

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський національний технологічний університет

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Низькопотенційна енергетика і теплонасосні технології

Вибіркова навчальна дисципліна

Мова навчання – українська

Освітньо-наукова програма Технічна теплофізика та промислова
теплоенергетика

Код та найменування спеціальності 144 «Теплоенергетика»

Шифр та найменування галузі знань 14 «Електрична інженерія»

Кваліфікація: Доктор філософії з теплоенергетики

Розглянуто, схвалено та затверджено
Методичною радою університету

РОЗРОБЛЕНО ТА ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ: кафедрою екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології Одеського національного технологічного університету

РОЗРОБНИК: Косой Борис Володимирович, професор кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології, професор

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології

Протокол від «09» серпня 2022 р. № 1

Завідувач кафедри ПІДПИСАНО Юрій СЕМЕНЮК

Розглянуто та схвалено методичною радою зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» галузі знань 14 «Електрична інженерія»

Голова ради ПІДПИСАНО Олександр ТІТЛОВ

Гарант освітньої програми ПІДПИСАНО Борис КОСОЙ

Розглянуто та схвалено Методичною радою університету

Протокол від «22» вересня 2022 р. № 1

Секретар Методичної ради університету ПІДПИСАНО Валерій МУРАХОВСЬКИЙ

ЗМІСТ

1	Пояснювальна записка.....	4
1.1	Мета та завдання навчальної дисципліни	4
1.2	Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти.....	4
1.3	Міждисциплінарні зв'язки.....	5
1.4	Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС.....	5
2	Зміст дисципліни:.....	6
2.1	Програма змістових модулів.....	6
2.2	Перелік практичних робіт.....	7
2.3	Перелік завдань до самостійної роботи.....	7
3	Критерії оцінювання результатів навчання.....	8
4	Інформаційне забезпечення.....	9

Пояснювальна записка

1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Низькопотенційна енергетика і теплонасосні технології» є ознайомлення студентів з сучасними проблемами та завданнями низькопотенційної енергетики, джерелами низькопотенційної енергії, конструкціями пристроїв, що перетворюють низькопотенційну енергію, в тому числі теплонасосними установками. Вивчення основних характеристик теплових насосів та можливих способів їх використання.

В результаті вивчення курсу «Низькопотенційна енергетика і теплонасосні технології» студенти мають

знати: джерела низькопотенційної теплоти та способи її перетворення на теплову та електричну енергію, типи теплообмінників залежно від використовуюваного джерела, компонування теплонасосних установок, джерела науково-дослідної інформації в галузі використання низькопотенційних теплових енергетичних ресурсів;

вміти: аналізувати термодинамічні цикли теплонасосних установок та приймати ефективні рішення щодо використання джерел низькопотенційної енергії, виконувати розрахунки апаратів теплонасосних установок при заданих параметрах та теплових навантаженнях.

1.2. Компетентності, які може отримати здобувач вищої освіти

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Низькопотенційна енергетика і теплонасосні технології» здобувач вищої освіти отримує наступні програмні компетентності та програмні результати навчання, які визначені в [Стандарті вищої освіти зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»](#) та [освітньо-науковій програмі «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика»](#) підготовки докторів філософії.

Загальні компетентності:

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 3. 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 .

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК 1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

СК 4. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

Програмні результати навчання:

ПРН 1. 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.

ПРН 4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН 5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН 6. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН 7. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН 9*. Розуміти прийоми математичного моделювання процесів перенесення теплоти та маси, що включають створення математичних моделей, що відбивають причинно-наслідкові зв'язки явищ; дослідження математичних моделей, рішення наукових задач.

1.3. Міждисциплінарні зв'язки

Попередні – Методологія наукових досліджень, Філософія пізнання, послідовні – Методи дослідження процесів теплообміну в суцільних, дисперсних та багатофазних середовищах, педагогічна практика.

