

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Кафедра “Електроенергетика і електротехнології”

ПОГОДЖЕНО

Гарант ОПП «ЕЕЕ»

проф. _____ Володимир ДІОРДІЄВ
« ___ » _____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕЕТ

доц. _____ Юлія ПОСТОЛ
« ___ » _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Інженерія теплопередачі»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"
за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

факультет енергетики і комп'ютерних технологій

2023 – 2024 н.р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія теплопередачі» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Запоріжжя, ТДАТУ - 10 с.

Розробник: Ю.О. Постол к.т.н., доцент

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри електроенергетики і електротехнологій протокол від “___” _____2023 року № ___

Завідувач кафедри ЕЕТ

доц. Юлія ПОСТОЛ

Схвалено методичною комісією факультету енергетики і комп'ютерних технологій зі спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»

Протокол № __ від _____ вересня 2023 року

Голова, доц.

Олександр ВОВК

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| | | | |
|--|---|---|------------------------|
| Найменування показників | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни | |
| | | денна форма навчання | |
| Кількість кредитів – 4 | Галузь знань <u>14 "Електрична інженерія"</u> | <u>За вибором студента</u> | |
| Загальна кількість годин – 120 годин | Спеціальність: <u>141"Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"</u> | Курс | Семестр |
| Змістових модулів – 2 | | 2-й | 3-й |
| Тижневе навантаження: аудиторних занять – 2,0 самостійної роботи студента – 10 | Ступінь вищої освіти: <u>«Магістр»</u> | Вид заняття | Кількість годин |
| | | Лекції | 10 год. |
| | | Лаборат. заняття | - |
| | | Практичні заняття | 10 год. |
| | | Семінар. заняття | - |
| | | Самостійна робота | 100 год. |
| | | Форма контролю: екзамен (екзамен або диференційований залік) | |

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета. Метою дисципліни є: підготовка кваліфікованих інженерних фахівців, здатних ефективно використовувати теплові насоси, теплові двигуни та теплоенергетичні установки і в різних галузях агропромислового виробництва, формування наукового мислення; засвоєння необхідного обсягу теоретичних знань при вивченні теплових насосів, теплових двигунів та теплогенеруючих установок, термодинамічних параметрів, процесів законів перетворення теплової енергії в механічну і механічної в теплову, процесів тепло і масо-переносу, властивостей та області застосування теплоізоляційних матеріалів, які використовуються при виготовленні, монтажі, експлуатації та ремонті теплотехнічного і теплоенергетичного обладнання та технічних засобів тепlopостачання сільськогосподарського виробництва від теплогенеруючих установок і теплових насосів; володіння вміннями і навичками, одержаними під час вивчення курсу і потрібними в процесі виробничої діяльності майбутнього інженера-енергетика.

Базові знання і навички, одержані при вивченні даної дисципліни будуть використовуватися студентами при вивченні та засвоєнні спеціальних дисциплін.

Завдання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- сучасну класифікацію теплових насосів, теплових двигунів та теплогенеруючих установок і теплоенергетичного обладнання, теоретичні основи та їх будову;
- відомості про основні робочі тіла, що використовуються в теплових насосах, теплових двигунах та теплогенеруючих установках; поведінку робочих тіл, в процесі експлуатації;
- методи розрахунку термодинамічних процесів, принципи та особливості використання теплових насосів, теплових двигунів та теплогенеруючих установок;
- принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок;
- вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень;
- правила технічної експлуатації електроенергетичного обладнання електростанцій на базі відновлювальних джерел енергії та вміння здійснювати проектування, монтаж, налагодження і технічне обслуговування трансформаторних підстанцій і сільських мереж;
- основні методи вирішення задач теплопровідності;
- чисельні методи рішення задач теплопровідності.

