Національна академія наук України

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора

“25” 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Наукові основи проєктування систем забезпечення мікроклімату

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки докторів філософії

зі спеціальності G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика)

2025 / 2026 навчальний рік

Робочу програму навчальної дисципліни «Наукові основи проєктування систем забезпечення мікроклімату» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика» підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика).

Розробники: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Тарасова Вікторія Олександрівна, д-р техн. наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 25 вересня 2025 року, протокол № 9.

Програму схвалено на розширеному засіданні відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів в енерготехнологічному обладнанні.

Протокол № 4 від 22.09.2025 р.

В. о. завідувача відділу

_____ Орлова Н. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія».

Протокол № 6 від 25.09.2025 р.

Заступник голови НТПР _____

_____ Костіков А. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни

Метою курсу є формування у аспірантів комплексних знань і навичок, необхідних для наукових досліджень та практичного впровадження інноваційних технологій у галузі мікроклімату, кондиціонування та теплових насосів, що відповідають сучасним вимогам енергоефективності та екологічної безпеки.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання, що забезпечує дисципліна

Компетентності

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

ФК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах.

ФК2. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень з теплоенергетики.

Програмні результати навчання

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН2. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми теплоенергетики державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН3. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова освітня компонента	
Кількість кредитів	3
Рік підготовки	2-й
Семестр	2-й
Загальна кількість годин	90
Лекції	24 год.
Практичні, семінарські заняття	6 год.
Індивідуальні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	залік

2. Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітні компоненти, що передують вивченню:
ОК6 Тепломасообмін в енергетичному обладнанні
ОК7 Сучасні засоби комп'ютерного моделювання в енергетиці

Освітні компоненти, які розвивають результати навчання за цією дисципліною: немає

3. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу аспіранти повинні:

Знати: основні поняття, параметри та нормативні вимоги мікроклімату приміщень; термодинамічні цикли парокомпресійних холодильних машин і теплових насосів; класифікацію та призначення основного обладнання холодильних і теплонасосних систем; способи підвищення ефективності холодильних і теплонасосних установок; принципи роботи транскритичних, абсорбційних і гібридних систем.

Вміти: аналізувати параметри мікроклімату та оцінювати їх відповідність нормативам; виконувати розрахунки продуктивності компресора, випарника та основних показників ефективності; будувати та аналізувати термодинамічні цикли холодильних і теплонасосних систем; обґрунтовувати вибір схем і обладнання залежно від умов експлуатації.

Розуміти: взаємозв'язок мікроклімату приміщень із тепловим комфортом та енергоефективністю систем; фізичну сутність тепло- та масообмінних процесів у холодильних і теплонасосних установках; вплив режимних і кліматичних факторів на ефективність роботи систем.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теплотехнічні основи забезпечення мікроклімату приміщень

Тема 1. Основні поняття мікроклімату приміщень

Мікроклімат приміщень. Контроль параметрів мікроклімату. Тепловий баланс між організмом людини і навколишнім середовищем. Нормування та контроль параметрів мікроклімату. Заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату. Теплотехнічні основи забезпечення мікроклімату приміщень. Вентиляція повітря. Основні властивості вологого повітря.

Тема 2. Термодинамічні цикли парокомпресійних холодильних машин та теплових насосів

Одноступінчастий цикл теплового насосу. Регенеративний цикл теплового насосу. Двоступеневий цикл теплового насосу. Розрахунок статичних характеристик роботи парокомпресійного кондиціонера /теплового насосу. Визначення продуктивності компресора. Визначення холодопродуктивності випарника. Характеристики джерел низькотемпературної теплової енергії.

Розділ 2. Класифікація холодильних/теплонасосних систем та їх основне обладнання

Тема 3. Основне обладнання холодильної/теплонасосної систем

Класифікація теплообмінників. Призначення і типи конденсаторів. Призначення і типи випарників. Регенеративні теплообмінники. Компресори. Робочі речовини теплових насосів.

Тема 4. Класифікація холодильних/теплонасосних систем та особливості їх роботи

Класифікація теплових насосів. Основні режими роботи теплонасосної системи опалення. Підвищення ефективності парокомпресійної холодильної машини шляхом охолодження повітря конденсатора. Робочий процес і показники ефективності парокомпресійної холодильної машини. Кліматична характеристика парокомпресійної холодильної машини та її елементів. Засоби охолодження повітря конденсатора. Транскритичний цикл холодильних машин та теплових насосів. Класифікація абсорбційних холодильних машин. Гібридні системи.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
Розділ 1. Теплотехнічні основи забезпечення мікроклімату приміщень							
Тема 1. ***Основні поняття мікроклімату приміщень***	21	4	2				15
Тема 2. ***Термодинамічні цикли парокомпресійних холодильних машин та теплових насосів***	23	6	2				15
Разом за розділом 1	44	10	4				30
Розділ 2. Класифікація холодильних/теплонасосних систем та їх основне обладнання							
Тема 3. ***Основне обладнання холодильної/теплонасосної систем***	21	6	-				15
Тема 4. ***Класифікація холодильних/теплонасосних систем та особливості їх роботи***	25	8	2				15
Разом за розділом 2	46	14	2				30
Усього годин	90	24	6				60

6. Самостійна робота

Метою самостійної роботи є навчитися користуватися навчально-методичними матеріалами, бібліотечними фондами, базами даних наукової літератури і інформаційними джерелами і іншими інформаційними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки. Види самостійної роботи студента: опрацювання лекційного матеріалу; опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення; виконання завдань для самостійної роботи, відвідування консультацій; підготовка до підсумкового контролю.