1.4. Обсяг навчальної дисципліни в кредитах ЄКТС

Навчальна дисципліна викладається на 2 курсі у 3 семестрі для денної та заочної форми навчання

Кількість кредитів ECTS - 6, годин - 180

Аудиторні заняття, годин:	всього	лекції	лабораторні	практичні
денна	30	20	-	10
заочна	10	6	-	4
Самостійна робота, годин	Денна - 150		Заочна - 170	

2. Зміст навчальної дисципліни

2.1. Програма змістовних модулів

Змістовий модуль 1: Використання низькотемпературних джерел енергії

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	<i>Класифікація джерел енергії. Традиційні та нетрадиційні способи отримання енергії. Сучасні проблеми використання відновлюваних джерел енергії у світі</i>	2	0,25
2	<i>Вторинні енергетичні ресурси. Класифікація. Використання низькопотенційних теплових вторинних енергетичних ресурсів у технологічних процесах</i>	2	0,25
3	<i>Джерела низькопотенційної енергії. Їх характеристика та основні схеми застосування низькопотенційної теплової енергії</i>	2	0,5
4	<i>Принципи підвищення теплового потенціалу низькопотенційної теплової енергії. Термодинамічні цикли.</i>	2	0,5
5	<i>Методи аналізу циклів, термодинамічні та термoeкономічні критерії ефективності</i>	2	0,5

Змістовий модуль 2: Теплонасосні технології

№ теми	Зміст теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Класифікація теплових насосів. Термодинамічні основи роботи теплонасосних установок.	2	1
2	Раціональний вибір теплонасосної установки з урахуванням необхідної теплової потужності, добового графіку споживання та наявного джерела низькопотенційної енергії.	2	1
4	Сучасні типи парокомпресійних теплових насосів. Робочі речовини. Енергетична ефективність.	2	1
3	Підвищуючі та знижувальні абсорбційні термотрансформатори. Принцип дії та особливості конструкції.	2	0,5
5	Системи акумулювання та транспортування теплоти. Застосування теплових насосів у різних галузях.	2	0,5
	<i>Разом з дисципліни</i>	20	6

2.2. Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість годин	
		денна	заочна
1	<i>Схемні рішення та аналіз циклу парокомпресійного теплового насосу</i>	2	1
2	<i>Визначення холодо- та теплопродуктивності ТНУ типу «повітря-повітря»</i>	2	1
3	<i>Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі від ґрунту до теплоносія. Режим кондиціювання та теплопостачання.</i>	2	1
4	<i>Утилізація низькопотенційної теплоти. Визначення теплового коефіцієнта циклу теплового насосу. Визначення кількості низькопотенційної теплоти, що відбирається у навколишнього середовища.</i>	2	0,5
5	<i>Дослідження температурних режимів та теплоперенесення в тепло-обмінних апаратах парокомпресійного теплового насосу</i>	2	0,5
	Всього	10	4

2.3. Перелік завдань до самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	<i>Опрацювання лекційного матеріалу</i>	20	20
1.1	<i>Фізичні основи перетворення низькопотенційної енергії.</i>	5	5
1.2	<i>Принцип дії та теоретичний процес роботи одноступінчастого та двоступінчастого парокомпресійних теплових насосів.</i>	5	5
1.3	<i>Енергетична ефективність парокомпресійних теплових насосів</i>	5	5
1.4	<i>Загальна характеристика та принцип дії абсорбційного термотрансформатора.</i>	5	5
2	<i>Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції</i>	40	40
2.1	<i>Компресійні, газо-компресійні, сорбційні, абсорбційні, адсорбційні та інші теплові насоси. Відкриті та замкнуті цикли.</i>	10	10
2.2	<i>Вибір основних елементів теплонасосної установки.</i>	10	10
2.3	<i>Схема, теоретичний цикл, принцип дії та основні процеси абсорбційного бромистолітєвого понижуючого термотрансформатора</i>	10	10
2.4	<i>Критерії термодинамічної досконалості дійсних циклів теплових насосів та термотрансформаторів.</i>	10	10
3	<i>Виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань</i>	80	100
3.1	<i>Оцінка енергоекономічних показників теплонасосних</i>	15	20

