

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут будівництва і архітектури
Кафедра теплогазопостачання,
вентиляції та санітарної техніки

03-02-441М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни «Використання вторинних та
відновлюваних енергоресурсів у системах
теплогазопостачання і вентиляції» для здобувачів вищої
освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Теплогазопостачання і вентиляція» спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання



РЕКОМЕНДОВАНО
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 8
від 27 червня 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Використання вторинних та відновлюваних енергоресурсів у системах теплогазопостачання і вентиляції» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Теплогазопостачання і вентиляція» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання. [Електронне видання] / Проценко С. Б. – Рівне : НУВГП, 2024. – 22 с.

Укладач: Проценко С. Б., к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Відповідальний за випуск: Кізеєв М. Д., завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Керівник групи забезпечення ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Кізеєв М. Д.

З М І С Т

Передмова	3
Завдання до практичних занять та самостійної роботи	4
Практичне заняття № 1. Проектування пасивних систем сонячного теплопостачання	4
Практичне заняття № 2. Розрахунок пасивних систем сонячного теплопостачання	7
Практичне заняття № 3. Проектування активних систем сонячного теплопостачання	9
Практичне заняття № 4. Розрахунок активних систем сонячного теплопостачання	11
Практичне заняття № 5. Проектування та розрахунок геотермальних систем вентиляції і теплопостачання	13
Практичне заняття № 6. Проектування систем акумуляування енергії відновлюваних джерел	15
Практичне заняття № 7. Проектування систем рекуперації теплової енергії	17
Література	19

ПЕРЕДМОВА

Мета викладання освітнього компонента «Використання вторинних та відновлюваних енергоресурсів у системах теплогазопостачання і вентиляції» полягає у формуванні в студентів теоретичних знань та практичних навичок розрахунку і проектування систем теплогазопостачання і вентиляції (ТГВ) з використанням джерел вторинної та відновлюваної енергії. Завданням викладання даної навчальної дисципліни є теоретична і практична підготовка з таких питань: основні положення та вимоги державних норм і стандартів до використання вторинних і відновлюваних енергоресурсів; класифікація та характеристики цих енергоресурсів; принципи роботи, призначення, конструкції та основи проектування систем використання вторинних і відновлюваних енергоресурсів у системах ТГВ.

Освітній компонент розміщений на навчальній платформі Moodle за таким посиланням: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=1779>.

Силабус освітнього компонента (03-02-39S) розміщений у цифровому репозиторії НУВГП за таким посиланням: <https://ep3.nuwm.edu.ua/27186/>.

Викладання освітнього компонента передбачає проведення лекційних і практичних аудиторних занять та самостійну роботу студентів. Під час лекційних і практичних занять використовуються мультимедійні презентації та навчальні відеофільми, роздатковий матеріал, приклади реальних проєктів, інформаційні стенди та обладнання спеціалізованих аудиторій кафедри теплогазопостачання, вентиляції і санітарної техніки НУВГП, комп'ютерні класи університету.

В цих Методичних вказівках наведені мета, зміст, практичні завдання та методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи студентів, перелік рекомендованої навчально-методичної літератури та інших інформаційних матеріалів з посиланнями на їхнє розташування в мережі Інтернет.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Проектування пасивних систем сонячного теплопостачання

Мета заняття

1. Познайомитися з основними типами пасивних геліосистем та навчитися проектувати пасивні системи сонячного теплопостачання, в тому числі геліосистеми з використанням стіни Тромба.