Студент повинен **вміти**:

- використовувати закони ідеальних і реальних газів до газових сумішей; виконувати розрахунки за TS - діаграмою; розраховувати площу поверхні теплообмінного апарату теплового насосу;
- розраховувати цикли теплових двигунів та теплоенергетичні установки; виконувати розрахунки за Hd – діаграмою;
- визначати основні термодинамічні параметри та фізико-хімічні властивості теплотехнічних робочих тіл теплових насосів, теплових двигунів та установок; використовувати характеристики теплотехнічних матеріалів при виборі теплотехнічного та теплоенергетичного обладнання;
- оцінювати надійність, економічність та екологічну доцільність вибору теплових насосів, теплових двигунів та тепло генеруючих установок;
- оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;
- самостійно вчитися, опанувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням;
- здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах;
- знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.
- скласти програму розрахунку одновимірної задачі теплопровідності;
- розрахувати тепловий насос;
- розрахувати геліотеплонасосну систему теплопостачання та визначити доцільність її використання.

Студент повинен **володіти**: методами інженерного розрахунку, методологією прогнозування розвитку галузі та основних напрямів її механізації, методами вибору і застосування у виробництві ресурсозберігаючих технологій.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовний модуль 1: Теплопередача.

Тема 1. Теплопровідність. Конвективний теплообмін. Променевий теплообмін. [1, с. 79-85, 90- 97, 155-178]

Основний закон теплопровідності. Теплопровідність при стаціонарному режимі. Закон тепловіддачі. Теплопровідність при граничних умовах третього роду. Променевий теплообмін між тілами і методи зміни його інтенсивності.

Тема 2. Основи теплового розрахунку теплообмінних апаратів [1, с. 115-170], [4, с. 125-162, 168-179].

Класифікація. Розрахунок рекуперативного теплообмінника. Методи інтенсифікації процесів теплопередачі.

Тема 3. Теоретичні основи, типи і обладнання теплових насосів. [1, с. 73-85, 93-105]

Термодинамічні основи роботи теплових насосів і холодильних установок. Термодинамічні цикли та їх енергетичні характеристики. Цикл Карно і його використання для теплових насосів. Парокомпресійні теплові насоси. Абсорбційні теплові насоси та холодильні установки. Обладнання компресійних теплових насосів та теплонасосних станцій. Компресори. Приводні двигуни. Теплообмінники. Холодоагенти для холодильних та теплонасосних установок.

Змістовний модуль 2: Теплові насоси. Низькопотенційні джерела теплоти для теплових насосів.

Тема 4. Низькопотенційні джерела теплоти для теплових насосів.
[1, с. 79-85, 90- 97]

Характеристика нижніх джерел теплоти. Теплота атмосферного повітря. Теплота вентиляційних викидів. Теплота поверхневих природних, ґрунтових та стічних вод. Теплота ґрунту. Енергія сонячного випромінювання. Теплота кристалізації води. Технічно досяжний потенціал низько потенційних джерел теплоти.

Тема 5. Теплонасосні системи теплопостачання. [1, с. 170-178, 189-213].

