



ПІДБІР ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 Теплоенергетика
Освітня програма	ОНП Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	2,5 кредитів, 75 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	Лекційні заняття – один раз на два тижні; практичні заняття – один раз на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: укр.мова - к.т.н, доц. Притула Наталя Олександрівна, npritula@ukr.net Практичні: к.т.н, доц. Притула Наталя Олександрівна, npritula@ukr.net
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/

Програма навчальної дисципліни

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

Мета навчальної дисципліни є вивчення стану облаштування сучасних систем теплопостачання в Україні в порівнянні з ситуацією в розвинутих країнах Європейського союзу та Америки, які охоплюють джерела теплоти, трубопровідні мережі транспорту теплоносіїв, основні схеми теплопостачання житлових, громадських/промислових будівель та промислових підприємств, конструкції устаткування цих систем і методи їх розрахунків і проектування. Розробка та застосування теплонасосної технології в системах теплопостачання з використанням систем графічного проектування AutoCad. Вивчення принципових схем теплонасосних систем теплопостачання з використанням різних джерел теплоти та проведення аналізу їх термодинамічної чи енергетичної ефективності. Аналіз оптимальних умов роботи теплонасосних систем теплопостачання.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які студент набуває після вивчення дисципліни:

ЗК 1 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

- ЗК 2** *Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.*
- ЗК 3** *Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.*
- ФК 1** *Здатність розробляти, застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.*
- ФК 4** *Здатність управляти робочими процесами та приймати ефективні рішення у сфері теплоенергетики, беручи до уваги соціальні, економічні, комерційні, правові, та екологічні аспекти.*
- ФК 6** *Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик. Здатність приймати рішення щодо матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетиці з урахуванням їх властивостей та характеристик.*

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Високотемпературні теплотехнологічні процеси та установки» мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- 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.*
- ПРН3** *Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, тощо) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.*
- 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.*
- ПРН7** *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.*

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

Освоєння матеріалу дисципліни базується на попередньому вивченні теоретичних дисциплін («Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Гідродинаміка»), а також прикладних дисциплін, «Тепломасообмінні процеси і установки», «Використання вторинних енергоресурсів», «Теплові насоси і їх використання. Отримані знання будуть корисними при проведенні власних наукових досліджень в рамках запланованої дисертації, а також в подальшій професійній діяльності при виконанні проектів розробки ефективних холодильних і теплонасосних технологій в галузі низькопотенційної енергетики.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ в дисципліну

Тема 1.1 Світовий і європейський досвід реформування систем теплозабезпечення

Тема 1.2 Стан системи тепlopостачання в Україні

Розділ 2. Стратегічні орієнтири реформування теплоенергетичної галузі

Тема 2.1 Напрямки вдосконалення тарифної політики у сфері тепlopостачання

Розділ 3. Технічна та технологічна модернізація систем теплозабезпечення.

Тема 3.1 Техніко-економічні передумови та перспективи розвитку теплонасосних систем тепlopостачання.

Розділ 4. Перспективи впровадження НВДЕ та енергоощадних проектів у теплоенергетиці.

Тема 4.1 Пріоритетні завдання політики теплозабезпечення України.

Розділ 5. Особливості використання відновлюваних джерел теплоти в теплонасосних системах тепlopостачання.

Тема 5.1 Оптимальний ступінь використання теплоти атмосферного повітря

Тема 5.2 Оптимальний ступінь використання теплоти вентиляційних викидів

Тема 5.3 Оптимальний ступінь теплоти природної або скидної води

Тема 5.4 Оптимальний ступінь використання теплоти ґрунту

Розділ 6. Аналіз термодинамічної ефективності комбінованих теплонасосних схем опалення та вентиляції

Розділ 7. Аналіз термодинамічної ефективності теплонасосних схем опалення з використанням сонячної енергії та теплоти ґрунту

Розділ 8. Аналіз термодинамічної ефективності теплонасосних схем для гарячого водопостачання

Розділ 9. Особливості використання низькотемпературних вторинних енергоресурсів в теплонасосних системах тепlopостачання

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. 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.
2. Безродний М.К., Пуховий І.І., Кутра Д.С. Теплові насоси та їх використання. Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.
3. Безродный М.К., Кутра Д.С. Эффективность применения тепловых насосов в установках сушки древесины. Монография. – Киев: «Політехніка», 2011. – 240 с.
4. Безродний М.К., Притула Н.О. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем тепlopостачання. Монографія. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 272 с.