2. Познайомитися з інноваційними проектними рішеннями та конструкціями будівель з біоадаптивною оболонкою, а також з новітніми будівельними матеріалами, що дозволяють ефективно використовувати відновлювані джерела енергії: інтегровані фотоелектричні будівельні матеріали, будівельні скляні блоки з вбудованими сонячними панелями тощо.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Типи пасивних геліосистем:
 - системи прямого опромінення (з прямим уловлюванням сонячного випромінювання, з прибудованою теплицею, з дахом-вловлювачем тепла з вентилятором, з повітряним колектором);
 - системи з непрямым уловлюванням сонячного випромінювання (пасивна геліосистема з теплоакumuлюючою стіною, стіна Тромба-Мішеля, система з інсолюванням об'ємом – оранжереєю, теплицею, щебеневим або гравійним акумулятором теплоти з повітряним теплоносієм тощо);
 - системи типу «наповнена водою стіна» (стіни з водозаповнених контейнерів, система типу «термічний діод», стіни, що по чергово заповнюються водою, яку перекачує насос);
 - покриття з водяним акумулятором тепла – «водоналивний дах» (скайтерм, водоінерційна стеля, енергоактивне покриття з насосною циркуляцією).
2. Пасивна система сонячного теплопостачання з використанням

стіни Тромба:

- конструкція сонячної стіни Тромба;
 - режими її роботи в сонячний день, увечері, вночі та в похмурий день у зимовий і в літній періоди;
 - рекомендації щодо проектування пасивного будинку зі стіною Тромба.
3. Будівлі з біоадаптивною оболонкою:
- біоадаптивні фасади;
 - архітектура, що є чутливою до погодних умов (Meteorosensitive Architecture);
 - біофасад з водоростей BIQ House (огороджувальні конструкції, що здатні адаптуватися за рахунок впроваджених та функціонуючих у них живих організмів);
 - біоадаптивне віконне скло (штучна судинна система для теплового регулювання вікон);
 - вікна, що «перемикаються» у відповідь на зміну освітленості фасаду (Smart Energy Glass);
 - «будинок, що ковзає» (Sliding House);
 - прозора сонячна панель, що слідує за сонцем (Solar Swing);
 - концепція природної вентиляції будівлі за принципом «Земля, вітер та вогонь» (Earth, Wind and Fire);
 - споруда Burke Brise Soleil із сонячними ламелями, що динамічно захищають приміщення від надлишкового сонячного випромінювання;
 - рідинні смарт-вікна LaWin (Large Area Fluidic Windows) з вертикальними каналами, заповненими рідиною з наночастинками заліза.
4. Інтегровані фотоелектричні будівельні матеріали (ІФБМ):
- рулонні полімерні матеріали з інтегрованими тонкоплівковими фотоелементами;
 - фотоелектричні модулі у вигляді фоточерепиці.
5. Будівельні скляні блоки з вбудованими сонячними панелями (Solar Squared).

Інформаційні матеріали наведені у [презентації до практичного заняття № 1](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [4, 5, 9, 20, 31].

Рекомендовані інформаційні джерела Інтернету такі:

1. Матеріали сайту «[Енергія природи. Інформаційний портал про альтернативні джерела енергії у світі та Україні](#)».
2. Стаття Вікторії Маланюк «[Пасивний будинок: архітектурний аспект](#)».
3. Стаття на сайті компанії AVENSTON «[Пасивні будинки та їх принципи проєктування](#)».
4. Стаття на сайті інтернет-магазину альтернативного опалення та енергозбереження «Еко-обігрів» «[Пасивний будинок і його принцип роботи. Без рахунків за опалення](#)».
5. Матеріали веб-сайту «[Climate adaptive building shells](#)».

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Як сонце через вікно може опалювати будинок на 100% \(без котла\) не тільки вдень, але і вночі](#)».
2. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Як сонце опалює будинок через його південну стіну: пасивне сонячне опалення](#)».
3. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Сонце нагріває теплицю, і вона опалює будинок: пасивне сонячне опалення](#)».
4. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Сонце \(через дах\) опалює будинок вночі: пасивне сонячне опалення](#)».
5. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Вікна на 100% опалюють будинок: пасивне сонячне опалення](#)».
6. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Нове в опаленні будинків: повітряний сонячний колектор](#)».
7. Відеофільм з YouTube-каналу Eco Build Ukraine «[Будівництво Апі будинку з солом'яних панелей. Унікальний проєкт будинку на бджолиних вуликах](#)».