Загальна характеристика теплонасосних систем теплопостачання. Застосування теплових насосів в індивідуальних і багатоквартирних житлових будинках. Повітряне опалення. Радіаторна система водяного опалення. Низькотемпературні системи водяного опалення. Застосування теплових насосів в системах теплопостачання громадських приміщень та будівель. Системи вентиляції. Системи повітряного опалення.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Номер тижня | Вид занять | Тема заняття або завдання на самостійну роботу | Кількість | | | | | балів |
|--|--------------------|---|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------|
| | | | годин | | | | | |
| | | | лк | лаб. | пр. | СРС | | |
| Змістовний модуль 1. Теплопередача | | | | | | | | |
| 1 | Лекція 1 | Теплопровідність. Конвективний теплообмін. Променевий теплообмін | 2 | - | - | - | - | |
| 2 | Практична робота 1 | Термодинамічні основи роботи теплових насосів і холодильних установок. Розрахунок термодинамічних циклів та їх енергетичних характеристик. Цикл Карно і його використання для теплових насосів. | - | - | 2 | - | 8 | |
| | Самостійна робота | Підготовка до практичної робота | - | - | - | 25 | 5 | |
| 3 | Лекція 2 | Основи теплового розрахунку теплообмінних апаратів | 2 | - | - | - | - | |
| 4 | Практична робота 2 | Підбір обладнання компресійних теплових насосів та теплонасосних станцій. Компресорів. Приводних двигунів. Теплообмінників. | - | - | 2 | - | 7 | |
| | Самостійна робота | Підготовка до практичної робота | - | - | - | 25 | 5 | |
| 5 | Лекція 3 | Теоретичні основи, типи і обладнання теплових насосів | 2 | - | - | - | - | |
| 6,7 | ПМК 1 | Підсумковий контроль за змістовий модуль 1 | | | | | 10 | |
| Всього за змістовий модуль 1 - 60 год. | | | 6 | - | 4 | 50 | 35 | |
| Змістовий модуль 2. Теплові насоси. Низькопотенційні джерела теплоти для ТН | | | | | | | | |
| 8 | Практична робота 3 | Розрахунок характеристик нижніх джерел теплоти. Теплоти атмосферного повітря. Теплоти вентиляційних викидів. | - | - | 2 | - | 5 | |
| | Самостійна робота | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 17 | 3 | |
| 9 | Лекція 4 | Низькопотенційні джерела теплоти для теплових насосів | 2 | - | - | - | - | |
| 10 | Практична робота 4 | Розрахунок повітряного опалення. Підбір радіаторної системи водяного опалення. Низькотемпературні системи водяного опалення | - | - | 2 | - | 5 | |
| | Самостійна робота | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 17 | 3 | |

| Номер тижня | Вид занять | Тема заняття або завдання на самостійну роботу | Кількість | | | | |
|---|--------------------|---|-----------|----------|-----------|------------|------------|
| | | | годин | | | балів | |
| 11 | Лекція 5 | Теплонасосні системи теплопостачання | 2 | | | | |
| 12 | Практична робота 5 | Розрахунок системи вентиляції. Системи повітряного опалення. Системи водяного опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування приміщень. | - | - | 2 | - | 5 |
| | Самостійна робота | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 16 | 10 |
| 13,14 | ПМК 2 | Підсумковий контроль за змістовий модуль 2 | | | | | 10 |
| Всього за змістовий модуль 2 - 60 год. | | | 4 | - | 6 | 50 | 35 |
| Екзамен | | | | | | | 30 |
| Всього з навчальної дисципліни 60+60= 120 год. | | | 10 | - | 10 | 100 | 100 |

5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ ПМК-1

1. Дайте визначення процесів тепломасообміну.
2. Що таке взаємозв'язаний тепломасоперенос?
3. Вкажіть особливості процесів тепломасообміну при переробці продуктів СГ.
4. Що таке капілярно-пористі тіла?
5. Опишіть основні фізичні процеси, що протікають в процесах тепломасообміну при переробці СГ продукції
6. Наведіть основні рівняння, що описують процеси тепломасообміну при переробці СГ продукції.
7. Що таке нелінійні рівняння тепломасообміну?
8. Викладіть методи теорії подібності в процесах тепломасообміну.
9. Які основні критерії подібності в процесах тепломасообміну?
10. Критеріальні рівняння процесів тепломасопереносу в процесах переробки продукції СГ.
11. Вкажіть методи розв'язку рівнянь тепло масообміну в процесах переносу тепла і маси при переробці продукції СГ.
12. Що таке аналітичні та чисельні методи розв'язку?
13. Основні чисельні методи розв'язку рівнянь тепломасообміну.
14. Які є методи комп'ютерного моделювання основних рівнянь тепломасообміну в процесах переробки сільгосппродукції
15. Приведіть приклад математичної моделі процесу нестационарної теплопровідності та дифузії.

ПМК-2

1. Класифікація вторинних і відновлюваних енергоресурсів.
2. Класифікація перетворювачів енергії.