5. Безродний М.К., Кутра Д.С. Ефективність теплонасосних систем кондиціювання повітря. Монографія. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 172 с.

Допоміжна література

6. *European Heat Pump Association (EHPA) [Електронний ресурс] // Режим доступу – <http://www.ehpa.org/>.*
7. *Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 177 с.*
8. *Рей Д. Тепловые насосы / Рей Д., Макмайкл Д. – М: Энергоиздат, 1982.–217 с.*
9. *Морозюк Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов / Т. В. Морозюк. – Одесса: Студия «Негоциант», 2000. – 712 с.*
10. *Мартыновский В. С. Тепловые насосы. / В. С. Мартыновский. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 192 с.*
11. *ДСТУ ISO 13256-1:2004 Теплові насоси з водяним джерелом. Випробування та оцінювання номінальних характеристик [Текст]. – Чинний від 01.05.2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 34 с.*
12. *ДСТУ ISO 13256-2:2004 Теплові насоси з водяним джерелом. Випробування та оцінювання номінальних характеристик [Текст]. – Чинний від 01.05.2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 16 с.*
13. *Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с.*
14. *Довідник будівельника теплових мереж. Під. редактув. Захаренко С.Е. –М.: “Енергоатомвидав”, 1984, -210 с.*
15. *Налагодження систем центрального теплопостачання. Довідник. Під ред. Сорокіна І.М. та інш. –М.: “Енергоатомвидав”, 1979, -190 с.*
16. *Методичні вказівки до розрахунку систем централізованого теплопостачання на ЕОМ. Склали: Скловська Є.Г., Биндюк А.І., -К.: “КПІ”, 1987, -35с.*
17. *Боженко М. Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч.посіб. / М. Ф. Боженко, В. П. Сало. – К.: «Політехніка», 2004. – 192 с.*
18. *Боженко М. Ф. Енергозбереження в теплопостачанні: Навч.посіб. / М. Ф. Боженко, В. П. Сало.– К. :НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.*

Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Вступ до дисципліни. Світовий і європейський досвід реформування систем теплозабезпечення. Стан системи теплопостачання в Україні Література: [1, 2, 3, 4].
2	Стратегічні орієнтири реформування теплоенергетичної галузі. Напрямки вдосконалення тарифної політики у сфері теплопостачання Література: [1, 2, 3].

3	Технічна та технологічна модернізація систем теплозабезпечення. Техніко-економічні передумови та перспективи розвитку теплонасосних систем тепlopостачання. Література: [1, 2, 3].
4	Перспективи впровадження НВДЕ та енергоощадних проектів у теплоенергетиці. Пріоритетні завдання політики теплозабезпечення України. Література: [1, 2, 3, 4]
5	Особливості використання відновлюваних джерел теплоти в теплонасосних системах тепlopостачання. Оптимальний ступінь використання нижніх джерел енергії Література: [1, 2, 3, 4]
6	Аналіз термодинамічної ефективності комбінованих теплонасосних схем опалення та вентиляції Література: [1, 2, 3, 4]
7	Аналіз термодинамічної ефективності теплонасосних схем опалення з використанням сонячної енергії та теплоти ґрунту Література: [1, 2, 3, 4]
8	Аналіз термодинамічної ефективності теплонасосних схем для гарячого водопостачання Література: [1, 2, 3]
9	Особливості використання низькотемпературних вторинних енергоресурсів в теплонасосних системах тепlopостачання Література: [1, 2, 3]