Стислий конспект самостійно опрацьованого матеріалу надати викладачеві для перевірки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Розрахунок пасивних систем сонячного теплопостачання

Мета заняття

Навчитися розраховувати пасивні системи сонячного теплопостачання, а саме: системи прямого уловлювання сонячної енергії; потрібну площу теплоакумулюючої стіни Тромба; поверхню скління геліотеплиці, що примикає до будівлі; необхідну масу теплоакумулюючих елементів, а також визначати їхнє розміщення в будівлі.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Загальні рекомендації щодо розрахунку пасивних систем сонячного теплопостачання.
2. Розрахунок систем прямого уловлювання сонячної енергії.
3. Розрахунок площі теплоакумулюючої стіни Тромба та геліотеплиці, що примикає до будівлі.
4. Визначення маси теплоакумулюючих елементів та їхнього розміщення в будівлі.

Розв'язати наведені нижче практичні вправи:

1. Розрахувати необхідну площу заскленої поверхні південного фасаду будинку для забезпечення 50% теплового навантаження його системи опалення. Будинок має опалювану площу 100 м², розташований у південному регіоні України, оснащений пасивною системою прямого уловлювання сонячної енергії, його південний фасад не затінений від дії прямого сонячного випромінювання.
2. Розрахувати кількість сонячної теплової енергії, що може надходити в будинок, розташований на широті 48 град. пн. ш., через південне вікно з подвійним склінням площею 8 м² у пересічний хмарний день 21 січня.
3. Визначити необхідну площу стіни Тромба для покриття за рахунок сонячної енергії 50% теплового навантаження опалення приміщення площею 40 м² при середній температурі зовнішнього повітря в зимові місяці в діапазоні від 0 до 2°C.

4. Визначити потрібну площу поверхні скління прибудованої до південного фасаду будинку геліотеплиці за таких вихідних умов: середня температура зовнішнього повітря в зимові місяці 0°C ; площа опалюваних приміщень 120 м^2 ; частка покриття теплового навантаження за рахунок сонячної енергії дорівнює $0,6$.
5. Для будинку з площею скління південного фасаду 40 м^2 розрахувати потрібний сумарний об'єм теплоакумуючих елементів з бетону та у вигляді ємностей з водою. Питома об'ємна теплоємність матеріалів становить: бетону – $522\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$, води – $1163\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$. Сумарна теплоємність матеріалів, що віднесена до 1 м^2 сонцеуловлюючої зашкленої поверхні, дорівнює $200\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.
6. Визначити потрібний об'єм теплоакумуючих бетонних елементів для приміщення площею 100 м^2 , що має південні вікна сумарною площею 25 м^2 , при мінімально допустимій питомій теплоємності теплоакумуючих матеріалів $200\text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.

Інформаційні матеріали, методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття № 2](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [4, 5, 9, 20, 31].

Рекомендовані інформаційні джерела Інтернету такі:

1. Стаття на сайті Українер [«Створювати українські пасивні будинки»](#).
2. Матеріали веб-порталу зеленого будівництва [«BuildingGreen»](#).

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Відеофільм з YouTube-каналу «Твій Дім» [«Енергоефективні будинки в Україні»](#).
2. Відеофільм з YouTube-каналу «Undecided with Matt Farrell» [«Exploring Green Building and the Future of Construction»](#).

Стислий конспект самостійно опрацьованого матеріалу надати викладачеві для перевірки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Проектування активних систем сонячного теплопостачання

Мета заняття

1. Навчитися визначати енергетичний потенціал сонячного випромінювання для конкретної місцевості.

2. Познайомитися з типами і конструкціями сучасних скляних трубчастих вакуумних та плоских сонячних колекторів, з основними показниками ефективності їхньої роботи, а також з конструкціями баків-акумуляторів теплової енергії.

