

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теоретичні основи холодильної техніки»

300 год. / 10 кредитів ЕКТС

(5-й семестр: 30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять; 6-й семестр: 30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)

Навчальний контент

5-й семестр

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Вступ. Фізичні основи штучного охолодження

Тема 1. Роль холодильної та криогенної техніки у машинобудуванні та металургії, нафтовій, газовій та хімічній промисловості, у будівельній техніці, збереженні харчових продуктів, транспорті, сільському господарстві та інших галузях діяльності людини. Зв'язок температури та ентропії. Загальний принцип охолодження. Охолодження близько абсолютного нуля.

Тема 2. Технічні та промислові способи зниження температур. Розширення газу з виробництвом зовнішньої роботи. Дроселювання газів та рідин.

Тема 3. Вихлоп з постійного об'єму. Вихровий ефект. Термоелектричний ефект.

Тема 4. Фізичні принципи та способи отримання глибокого холоду. Термомагнітне охолодження. Десорбційне охолодження.

Тема 5. Адіабатне розмагнічування парамагнетиків. Розчин ізотопу He^3 в He^4 . Лабораторні способи охолодження близько абсолютного нуля.

Змістовий модуль 2. Термодинамічні основи систем штучного охолодження та динамічного опалення.

Тема 6. Зворотні цикли Карно та Лоренца для незмінної та перемінної температури охолодження. Мінімальна робота цикла-зразка.

Тема 7. Зовнішня та внутрішня необоротність у зворотному циклі. Холодильний коефіцієнт.

Тема 8. Міра втрат зворотного цикла – зростання ентропії. Оцінка термодинамічного удосконалення прямих та зворотних циклів теплотрансформаторів

Змістовий модуль 3. Термодинамічні основи циклів парокompресорних та тепловикористовуючих холодильних машин.

Тема 9. Схема та цикл одноступеневої парокомпресорної холодильної машини (ПКХМ). Вплив дросельного клапана.

Тема 10. Переохолодження рідкого хладоагента. Вологий та сухий хід компресора. Внутрішня та зовнішня необоротність у циклі.

Тема 11. Багатоступеневі ПКХМ. Схема та цикл двоступеневої ПКХМ.

Тема 12. Схема та цикл ПКХМ з регенерацією.

Тема 13. Схема та цикли каскадних ПКХМ.

Тема 14. Тепловикористовуюча пароежекторна холодильна машина, схема та цикл.

Тема 15. Схема та цикл тепловикористовуючої абсорбційної холодильної машини.

6-й семестр

Модуль 2

Змістовий модуль 4. Термодинамічні основи газових (повітряних) холодильних машин

Тема 16. Ідеальні та реальні цикли газових холодильних машин.

Тема 17. Регенеративні цикли. Розімкнутий цикл з тепломасообміном.

Тема 18. Конструкції газових холодильних машин з детандерами та віхровою трубою.

Змістовий модуль 5. Робочі процеси в елементах ПКХМ

Тема 19. Поршневий компресор. Робочі процеси у поршневому компресорі. Об'ємні та енергетичні втрати, робочі коефіцієнти.

Тема 20. Основи розрахунку та підбір поршневого холодильного компресора.

Тема 21. Гвинтові холодильні компресори. Робочі процеси, об'ємні та енергетичні втрати. Характеристики компресорів сухого стиснення та маслозаповнених компресорів.

Тема 22. Основи розрахунку та підбір гвинтового холодильного компресора

Тема 23. Конденсатори ПКХМ. Теплопередача в конденсаторах. Основи розрахунку та підбір конденсаторів.

Тема 24. Випарники ПКХМ. Теплопередача в випарниках. Основи розрахунку та підбір випарників.

Тема 25. Переохолоджувачі, допоміжні апарати (масловіддільники, маслозбірники, проміжні сосуди, ресивери, фільтри і т.і.) ПКХМ.

Змістовий модуль 6. Основи кріогенної техніки

Тема 26. Ідеальні процеси скраплення. Процеси Лінде, Клода.

Тема 27. Процеси скраплення Гейтланда та Капіци. Енергетичні показники процесів. Процеси заморожування газів.

Тема 28. Розділення повітря на компоненти. Отримання азоту, кисню та інертних газів. Процеси у ректифікаційній колоні.

Тема 29. Робочі речовини низькотемпературних холодильних систем. Низькотемпературна ізоляція.

Тема 30. Конструкції механізмів та апаратів низькотемпературних систем.