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті студентами умінь виконувати самостійно визначення теплового навантаження систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання; теплові, аеро- та гідромеханічні розрахунки обладнання систем тепlopостачання, підбирати за довідниками основне і допоміжне обладнання, а також у набутті відповідного досвіду у вирішенні цих питань.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Налаштування робочого простору в AutoCad для проектування ТНС тепlopостачання. Література: [1-5, 13].
	Принципи 3D побудови та інструменти редагування для проектування ТНС тепlopостачання. Література: [1-5, 13].
3	Розрахунки теплоспоживання абонентів. (Опалення, вентиляція ГВП) Література: [14-18]. Завдання на СРС: Повторити тему «Теплоспоживання»
4	Вибір обладнання теплових пунктів. (змішувальні вузли, проміжні підігрівачі, підігрівачі системи ГВП, насоси). Література: [14-18]. Завдання на СРС: Повторити тему «Обладнання теплових пунктів»
5	Оптимальні характеристики ґрунтових теплообмінників для теплонасосних систем опалення Література: [2-4, 10-12].
6	Ефективність теплонасосних систем повітряного опалення і вентиляції з різними засобами утилізації вентиляційних викидів Література: [1-5, 7-10].
7	Застосування теплового насоса для глибокої утилізації теплоти відхідних газів котлів Література: [2-4, 8,9, 13].

8	Підвищення ефективності роботи теплонасосної системи для вентиляції та кондиціонування виробничого приміщення з вологовиділенням Література: [2-4, 7-10].
9	Заключне заняття.

6. Самостійна робота аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Особливості використання низькотемпературних джерел енергії в теплонасосних системах тепlopостачання Література: [1-5, 13].	5
2	Теплонасосні системи тепlopостачання з використанням сонячної енергії Література: [1-13].	5
3	Ефективність застосування теплових насосів в системах тепlopостачання різних об'єктів Література: [2-4, 6-10].	5
4	Теплові насоси в промислових технологіях Література: [2-4, 7, 13].	5
5	Експлуатація та підвищення ефективності використання теплових насосів Література: [1-13].	5
6	Підготовка до підсумкового контролю засвоєння навчальної дисципліни	9
	Всього	39

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- штрафні та заохочувальні бали:
 - відсутність на практичному занятті без поважної причини - мінус 5 балів;
 - участь тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

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

Види контролю знань аспірантів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР.

Рейтинг студента з освітнього компоненту складається з балів, які він отримує за:

- 1) чотири відповіді в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 4 студентів; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти лекційних занять (18 годин) отримуємо: $4 \cdot 18 / 10 \approx 4$ відповіді);

- 2) чотири відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 4 студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти практичних заняттях (18 годин) отримуємо: $4 \cdot 9/10 \approx 4$ відповіді);
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал — 5. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 5 \text{ балів} \times 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **3...4 балів** — відповідь має несуттєві похибки; **0...2 бали** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_2 = 5 \text{ балів} \times 4 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **3...4 балів** — відповідь має несуттєві похибки; **0...2 бали** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів студента 50 (видається п'ять завдань на СРС, строк задачі завдання – не пізніше ніж через два тижні після видачі): $r_4 = 10 \text{ балів} \times 5 = 50$ бали. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

10 балів – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; **9-7 балів** – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь з незначними неточностями; **6-3 бали** – не в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; **0-2 бал** – не вчасно надана відповідь або ненадана відповідь.

Штрафні бали:

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – -3 бал.

Заохочувальні бали

- участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозиумах – 5 балів.

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал кожної частини – 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4 = 10 \times 1 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

10 балів – повна вірна відповідь на завдання; **7..9 бали** – відповідь має несуттєві похибки; **6-3 бали** – неповна відповідь; **0-2 бали** – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

Сума максимальних вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає :

$$R = R_C = \sum r_k = 5 \times 4 + 5 \times 4 + 10 \times 5 + 10 = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингова оцінка студента з кредитного модуля формується як сума рейтингових балів r_k , а також заохочувальних/штрафних балів r_s :

$$R_D = \sum r_k + \sum r_s$$

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з кредитного модуля менше 0,4R ($R_D < 40$), зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до заліку і мають академічну заборгованість.

Студенти, що набрали протягом семестру необхідну кількість балів ($40 \leq R_D < 60$ балів) зобов'язані виконувати залікову контрольну роботу.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни $R_D \geq 60$ мають можливості:

отримати залікову оцінку відповідно набраного рейтингу «автоматом»;

виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки;

у разі отримання оцінки, більшої ніж «автоматом» з рейтингу, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи;

у разі отримання оцінки, меншої ніж «автоматом» з рейтингу, попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку тільки за результатами залікової контрольної роботи;

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц. Притулою Наталею Олександрівною

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 14 від 24.06.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № 10 від 25.06.2020р.)