3. Навчитися проектувати сонячні установки комунально-побутового призначення з природною та примусовою циркуляцією теплоносія.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Визначення енергетичного потенціалу сонячного випромінювання.
2. Типи сонячних колекторів, їхні переваги та недоліки:
 - плоскі сонячні колектори (Flat-plate solar collector, FPSC);
 - скляні трубчасті вакуумні сонячні колектори (Evacuated solar collector, ESC).
3. Конструкція сучасних плоских сонячних колекторів та їхні характеристики:
 - площа апертури;
 - площа поглинання;
 - площа бруто;
 - коефіцієнт поглинання;
 - коефіцієнт емісії.
4. Показники ефективності сонячних колекторів.
5. Акумулятори теплоти.
6. Сонячні установки комунально-побутового призначення:
 - водонагрівачі з природною циркуляцією теплоносія;
 - водонагрівачі з примусовою циркуляцією теплоносія.
7. Монтаж сонячних установок.

Інформаційні матеріали наведені у [презентації до практичного заняття № 3](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [19, 20, 23, 24, 31, 33].

Рекомендовані інформаційні джерела Інтернету такі:

1. [Сонячна електроенергія для початківців. Абетка понять і принципів](#). Електронна книжка для аматорів домашньої сонячної енергетики. Україна : [Віртуальна академія VipMart](#), 2023. 57 с.
2. Матеріали сайту [«Асоціації сонячної енергетики України»](#).
3. Стаття [«Сонячні колектори для опалення будинку»](#).
4. Матеріали [сайту компанії Vaillant](#).
5. Матеріали порталу Європейської ради із сонячних досліджень [SolarPACES](#).
6. Стаття з порталу APPROPEDIA [«Типи сонячних систем гарячого водопостачання»](#).
7. Стаття із сайту компанії ДОМІНАНТ [«Сонячні колектори для нагріву води: види, способи установки, ефективність роботи»](#).

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Відеофільм з YouTube-каналу «KF» [«Як працює сонячний колектор взимку???»](#).
2. Відеофільм з YouTube-каналу «NordiHouse» [«Автономний будинок з сонячними панелями»](#).
3. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка [«Дешево опалення будинку: воляний сонячний колектор»](#).
4. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка [«7 типів сонячних колекторів для опалення будинку»](#).
5. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка [«8 рішень головної проблеми сонячного опалення приватного будинку»](#).
6. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка [«Три типи 100% сонячного опалення будинку без котла газового чи твердопаливного»](#).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Розрахунок активних систем сонячного тепlopостачання

Мета заняття

Навчитися виконувати такі розрахунки: кількості сонячної енергії, що надходить на колектор; потреби теплоти та води на гаряче водопостачання житлового будинку; теплопродуктивності сонячного колектора; об'єму бака-акумулятора теплової енергії; економічної доцільності застосування та строку окупності геліоустановки.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Загальні рекомендації щодо розрахунку активних систем сонячного тепlopостачання.
2. Розрахунок сонячної енергії, що надходить на колектор.
3. Розрахунок потреби теплоти та води на гаряче водопостачання будинку.
4. Розрахунок теплопродуктивності сонячного колектора.
5. Розрахунок об'єму бака-акумулятора.
6. Оцінка економічної доцільності застосування геліоустановки.
7. Визначення строку окупності геліоустановки.

Розв'язати наведені нижче практичні вправи:

1. Визначити середню річну кількість сонячної енергії, що надходить у м. Київ на поверхню сонячного колектора, встановленого під кутом 45 градусів до горизонту й орієнтованого на південь.
2. Визначити потрібні витрати гарячої води та теплоти для цілей гарячого водопостачання (ГВП) за місяць і за рік при різниці температур гарячої та холодної води 45°C: а) для п'яти осіб при добовій нормі витрати гарячої води 75 л на людину за добу; б) для чотирьох осіб при добовій нормі витрати гарячої води 50 л на людину за добу.
3. Визначити площу сонячного колектора та об'єм бака-акумулятора гарячої води для родини з п'яти осіб. Геліоустановка розташована в регіоні з річним надходженням сонячної енергії на горизонтальну поверхню 1370 кВт·год/м².