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теоретичні основи холодильної техніки»

300 год. / 10 кредитів ЕКТС

(5-й семестр: 30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять; 6-й семестр: 30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	1.3.1. Основні способи, засоби та методи вимірювання при теплотехнічних та гідравлічних випробуваннях механізмів, апаратів та холодильних машин.	2
2	Знайомство з конструкцією фреонового холодильного апарату. Складання принципової схеми та опис.	2
3	Знайомство з конструкцією компресора та теплообмінних апаратів, складання ескізів.	2
4	Випробування холодильного агрегату з метою визначення його основних характеристик на різних режимах роботи.	2
5	Випробування холодильної машини кондиціонера та визначення її основних характеристик.	4
6	Обробка результатів випробувань, побудова циклу, складання теплового балансу.	3
Всього		15

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теоретичні основи холодильної техніки»

300 год. / 10 кредитів ЕКТС

(5-й семестр: 30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять; 6-й семестр: 30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рішення задач на побудову циклів газових (повітряних) холодильних машин.	2
2	Рішення задач на побудову циклів парокомпресорних холодильних машин.	2
3	Конструкції та характеристики поршневіх холодильних компресорів, їх вузлів та деталей.	4
4	Конструкції та характеристики гвинтових холодильних компресорів, їх вузлів та деталей.	4
5	Конструкції та характеристики конденсаторів холодильних машин.	4
6	Конструкції та характеристики випарників холодильних машин.	4
7	Конструкції терморегулюючих клапанів та капілярних трубок.	2
8	Конструкції допоміжних апаратів холодильних машин.	4
9	Конструкції та компонування фреонових та аміачних холодильних машин.	4
Всього		30

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теоретичні основи холодильної техніки»

300 год. / 10 кредитів ЕКТС

(5-й семестр: 30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять; 6-й семестр: 30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)

Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота з курсу «Теоретичні основи холодильної техніки» включає такі форми:

- опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до лабораторних занять;
- підготовка до практичних занять;
- самостійна робота з літературою та джерелами для опрацювання актуальних питань курсу.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5-й семестр		
1	Роль холодильної та кріогенної техніки у машинобудуванні та металургії, нафтовій, газовій та хімічній промисловості, у будівельній техніці, збереженні харчових продуктів, транспорті, сільському господарстві та інших галузях діяльності людини. Зв'язок температури та ентропії. Загальний принцип охолодження. Охолодження близько абсолютного нуля	5
2	Технічні та промислові способи зниження температур. Розширення газу з виробництвом зовнішньої роботи. Дроселювання газів та рідин	5
3	Вихлоп з постійного об'єму. Вихровий ефект. Термоелектричний ефект	5
4	Фізичні принципи та способи отримання глибокого холоду. Термомагнітне охолодження. Десорбційне охолодження	5
5	Адіабатне розмагнічування парамагнетиків. Розчин ізотопу He3 в He4. Лабораторні способи охолодження близько абсолютного нуля	5
6	Зворотні цикли Карно та Лоренца для незмінної та перемінної температури охолодження. Мінімальна робота цикла-зразка	5
7	Зовнішня та внутрішня необоротність у зворотному циклі. Холодильний коефіцієнт	5
8	Міра втрат зворотного цикла – зростання ентропії. Оцінка термодинамічного удосконалення прямих та зворотних циклів теплотрансформаторів	5
9	Схема та цикл одноступеневої парокомпресорної холодильної	5

	машини (ПКХМ). Вплив дросельного клапана	
10	Переохолодження рідкого холодоагенту. Вологий та сухий хід компресора. Внутрішня та зовнішня необоротність у циклі	5
11	Багатоступеневі ПКХМ. Схема та цикл двоступеневої ПКХМ	5
12	Схема та цикл ПКХМ з регенерацією	5
13	Схема та цикли каскадних ПКХМ	5
14	Тепловикористовуюча паро-ежекторна холодильна машина, схема та цикл	5
15	Схема та цикл тепловикористовуючої абсорбційної холодильної машини	5
Усього за семестр		75
6-й семестр		
1	Ідеальні та реальні цикли газових холодильних машин	5
2	Регенеративні цикли. Розімкнутий цикл з тепломасообміном	5
3	Конструкції газових холодильних машин з детандерами та віхровою трубою	5
4	Виконання та перевірка етапів курсового проекту 1.1-1.2	11
5	Поршневий компресор. Робочі процеси у поршневому компресорі. Об'ємні та енергетичні втрати, робочі коефіцієнти	5
6	Основи розрахунку та підбір поршневого холодильного компресора	5
7	Гвинтові холодильні компресори. Робочі процеси, об'ємні та енергетичні втрати. Характеристики компресорів сухого стиснення та маслозаповнених компресорів	5
8	Основи розрахунку та підбір гвинтового холодильного компресора	5
9	Конденсатори ПКХМ. Теплопередача в конденсаторах. Основи розрахунку та підбір конденсаторів	5
10	Випарники ПКХМ. Теплопередача в випарниках. Основи розрахунку та підбір випарників	5
11	Переохолоджувачі, допоміжні апарати (масловіддільники, маслозбірники, проміжні сосуди, ресивери, фільтри і та інше) ПКХМ	5
12	Виконання та перевірка етапів курсового проекту 1.3-1.4	11
13	Ідеальні процеси скраплення. Процеси Лінде, Клода.	10
14	Процеси скраплення Гейтланда та Капіці. Енергетичні показники процесів. Процеси заморожування газів	5
15	Розділення повітря на компоненти. Отримання азоту, кисню та інертних газів. Процеси у ректифікаційній колоні.	5
16	Виконання та перевірка етапів курсового проекту 1.5-1.6	11
17	Робочі речовини низькотемпературних холодильних систем. Низькотемпературна ізоляція	5
18	Конструкції механізмів та апаратів низькотемпературних систем	5
19	Виконання та перевірка етапів курсового проекту 2.1-2.2	12
Усього за семестр		120