3. Теплові насоси. Термодинамічні основи ТН.
4. Парокомпресійні теплові насоси.
5. Робочий цикл і схема парокомпресійного теплового насоса
6. Переваги парокомпресійних теплових насосів.
7. Недоліки парокомпресійних теплових насосів.
8. Використання парокомпресійних теплових насосів
9. Парокомпресійні холодильні машини.
10. Принцип дії парокомпресійних холодильних машин.
11. Багатоступеневі холодильні машини.
12. Герметичність холодильного агрегату.
13. Теплообмінні апарати холодильних машин
14. Конденсатори.
15. Випарники.
16. Теплообмінники
17. Терморегулюючий вентиль
18. Призначення і класифікація компресорів.
19. Дійсний робочий процес в компресорі.
20. Наявність «мертвого простору».
21. Гідравлічні втрати.
22. Підігрів пари на всмоктуванні.
23. Втрати через нещільності.
24. Втрати на тертя.
25. Теоретична і дійсна потужність приводу поршневого компресора.
26. Теоретична і дійсна холодопродуктивність
27. Класифікація компресорів.
28. Конструкції компресорів.
29. Відкриті (сальникові) поршневі компресори.
30. Безсальникові компресори.
31. Герметичні компресори.
32. Гвинтові компресори.
33. Абсорбційні теплові насоси.
34. Робочий цикл і схема абсорбційного теплового насоса
35. Переваги абсорбційних теплових насосів.
36. Недоліки абсорбційних теплових насосів.
37. Використання абсорбційних теплових насосів
38. Термоелектричні напівпровідникові теплові насоси.
39. Робочий цикл і схема термоелектричного теплового насоса
40. Переваги термоелектричних теплових насосів.
41. Недоліки термоелектричних теплових насосів.
42. Використання термоелектричних теплових насосів
43. Вихрові теплові насоси.
44. Робочий цикл і схема вихрового теплового насоса.
45. Переваги вихрових теплових насосів.
46. Недоліки вихрових теплових насосів.

47. Використання вихрових теплових насосів
48. Система опалювання, які використовують теплоту зовнішнього повітря.
49. Система опалювання, які використовують теплоту ґрунту.
50. Система опалювання, які використовують теплоту ґрунтових вод.
51. Система опалювання, які використовують теплоту сонячного випромінювання.
52. Система опалювання, які використовують теплоту газових або дизельних двигунів, та двигунів Стірлінга.
53. Інші джерела теплоти низького потенціалу.

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Дідур В.А. Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. підручник. Київ, 2008. 233с.
2. Проектування систем теплопостачання сільського господарства/ Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.В. Міщенко, В.В. Шутюк: Техніка, 2003. 161 с.
3. Арсен'єв В. М. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В. М. Арсен'єв, С. С. Мелейчук. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 364 с.

Додаткова

1. Акерханов Р.А. Теплоэнергетические установки и системы сельского хозяйства: навч. підручник. Київ, 2002. 423 с.
2. Теплові насоси та їх використання: навч. посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, - Київ.: НТУУ КПІ, 2013. – 312с.
3. Посібник по проектуванню теплових насосів Viessmann Werke. Allendorf (Eder), 2022, 126р.
4. Міжнародний науково-прикладний журнал «Теплофізика та теплоенергетика»: веб-сайт. URL : <http://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal>

7. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Освітній портал ТДАТУ <http://op.tsatu.edu.ua>
2. Наукова бібліотека ТДАТУ <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>
3. Сайт кафедри ЕЕТ. <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/>
4. Національний портал з енергозбереження: <http://www.patriot-nrg.ua/>
5. [Національна бібліотека України імені Вернадського:](http://www.nbuv.gov.ua/)
<http://www.nbuv.gov.ua/>
6. [Бібліотека технічної літератури:](http://lib.toxy.cv.ua/) <http://lib.toxy.cv.ua/>
7. [Електронна бібліотека Наука і Техніка:](http://www.nit.kiev.ua/) <http://www.nit.kiev.ua/>