Добова норма витрати гарячої води становить 75 л на людину за добу. Використання установки – сезонне, у період з квітня по серпень (ступінь заміщення теплового навантаження ГВП дорівнює 1).

4. Визначити ефективність цілорічного використання геліоустановки для теплопостачання індивідуального житлового будинку площею 160 м², в якому проживає родина з п'яти осіб. Будинок розташований у районі з річним надходженням сонячної енергії 1200 кВт·год/м². Сонячний колектор складається з двох панелей з площею абсорбера кожної панелі по 1,84 м². Норма витрати гарячої води на одну людину становить 50 л/добу. Розрахунком опалювального навантаження визначена річна потреба теплової енергії в системі опалення у 26 000 кВт·год/рік.
5. За умовами попередньої вправи розрахувати строк окупності геліоустановки як альтернативи застосуванню електричного котла. Вартість 1 кВт·год електроенергії становить 4,32 грн. Інвестиції в геліоустановку (два сонячні колектори, бак-акумулятор, насосний блок з контролером, трубопроводи, монтаж) становлять 200 000 грн. Вартість електричного котла разом зі встановленням становить 40 000 грн.

Інформаційні матеріали наведені у [презентації до практичного заняття № 4](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [20, 31, 34, 35, 36].

Рекомендоване інформаційне джерело Інтернету таке:

- Даценко І. О. [Активні геліосистеми](#). Атестаційна робота.

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка «[Скільки сонячних колекторів на 100% опалить будинок](#)».
2. Відеофільм з YouTube-каналу «USAID Проєкт з енергетичної безпеки» «[Геліосистеми](#)».
3. Відеофільм з YouTube-каналу «7raziv» «[Сонячний колектор для опалення приватного будинку](#)».
4. Відеофільм з YouTube-каналу «Опалення+» «[Сонячне опалення](#)».

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Проектування та розрахунок геотермальних систем вентиляції і теплопостачання

Мета заняття

1. Познайомитися з методикою проектування та розрахунку систем геотермальної вентиляції.

2. Познайомитися з проектуванням геотермальних систем теплопостачання з використанням ропно-водяних теплонасосних установок (грунтових колекторів і зондів, енергетичних паль та кошиків, геотермальних систем з використанням тепла підземних вод).

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Проектування геотермальної вентиляції:
 - гравійного ґрунтового колектора;
 - трубного ґрунтового колектора;
 - енергозберігаючої ґрунтової системи вентиляції типу «труба в трубі» в будинку з підвалом та без нього.
2. Способи влаштування трубного ґрунтового колектора:
 - по прямій лінії;
 - по вигнутій лінії у формі літери «U» чи «S»;
 - за багатоканальною схемою.
3. Переваги та недоліки геотермальної системи вентиляції.
4. Геотермальні системи теплопостачання з використанням ропно-водяних теплонасосних установок:
 - розрахунок холодопродуктивності теплового насоса;
 - монтаж додаткового електронагрівача;
 - коефіцієнт теплопровідності та теплоакумуюча здатність ґрунту;
 - захист теплового насоса від замерзання за допомогою антифризу;
 - правила заповнення теплонасосної установки ропним розчином;
 - забезпечення робочого тиску при коливаннях температури ропа;
 - відносні втрати тиску залежно від температури та

- концентрації ропи;
 - проектування ропного насоса.
5. Проектування ґрунтових колекторів:
 - визначення площі ґрунтового колектора та довжини трубопроводу;
 - глибина укладання ґрунтових колекторів;
 - монтаж ропних контурів.
 6. Проектування ґрунтових зондів:
 - продуктивність джерела тепла;
 - проектування одиночних установок потужністю до 30 кВт;
 - проектування свердловин для ґрунтових зондів.
 7. Проектування інших геотермальних систем:
 - потужність відбору тепла з ґрунту;
 - проектування альтернативних геотермальних систем.

