



ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ. КОГЕНЕРАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. АДАПТАЦІЯ ДО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ КЛІМАТУ.

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ЄКТС (лекційні заняття – 16 год., практичні заняття – 10 год., лабораторні – 4 год., СРС – 120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Басок Борис Іванович, borys.basok@gmail.com д.т.н., ст. наук. співр, Дубовський Сергій Васильович, s.w.dubovskoy@gmail.com
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Теплонасосні технології. Когенераційні технології. Адаптація до глобального потепління клімату» дозволить отримати теоретичні знання та практичні навички з дослідження і практичного застосування теплонасосних та когенераційних технологій і устаткування для їх реалізації, а також із впливу енергетики на глобальне потепління клімату, протидії йому та адаптації до пагубних змін клімату, в т.ч. за рахунок заходів з підвищення енергоефективності. Ці знання дадуть змогу аспірантам самостійно складати та застосовувати на практиці технології теплових насосів та когенерації, проводити теплофізичний аналіз процесів в них, складати розрахункові схеми та виконувати обробку результатів досліджень. Окрім цього аспіранти опанують знання про причини, механізми та наслідки впливу енергетики на глобальне потепління та можливі варіанти зменшення цього впливу або адаптації до нього. Програма навчальної дисципліни «Теплонасосні технології. Когенераційні технології. Адаптація до глобального потепління клімату» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Метою навчальної дисципліни «Теплонасосні технології. Когенераційні технології. Адаптація до глобального потепління клімату» є ознайомлення аспірантів другого року навчання з загальними основами досліджень процесів використання теплоти та електроенергії,

методами розрахунку високоефективних виробництв теплової та електричної енергії, розроблення та впровадження заходів з енергоефективності та енергозбереження.

Предметом навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок з розробки заходів з енергозбереження та енергоефективності на основі використання високоефективних теплових насосів, високоефективного когенераційного виробництва теплоти та електрики і завдяки цьому в певній мірі протидіяти глобальному потеплінню клімату, в т.ч. зумовленого енергетичною галуззю.

Компетентності:

ІК Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

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

СК1 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів

СК53 Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

Програмні результати навчання:

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

ПРН5 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми

ПРН6 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

ПРН8 Створювати методичне забезпечення, організовувати та проводити викладання професійно-орієнтованих дисциплін теплоенергетики на рівні, що відповідає вимогам вищої школи

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

До початку вивчення дисципліни аспіранти повинні щонайменше мати базові знання з основ інженерії, систем розподілу електричної та теплової енергії та керування ними, інформаційних технологій в системах енергопостачання, базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2. Компетентності та програмні результати навчання, одержані в процесі вивчення дисципліни, є необхідними для подальшого якісного виконання аспірантами індивідуальних

наукових досліджень та складання дисертаційної роботи на здобуття вченого ступеня доктора філософії.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Енергоефективність, поняття та визначення. Стан законодавства України та ЄС в області енергоефективності. Загальне постачання первинної енергії в Україні та у світі. Показник енергоефективності EROEI. Кінцеве енергоспоживання.

Тема 2. Енергоефективність промисловості. Енергетичні стратегії України. Базові показники енергоефективності. Національний план з енергетики та клімату в Україні до 2030 року. «Зелений» курс енергетики ЄС. Сценарії МЕА по розвитку світової енергетики до 2050 року.

Тема 3. Кіотський протокол, Паризька угода, Кліматичний пакт Глазго, Монреальський протокол, Куньмін-Монреальська глобальна рамкова програма. Планетарні кордони стійкості розвитку.

Тема 4. Теплонасосний центр ІТТФ НАН України. Парокомпресійні теплові насоси, робочі тіла.

Тема 5. Абсорбційні теплові насоси.

Тема 6. Перспективи розвитку теплових насосів.

Тема 7. Високоєфективні когенераційні технології на основі газопоршневих двигунів.

Тема 8. Високоєфективні когенераційні технології на основі газових турбін. Мікротурбінні когенераційні технології.

Тема 9. Когенераційні технології на основі промислових та супутніх газів.

Тема 10. Світове виробництво енергії та процеси нагрівання довкілля.

Тема 11. Світові викиди парникових газів. Зростання концентрації CO₂».

Тема 12. Причини і механізми потепління клімату.

Тема 13. Політики запобігання потеплінню клімату, зменшення його негативному впливу та адаптації до нього.