Завдання для поточного та підсумкового контролю

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14- «Електрична інженерія» зі спеціальності 142 - «Енергетичне машинобудування»

«Теоретичні основи холодильної техніки»

300 год. / 10 кредитів ЕКТС

(5-й семестр: 30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять; 6-й семестр: 30 год. лекцій, 30 год. практичних занять)

1. Які способи безмашинного охолодження ви знаєте?
2. Природне та штучне охолодження, способи отримання штучного холоду.
3. Що таке термоелектричне охолодження та який його принцип?
4. Які типи холодильних машин ви знаєте?
5. Що таке холодопродуктивність?
6. Які робочі речовини холодильних машин (холодоагенти) ви знаєте?
7. Вимоги, що пред'являються до термодинамічних властивостей робочих тіл.
8. Зворотній цикл Карно. Його побудова на діаграмі T-s
9. Принцип роботи ПКХМ. Основні елементи ПКХМ.
10. Яка роль компресора у ПКХМ? Чому застосовується перегрів пари хладагенту перед компресором?
11. Діаграма P-I(h). Побудова теоретичного циклу ПКХМ на діаграмі.
12. Побудова дійсного циклу на діаграмах P-I(h) та T-s.
13. Які незворотні процеси присутні в дійсному циклі ПКХМ?
14. Що таке холодильний коефіцієнт ПКХМ? Що він відображає?
15. Намалуйте схему та побудуйте цикл на діаграмі T-s ПКХМ з регенеративним теплообмінником. Яка його роль у схемі ПКХМ?
16. Намалуйте схему та побудуйте цикл на діаграмі P-I(h) двохступеневої та багатоступеневої ПКХМ.
17. Для чого застосовують багатоступеневі холодильні машини.
18. На чому базується принцип роботи тепловикористовуючих холодильних машин?
19. Які типи тепловикористовуючих холодильних машин ви знаєте? Їх особливості.
20. Переваги та недоліки пароежекторної холодильної машини.
21. Побудуйте схему та цикл на діаграмі T-s пароежекторної холодильної машини.
22. Переваги та недоліки абсорбційних холодильних машини.
23. Які робочі речовини застосовуються в абсорбційних холодильних машинах?

24. Побудуйте схему та цикл на діаграмі T-s абсорбційної холодильної машини.
25. Що таке газова холодильна машина? Особливості її роботи.
26. Які схеми газових ХМ застосовуються?
27. Намалюйте схему та побудуйте цикл на діаграмі T-s газової холодильної машини.
28. Схема та цикл на діаграмі T-s газової холодильної машини з регенерацією
29. Які типи компресорів ви знаєте? Особливості роботи поршневих компресорів.
30. Які втрати присутні в поршковому компресорі? Що таке коефіцієнт подачі компресора?
31. Як виконується підбір компресора холодильної машини?
32. Гвинтові компресори. Принцип їх роботи та особливості застосування.
33. Спіральні компресори. Принцип роботи. Переваги та недоліки спіральних компресорів.
34. Які типи конденсаторів ПКХМ ви знаєте? Особливості їх роботи.
35. Що таке температурний напір теплообмінного апарату?
36. Як виконується підбір конденсатора ПКХМ?
37. Випарники ПКХМ. Особливості їх конструкції в порівнянні з конструкцією різних типів конденсаторів.
38. Як виконується підбір випарника ПКХМ?
39. Які допоміжні апарати ПКХМ ви знаєте? Для чого вони застосовуються?
40. Охолодження до температур близьких абсолютного нуля. Особливості конструкцій таких машин.
41. Процеси скраплення газів. Особливості роботи установок по скрапленню газів?
42. Особливості конструкцій суден для транспортування скрапленого природного газу.
43. Як провести розрахунок та підбір електродвигуна для холодильного компресора?
44. Які типи конденсаторів ви знаєте?
45. Які типи випарників ви знаєте?
46. Як розрахувати поверхню випарника?
47. Як визначається крок ребер повітроохолоджувача?
48. Назвіть види теплопритоків.
49. Як розраховуються тепло притоки?
50. Як вибрати товщину теплової ізоляції?