Розв'язати наведені нижче практичні вправи:

1. Визначити потрібну площу та довжину труб ґрунтового колектора для ропно-водяного теплового насоса Logatherm WPS 9 K / WPS 9. Теплова потужність теплонасосної установки становить 9,2 кВт. Споживана електрична потужність теплового насоса в контрольній температурній точці – 1,99 кВт. Теплонасосна установка працює в моновалентному режимі. На ділянці залягає зв'язаний вологий ґрунт.
2. Визначити площу та довжину трубопроводу горизонтального ґрунтового колектора для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса. Проектне теплове навантаження установки становить 10,1 кВт. Ґрунт біля будинку глинистий вологий.
3. Розрахувати енергетичні кошики для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса. Вихідні дані для розрахунку прийняти за практичною вправою 1.
4. Розрахувати вертикальний підземний подвійний зонд для відбору тепла для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса. Вихідні дані для розрахунку прийняти за практичною вправою 1.

Інформаційні матеріали наведені у [презентації до практичного заняття № 5](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [21, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32].

Рекомендовані інформаційні джерела Інтернету такі:

1. Стаття на «Вентпорталі» [«Геотермальні вентиляційні системи»](#).
2. Матеріали сайту компанії Alter Air [«Геотермальне опалення будинку»](#).
3. Стаття на сайті Alternetica [«Геотермальне опалення»](#).
4. Стаття на сайті компанії Terplosfera [«Геотермальний тепловий насос: будова, принцип роботи, переваги та недоліки»](#).
5. Стаття на сайті компанії Termos [«Монтаж геотермальних теплових насосів»](#).

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Відеофільм [«Система вентиляції Navy Flex»](#).
2. Відеофільм з YouTube-каналу «Опалення+» [«Не купуй тепловий насос поки не побачиш це відео!»](#).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Проектування систем акумуляування енергії відновлюваних джерел

Мета заняття

Познайомитися з методами акумуляування енергії, в тому числі теплової, з класифікацією та технічними рішеннями акумуляторів тепла, а також з прикладами комбінованих енергосистем на основі нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та систем акумуляування енергії.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Загальні відомості про акумуляування енергії.
2. Класифікація акумуляторів енергії:
 - за призначенням (автономні та стаціонарні);
 - за будовою та видом накопичуваної енергії (механічні,

- теплові, електричні та індукційні);
 - за природою (хімічні та фізичні);
 - за характером роботи (оборотні та необоротні).
3. Системи акумулювання теплової енергії:
 - класифікація теплових акумуляторів (за природою акумулювання; за рівнем робочих температур; за тривалістю періоду заряджання – розряджання);
 - різновиди теплового акумулювання (пряме акумулювання теплової енергії; опосередковане акумулювання; напівпряме акумулювання; сорбційне акумулювання);
 - технічні рішення акумуляторів тепла (акумулювання тепла за рахунок теплоємності; акумулятори, що використовують теплові ефекти зворотних фазових переходів; акумулятори на основі оборотних хімічних реакцій).
 4. Теплове акумулювання:
 - першочергові задачі;
 - основні робочі характеристики;
 - основні групи теплових акумуляторів (пасивні, активні та комбіновані системи).
 5. Акумулювання тепла з використанням фазового переходу.
 6. Низькотемпературне акумулювання.
 7. Комбіновані енергосистеми на основі нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та систем акумулювання:
 - комбінований енергетичний вузол;
 - системи акумулювання тепла і холоду;
 - вітроводневі станції.

Інформаційні матеріали наведені у [презентації до практичного заняття № 6](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [6, 31, 37, 38, 39].

Рекомендовані інформаційні джерела Інтернету такі:

1. Стаття на «Вікіпедії – вільній енциклопедії» «[Мобільні теплові акумулятори](#)».
2. Стаття Дедової О. В. «[Теплові акумулятори для систем опалення та гарячого водопостачання у будинках котеджного типу](#)».
3. Стаття на сайті компанії «Сахара» «[Ґрунтовий акумулятор тепла eTank](#)».

4. Стаття на сайті компанії «Avenston» [«Системи акумулювання енергії: промислові і побутові»](#).