Тема 14. Декарбонізація світової і регіональної енергетики. Сценарії МЕА. Перспективні енергетичні технології.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Дубовський С.В. Енергетика і глобальне потепління. Київ. Наукова думка. 2023. 170 с. ISBN 978-966-00-1841-9

2. Басок Б.І., Новосельцев О.В., Дубовський С.В., Базєєв Є.Т. Теплозабезпечення населених пунктів. Енергоефективність, інновації, енергоменеджмент – Київ: Наукова думка. – 2020. – 243 с. ISBN 978-966-1721-4.

3. Карп І.М., Нікітін Є.Є., Басок Б.І., Дубовський С.В. та ін. Стан та шляхи розвитку систем централізованого теплопостачання в Україні / Київ, Наукова думка, т. 2, 2022. 200 с. ISBN 978-966-00-1828-8.

4. Організаційно–економічні механізми модернізації теплоенергетики України /під ред. Баска Б.І. - К.: - 2015. - 338 с. ISBN 978-617-7152-33-9.

5. 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. ISBN 978-966-657-740-8.

https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/70532/1/Arseniev_teplovi.pdf;jsessionid=CC57AC2CEE782289E8CFA8E42413AB

6. Теплові насоси та їх використання: навч. посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра. – Київ.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
7. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: моногр. / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 208 с.
8. Energy Technology Perspectives. 2023. 464 p.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/a86b480e-2b03-4e25-bae1-da1395e0b620/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf>
9. The Future of Heat Pumps, 2022. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps>
10. НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЛАН З ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЛІМАТУ на період до 2030 року. 2024 р. 450 с.
<https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=17f558a7-b4b4-42ca-b662-2811f42d4a33&title=NatsionalniiPlanZEnergetikiTaKlimatuNaPeriodDo2030-Roku>
11. Басок Б.И., Резакова Т.А., Коломейко Д.А., Матвеев Ю.Б. Когенерация в децентрализованной и возобновляемой энергетике. - Киев, 2013. - 408 с.
12. Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія / В. А. Маляренко, О. Л. Шубенко, С. Ю. Андреев, М. Ю. Бабак, О. В. Сенецький / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А. М. Підгорного. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 454 с. ISBN 978-966-695-448-3. <https://core.ac.uk/download/pdf/162019489.pdf>
13. КОГЕНЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ С ТЕПЛОВИМИ ДВИГУНАМИ Довідковий посібник у 3-х частинах. Клименко В.М., Мазур А.І., Сігал О.І.; за редакцією А.І. Мазура.
- Часть 1: Общие вопросы когенерационных технологий. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.: ил. 231 + 26 (з), табл. 121 + 5 (з). ISBN 978-966-8449-26-0.
https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/12/T1_zagalni_pytannia_kogeneratsiinyh_tehnologii.pdf.
- Часть 2: Газотурбинные когенерационные технологии. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2011. – 792 с.: ил. 434 + 34 (з), табл. 153 + 5 (з), список лит. – 217 назв. ISBN 978-966-8449-27-7.
https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/12/T2_gazoturbinni_kogeneratsiini_tehnologii_07.2011.pdf
- Часть 3: Инновационные технологии для когенерации / В. Н. Клименко, А. И. Мазур, Е. Н. Письменный и др. // Институт технической теплофизики НАН Украины. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2016 – 528 с.: ил. 292, табл. 124. ISBN 978-966-8449-28-4.
https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/12/T3_innovatsiini_tehnologii_dlia_kogeneratsii.pdf
14. Iea. Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector. May 2021. 224 p.
https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
15. Дубовський С.В. Енергоекономічний аналіз сполучених систем генерації електричної енергії і теплоти. К.- Наукова думка.- 2014.-с. 186.
16. Енергозбереження. Енергоемність технологічного процесу вироблення електричної та теплової енергії, які відпущені від газопоршневої когенераційної установки. Методика визначення. ДСТУ 8290:2015 – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 35 с.
17. Енергозбереження. Енергоемність технологічного процесу вироблення електричної та теплової енергії, які відпущені від газотурбінної когенераційної установки. Методика визначення. ДСТУ 8291:2015 – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 35 с.
18. Басок Б.І. , Дубовський С.В., Твердохліб А.С. Енергетична ефективність комбінованого виробництва теплоти і холоду. - Доповіді Національної академії наук України -2018. -№4.-с.47-53.

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 20 годин лекцій, 10 годин практичних занять.

Практичні заняття з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття аспірантами умінь і досвіду застосовувати на практиці методів аналізу, розрахунку та вдосконалення повітряно-теплогового режиму в будівлях та спорудах.