Теми для самостійного вивчення

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Розрахунок системи опалення котеджу під параметри теплонасосної установки. Ув'язування параметрів теплоносія після ТНУ з необхідними розрахунковими характеристиками системи опалення	15
2	Оцінка енергетичного потенціалу низькопотенційного джерела теплоти та розрахунок циклу ТНУ	15
3	Розрахунок та підбір компресора і випарника ТНУ	15
4	Розрахунок та підбір конденсатора ТНУ. Підбір пікового котла-доводчика системи опалення	15
	Разом	60

Завдання для самостійної роботи

1. Розрахувати систему опалення котеджу під параметри теплонасосної установки. Ув'язування параметрів теплоносія після ТНУ з необхідними розрахунковими характеристиками системи опалення.
2. Розрахувати термодинамічні параметри циклу ТНУ, що працює на фреоні R410a. Оцінити енергетичний потенціал низькопотенційного джерела теплоти та розрахунок циклу ТНУ
3. Провести розрахунок та підбір компресора і випарника ТНУ, що працює на фреоні R410a.
4. Провести розрахунок та підбір конденсатора ТНУ, що працює на фреоні R410a. Підбір пікового котла-доводчика системи опалення.

* за бажанням здобувача він може сам скласти перелік завдань для самостійної роботи, адаптувавши їх під своє наукове дослідження, за умови узгодження переліку і змісту завдань з викладачем і науковим керівником

Індивідуальні завдання

1. Провести розрахунок циклу парокомпресійної теплонасосної установки для заданого холодоагенту R410a. Побудувати цикл у *p–i* та *T–s* діаграмах та проаналізувати вплив температури джерел теплоти на ефективність установки.
2. Провести розрахунок циклу парокомпресійної теплонасосної установки для заданого холодоагенту R134a. Визначити основні параметри в характерних точках циклу, масову витрату холодоагенту, споживану потужність компресора та коефіцієнт перетворення (COP).
3. Провести розрахунок циклу парокомпресійної теплонасосної установки для заданого холодоагенту R22. Побудувати цикл у *p–i* та *T–s* діаграмах та проаналізувати вплив температури джерел теплоти на ефективність установки.
4. Провести розрахунок циклу парокомпресійної теплонасосної установки для заданого холодоагенту R12. Визначити основні параметри в характерних точках циклу, масову витрату холодоагенту, споживану потужність компресора та коефіцієнт перетворення (COP).

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні студентами самостійної роботи. Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із програмними продуктами для визначення теплофізичних властивостей робочих речовин.

8. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється шляхом опитування та перевірки виконання завдань для самостійної роботи.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота						Екзамен	Сума
Розділ 1		Розділ 2			Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4		100	-	100
25	25	25	25				

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання

Бали поточного контролю за кожною темою складаються з оцінювання відповідей під час усного опитування щодо засвоєння лекційного матеріалу (1 – розуміння окремих положень, 2 – розуміння окремих розрахункових методів, 3 – досконале засвоєння розрахункових методів, 4 – уміння адаптувати засвоєні методи для розв'язання задач термодинаміки та теплоенергетики), оцінювання ступені опрацювання матеріалу тем для самостійного вивчення (1 – часткове розуміння матеріалу, 2 – досконале розуміння матеріалу) та оцінювання виконання завдання для самостійної роботи (1 – уміння обрати розрахунковий метод для розв'язання поставленої задачі; 2 – розробка методики розв'язання поставленої задачі, 3 – часткове застосування розробленої методики; 4 – повне застосування методики з отриманням частково помилкових результатів, 5 – вирішення поставленої задачі в цілому, 6 – повне вирішення поставленої задачі з творчим аналізом отриманих результатів)

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50 – 100	Зараховано
1– 49	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Конспект лекцій
Перелік завдань і методичні матеріали для самостійної роботи

Основна література

1. Reay D. A., Macmichael D. B. A.. Heat Pumps. Elsevier Science & Technology Books, 1988 – 337 p.
2. Пономарчук І. А., Анохіна К. В.. Опалення. Практикум: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. – 61 с. ISBN 978-966-641-800-8.
3. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник / В. М. Арсеньєв, С. С. Мелейчук. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 364 с. ISBN 978-966-657-740-8.

Допоміжна література

4. Molskyi S., Molskyi O., Vorontsova A. Increasing the efficiency of a vapor compression refrigerating machine through adiabatic air cooling. Archives of Thermodynamics. 2025. Vol. 46, No 2. P. 123–132. doi.org/10.24425/ather.2025.154195.

5. Molskyi S. M., Molskyi O. S., Vorontsova A. L. Complex approach to the conversion of existing refrigeration systems to A2L group refrigerants. Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia. 2025. Vol. 28, No 1, P. 19–32.

6. Харлампіді Д. Х. Розрахунково-експериментальне дослідження спеціалізованих теплонасосних установок. дис. … канд. техн. наук: 05.14.06. Харків, 2000, ІПМаш НАН України. – 177 с.

7. Харлампіді Д. Х. Системно-структурний аналіз, діагностика та оптимізація парокомпресійних циклів з незворотними процесами термотрансформації. дис. … докт. техн. наук: 05.14.06. Харків, 2013, ІПМаш НАН України. – 396 с.

Інформаційні ресурси

1. Навчально-методичний комплекс навчальної дисципліни у сховищі Google Drive.
2. Мережа Internet.
3. Бібліотека ІЕМС НАН України.