	<i>установок.</i>		
3.2	<i>Вивчення можливих систем використання теплонасосних установок: опалення, гарячого водопостачання, підігріву водних басейнів, охолодження, акумулювання та змішані.</i>	15	20
3.3	<i>Вибір системи опалення: повітряне, опалення підлоги, теплові завіси та вибір основних елементів теплонасосної установки.</i>	15	20
3.4	<i>Зв'язок роздільних та поєднаних прямого та зворотного термодинамічних циклів. Термічний ККД прямого циклу, холодильний коефіцієнт зворотного циклу, тепловий коефіцієнт.</i>	15	20
3.5	<i>Моделювання парокомпресійних теплових насосів та розрахунку їх характеристик.</i>	20	20
4	<i>Підготовка та складання контрольних заходів</i>	10	10
	Всього	150	170

3. Критерії оцінювання результатів навчання

Види контролю: поточний, підсумковий – екзамен

Нарахування балів за виконання змістового модуля

Вид роботи, що підлягає контролю	Оцінні бали		Форма навчання					
			денна			заочна		
	<i>min</i>	<i>max</i>	К-ть робіт	Сумарні бали		К-ть робіт	Сумарні бали	
				<i>min</i>	<i>max</i>		<i>min</i>	<i>max</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Змістовий модуль 1. Використання низькотемпературних джерел енергії								
Робота на лекціях	1	2	5	5	10	1	1	2
Виконання практичних робіт	1,5/5	2/10	2	3	6	1	5	10
Опрацювання тем, не винесених на лекції	2/3	5/6	4	8	20	4	12	24
Підготовка до практичних занять	1	2/4	2	2	4	1	1	4
Виконання індивідуальних завдань	2,4/3	4/6	5	12	20	5	15	30
Проміжна сума				30	60		30	60
Поточний контроль (тестовий)				15	20		15	20
Модульний контроль				15	20		15	20
Оцінка за змістовий модуль 1				60	100		60	100

Змістовий модуль 2. Інтенсифікація теплообміну в теплообмінних апаратах								
Робота на лекціях	1	2/1,5	5	5	10	2	2	3
Виконання практичних робіт	1,3/4	2,3/5	3	4	7	1	4	5
Опрацювання тем, не винесених на лекції	1,5/2	5	4	6	20	4	8	20
Підготовка до практичних занять	1	2	3	3	6	1	1	2
Виконання індивідуальних завдань	1,5/3	3/6	4	6	20	5	15	30
Проміжна сума				30	60		30	60
Поточний контроль (тестовий)				15	20		15	20
Контроль результатів дистанційного модулю				15	20		15	20
Оцінка за змістовий модуль 2				60	100		60	100

4. Інформаційні ресурси

Базові (основні):

1. 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.
2. Редько А. О., Безродний М. К., Загорученко М. В., Ратушняк Г. С., Редько О. Ф., Хмельнюк М. Г. Низькопотенційна енергетика. Навчальний посібник (Під редакцією академіка НАНУ А. А. Долинського), Харків: Видавництво «Друкарня Мадрид», 2016. – 412с.
3. Безродний М.К., Пуховий І.І., Кутра Д.С. Теплові насоси та їх використання. Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
4. Безродний М.К., Притула Н.А. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання. Монографія. – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – 208 с.
5. Арсен'єв В. М. Теплонасосна технологія енергозбереження : навчальний посібник / В. М. Арсен'єв. – Суми : СумДУ, 2011. – 283 с.
6. 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.
7. Пісарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки: Навч. посібник. – Київ: КНУБА, 2002. – 124с.

Додаткові :

1. Ткаченко С.Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання: моног. / С.Й. Ткаченко, О.П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 176 с.
2. Ратушняк Г.С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела тепlopостачання: навч. посіб./ Г. С. Ратушняк, В.В. Джеджула , К. В. Анохіна – Вінниця: ВНТУ, 2010
3. Боженко М.Ф. Енергозбереження в тепlopостачанні: навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 268с.
4. Басок Б.І. Комплексна модернізація типової системи тепlopостачання будівлі на основі використання теплового насосу типу «повітря вода» / [Б.І. Басок, Т.Г. Беляєва, А.Р. Коба, та ін.] // Промислова теплотехніка. – 2009. – Т. 31, № 7. – С. 19–21.