Методи та форми навчання включають лекції та практичні заняття. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими технологіями: візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Енергоефективність, поняття та визначення. Стан законодавства України та ЄС в області енергоефективності. Загальне постачання первинної енергії в Україні та у світі. Показник енергоефективності EROEI. Кінцеве енергоспоживання Література [1, 2]
2	Енергоефективність промисловості. Енергетичні стратегії України. Базові показники енергоефективності. Національний план з енергетики та клімату України до 2030 року. «Зелений» курс енергетики ЄС. Сценарії МЕА по розвитку світової енергетики до 2050 року. Література [1, 2, 3, 4]
3	Київський протокол, Паризька угода, Кліматичний пакт Глазго, Монреальський протокол, Куньмін-Монреальська глобальна рамкова програма. Планетарні кордони стійкості розвитку. Література [1]
4	Парокомпресійні теплові насоси. Ідеальний та реальний теплонасосний цикл. Література [5, 6, 7]
5	Парокомпресійні теплові насоси. Ексергетичний аналіз. Комбіноване виробництво теплоти і холоду. Література [5, 6, 7]
6	Робочі тіла парокомпресійного теплового насоса. Двоступеневі теплові насоси. Література [5, 6, 7]
7	Теплові насоси на базі діоксиду вуглецю. Транскритичні цикли теплового насоса на CO ₂ . Джерела низькопотенційної енергії. Література [5, 6, 7]
8	Абсорбційний тепловий насос. Бромісто-літієвий тепловий насос. Література [5, 6, 7]
9	Перспективи та перешкоди розвитку теплових насосів в світі та в Україні. Література [8, 9]
10	Децентралізація теплозабезпечення кінцевого споживача та підвищення його стійкості в кризових умовах. Повоєнне відновлення енергетичної інфраструктури

	України. Література [10]
11	Високоефективні когенераційні технології на основі газопоршневих двигунів. Література [11, 12, 13]
12	Високоенергоефективне теплозабезпечення. Високоенергоефективна когенерація: критерії, підходи і механізми реалізації. Література [11, 12, 13]
13	Високоефективні когенераційні технології на основі газових турбін. Мікротурбінні когенераційні технології. Література [11, 12, 13]
14	Когенераційні технології на основі промислових та супутніх газів. Література [11, 12, 13]
15	Світові викиди парникових газів. Зростання концентрації CO ₂ . Література [1]
16	Причини і механізми потепління клімату. Література [1]
17	Політики запобігання потеплінню клімату, зменшення його негативному впливу та адаптації до нього. Література [1]
18	Декарбонізація світової і регіональної енергетики. Сценарії МЕА. Перспективні енергетичні технології. Література [14]

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Методика розрахунку теоретичного одноступеневого циклу парокомпресорного теплового насоса з регенеративним теплообмінником. Література [5, 6, 7]
2	Пароежекторні теплові насоси. Розрахунок пароежекторного ТН на діоксиді вуглецю. Література [5, 6, 7]
3	Методика розрахунку теоретичного циклу абсорбційного бромистолітієвого термотрансформатора. Література [5, 6, 7]
4	Розрахунок економічної ефективності застосування когенераційних технологій у системах автономного теплопостачання. Література [11, 12, 13, 14-18]
5	Розрахунок економічної ефективності застосування когенераційних технологій у системах автономного електропостачання. Література [11, 12, 13, 14-18]

2. Самостійна робота аспіранта

Завданням самостійної роботи аспірантів є навчити аспірантів самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його.

На самостійну роботу відводяться наступні види завдань:

- обробка і осмислення інформації, отриманої безпосередньо на заняттях;
- робота з відповідними підручниками та особистим конспектом лекцій;
- підготовка до складання заліку.

Політика та контроль

3. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- відвідування лекцій та практичних занять
- активність на практичних та лекційних заняттях, регулярна самостійна робота
- дотримання стандартів академічної доброчесності.
- відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, аспірантам рекомендується відвідувати усі види занять (як лекцій, так і практичних занять);
- Moodle та інші інтернет ресурси, що надає викладач, тощо.

4. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття

Контроль на практичних заняттях: оцінка якості виконання практичних завдань

Семестровий контроль: залік

Поточний контроль: опитування за темою лекції. Максимальна кількість балів – 25.

Контроль на практичних заняттях.

Максимальна кількість балів – 35.

Семестровий контроль.:

Екзамен – 40 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

5. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);
- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн-курсів за відповідною тематикою;
- інша інформація для аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:



Чл.-кор. НАН України, доктор технічних наук, проф. Б.І. Басок

Ухвалено Вченою радою ІТТФ НАН України (протокол № 7 від 11 квітня 2024 року)