальної дисципліни	0.5	0.5	–	–	–
Тема 1 . Загальний підхід до розрахунку теплообмінних апаратів	11.5	3.5	–	–	8
Тема 2. Класифікація і основні конструктивні схеми теплообмінних апаратів	28	4	12	–	12
Тема 3. Тепловий розрахунок теплообмінників з гладкими та оребреними трубами	46	6	18	–	22
Тема 4. Гідравлічний розрахунок теплообмінних апаратів	30	4	10	–	16
Модульний контроль	2				2
Разом за модулем 1	118	18	40		60
Тема 5. Теплообмін при зміні фази теплоносіїв	12	4	–	–	8
Тема 6. Парогенератори	11	4	–	–	7
Тема 7. Конденса-тори	10	2	–	–	8
Тема 8. Основи масообміну	11	3	–	–	8
Заключення	1	1	–	–	–
Модульний контроль	2				2
Разом за модулем 2	47	14	–	–	33
Усього годин	**165**	**32**	**40**		**93**

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Не передбачено навчальним планом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Конструктивні схема кожухотрубних теплообмінних апаратів. Розподіл та напрям руху теплоносіїв в теплообмінниках кожухотрубних теплообмінних апаратів. (Тема 2)	6

1	2	3
2	Конструктивний розрахунок теплообмінника кожухотрубного теплообмінного апарату з гладкими трубами. (Тема 3)	2
3	Тепловий розрахунок теплообмінника кожухотрубного теплообмінного апарату з гладкими трубами(Тема 3).	4
4	Особливості гідравлічного розрахунку кожухотрубного теплообмінного апарату з гладкими трубами. (Тема 4)	2
5	Конструктивні схеми апаратів повітряного охолодження масла. Розподіл та напрям руху теплоносіїв в теплообмінниках апаратів повітряного охолодження масла. (Тема 2)	6
6	Попередній тепловій розрахунок теплообмінника апарату повітряного охолодження масла. (Тема 3)	6
7	Перевірочний тепловий розрахунок теплообмінника апарату повітряного охолодження масла. (Тема 3)	6
8	Гідравлічний розрахунок апарату повітряного охолодження масла. (Тема 4)	4
9	Конструктивне виконання основних елементів пластинчатих теплообмінних апаратів. (Тема 2)	4
	Разом	**40**

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Не передбачено навчальним планом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Загальний підхід до розрахунку теплообмінних апаратів (Тема 1)	8
2	Класифікація і основні конструктивні схеми теплообмінних апаратів (Тема 2)	12
3	Тепловий розрахунок теплообмінників з гладкими та оребреними трубами (Тема 3)	22
4	Гідравлічний розрахунок теплообмінних апаратів (Тема 4)	16
5	Модульний контроль 1	2
5	Теплообмін при зміні фази теплоносіїв (Тема 5)	8
6	Парогенератори (Тема 6)	7
7	Конденсатори (Тема 7)	8
8	Основи масообміну (Тема 8)	8
9	Модульний контроль 2	2
	Разом	**93**

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Виконання курсового проекту на тему «Проектування рекуперативного теплообмінного апарата». (Теми 2, 3, 4)

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій і практичних занять,індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмові модульні контролі, фінальний контроль у вигляді іспиту та диф. заліку за результатами захисту курсового проекту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

№ з/п	Елемент модуля	Бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
1	2	3	4	5
Модуль 1				
1	Робота на лекціях	0 – 4	1	0 – 4
2	Виконання практичних робіт	0 – 21	1	0 – 21
3	Захист практичних робіт	0 – 9	1	0 – 9
4	Складання модульного контролю	0 – 25	1	0 – 25
Разом за Модуль 1				0 – 59
Модуль 2				
1	2	3	4	5
1	Робота на лекціях	0 – 2	1	0 – 2
2	Виконання практичних робіт	0 – 12	1	0 – 12
3	Захист практичних робіт	0 – 2	1	0 – 2
4	Складання модульного контролю	0 – 25	1	0 – 25
Разом за Модуль 2				0 – 41
Разом за семестр 5				0 – 100

Семестровий контроль (іспит) у 5 семестрі проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох питань, одне з яких відноситься до першого модуля, а друге – до другого. Перше та друге питання оцінюється 0…50 балів.

12.2. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання) за виконання курсового проекту

№ з/п	Елемент	Бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
1	2	3	4	5
2	Виконання курсового проекту	0 – 60	-	0-100
3	Захист курсового проекту	0 – 40	1	

Семестровий контроль (диф. залік) у 5 семестрі проводиться за результатами виконання та захисту курсового проекту.

12.3. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні поняття і визначення теплообміну;
- співвідношення для розрахунку тепла, що переноситься при теплообміні, та механізм переносу тепла;
- критеріальни рівняння в розрахунку теплообміну;
- класифікація теплообмінних апаратів;
- конструктивні схеми теплообмінних апаратів різного призначення;
- методи розрахунків теплообмінних апаратів;
- робочий процес та улаштування парогенераторів і конденсаторів;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- правильно вибирати конструктивні схеми теплообмінних апаратів;
- відповідно до рекомендацій і існуючими інженерними методами розрахунку грамотно розраховувати теплообмінні апарати.

12.4 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру:

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Виконати практичні роботи. Знати основні положення дисципліни при недостатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему. Уміти використовувати інженерні методи розрахунку теплообмінних апаратів.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та уміннями, що передбачені програмою дисципліни. Виконати та захистити практичні роботи. Знати основні положення дисципліни при достатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; достатньо вільно використовувати знання для аналізу типових задач. Уміти використовувати інженерні методи розрахунку теплообмінних апаратів, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

Відмінно (90-100). Володіти всіма знаннями та уміннями, що передбачені програмою дисципліни. Виконати та захистити практичні роботи. Знати всі положення дисципліни при глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; вільно використовувати знання для аналізу типових та нетипових задач. Уміти використовувати інженерні методи розрахунку теплообмінних апаратів, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки та розробляти рекомендації для їх покращання.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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. А.С. Хоменко, С.К. Чернов. Розрахунок і проектування теплообмінних апаратів з оребреною поверхнею. Навчальний посібник. Харків: Нац. аерокосм. ун-т, «ХАІ», 2005. 70 с.
2. Навчально-методичний комплекс в Менторі: https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2667

14. Рекомендована література

Базова

1. Кудінов В.А. Карташов Е.М., Стефанюк О.В. Термодинаміка та теплопередача. М: Видавництво Юрайт, 2015. 566 с.
2. Бєляєв, Н.М. Основи теплопередач: підручник. Київ : Вища школа. Головне вид-во. 1989. 343 с.
3. Болгарський А.В., Мухачов Г.А., Щукін В.К.. Термодинаміка та теплопередача М.: Вищ. шк., 1975. 495 с.
4. Міхєєв М.А., Міхєєва І.М. Основи теплопередачі. М: Енергія, 1977. 344 с. Ісаченко В.П., Осипова В.А.,. Сухомел О.С. Теплопередача. М: Енергоатоміздат, 1981. Тепловий розрахунок промислових парогенераторів: навч. посібник для ВТУЗів / за ред. В.І. Частухіна. Київ: Вища школа. Головне вид-во. 1980. 184 с.

Вся базова література доступна в бібліотеці «ХАІ»: https://library.khai.edu/catalog

Допоміжна

1. Довідник з теплообмінників: У 2-х т. / Пров. з англ. за ред. О.Г. Мартиненко. М: Енергоатоміздат, 1987.
   https://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&themes_basket=&ttp_themes_basket=&ext=yes&theme_path=0&author_fld=&docname_fld=%D0%A1%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA+%D0%BF%D0%BE+%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BC&docname_cond=containword&year_fld1=&year_fld2=&udc_fld=&isbn_fld=&lang_list=0&pubplace_fld=&publisher_fld=&bbc_fld=&issn_fld=&annotation_fld=&volume_fld=&part_fld=&responsibility_fld=&theme_cond=all_theme&littype_list=0&theme_list=0&disciplinesearch=&discipline_list=&tpage=1&step=20&faculty_list=0&department_list=&speciality_list=0&knmz_doctype_list=0&speciality_knmz_list=&sillabus_list=&knowledgearea_list=&qualificationlevel_list=&initiator_mode=SearchDocForm&full_searchfld=&ecopy=0&combiningAND=0&is_ttp=0&print_basket=%2C&docid=510211691&doctype_list=0&doctoselect=0&doctoselect=0
2. СОУ МПП 71.120-217:2009 Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови
3. ДСТУ ГОСТ 12.2.085:2007 Посудини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги щодо безпеки. (ГОСТ 12.2.085-2002, IDT)
4. ГСТУ 3-071:2004 Апарати кожухотрубчасті теплообмінні та повітряного охолодження. Кріплення труб в трубних решітках

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри http:\\k201.khai.edu