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Запис практичного семінару USAID від 15.05.2024 р. на тему [«Акумулювання та зберігання тепла як складовий елемент ефективних систем централізованого тепlopостачання та інтеграції відновлюваних джерел енергії»](#).
2. Відеофільм з YouTube-каналу Сергія Юрка [«Грунтові акумулятори = 100% сонячне опалення селища, будинку, великого об'єкта»](#).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Проектування систем рекуперації теплової енергії

Мета заняття

Познайомитися з методами рекуперації теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря, з конструкціями пластинчастих і роторних теплообмінників, рекуператорів з проміжним теплоносієм, теплових труб, насосів та камер, із системами динамічної теплової ізоляції.

Завдання до практичного заняття

На практичному занятті розглянути такі питання:

1. Загальні відомості про рекуперацію теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря.
2. Пластинчасті теплообмінники.
3. Роторні теплообмінники (у тому числі конденсаційного, гіроскопічного та сорбційного типів).
4. Рекуператори з проміжним теплоносієм (водяні циркуляційні системи).
5. Теплові труби.
6. Теплові насоси.
7. Теплові камери.
8. Динамічна теплоізоляція.
9. Рекуперація тепла, що поєднана з рециркуляцією повітря.
10. Загальні висновки щодо рекуперації теплової енергії в

системах вентиляції та кондиціонування повітря.

Інформаційні матеріали наведені у [презентації до практичного заняття № 7](#) на навчальній платформі Moodle. Додаткову інформацію можна знайти в літературних джерелах [16, 31].

Рекомендовані інформаційні джерела Інтернету такі:

1. Стаття на сайті «Gree Climat» [«Система рекуперації повітря: принципи роботи, типи, варіанти для квартир і приватних будинків»](#).
2. Матеріали на веб-сайті компанії «Alter Air» [«Система рекуперації повітря у будинку, квартирі»](#).
3. Стаття на сайті компанії «Termal» [«Система вентиляції з рекуперацією: види, особливості, переваги»](#).
4. Стаття на сайті компанії «Exsys» [«Система вентиляції з рекуперацією тепла: норми, переваги використання рекуперації»](#).

Завдання до самостійної роботи

Самостійно опрацювати такі інформаційні джерела Інтернету:

1. Відеофільм з YouTube-каналу «BigFoot» [«Вентиляція з рекуперацією. Причини вибору та огляд»](#).
2. Відеофільм з YouTube-каналу «Твій Дім» [«Вентиляція з рекуперацією: як це працює?»](#).
3. Відеофільм з YouTube-каналу «Твій Дім» [«Енергоефективна вентиляція: як встановити рекуператор?»](#).
4. Відеофільм з YouTube-каналу «Vencon» [«Що таке побутовий рекуператор і навіщо він потрібен?»](#).
5. Відеофільм з YouTube-каналу «Vencon» [«Як вибрати побутовий рекуператор: ТОП10 практичних порад від експертів»](#).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кудря С. О., Будько В. І. [Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії](#) : курс лекцій. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 387 с.
2. Герасимов Є. Г., Герасимов Г. Г. [Використання відновлювальних джерел енергії](#) : навч. посіб. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2023. 467 с.
3. Герасимов Г. Г. [Енергоощадність в енергетиці](#) : навч. посіб. Рівне : Червінко А. В., 2015. 382 с.
4. [Renewables 2023: Global Status Report](#). REN21 Secretariat, c/o UN Environment Programme, Paris, France, 2023. 127 p.
5. [Renewable Energy. Policies in a Time of Transition. Heating and Cooling](#). IRENA, OECD/IEA and REN21, 2020. 150 p.
6. Мхитарян Н. М. [Енергетика нетрадиційних та відновлюваних джерел. Досвід та перспективи](#). Київ : Наукова думка, 1999. 320 с.
7. [Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України](#). Київ : Державний комітет України з енергозбереження, 2010. 41 с.
8. [Навчальний посібник з курсу «Відновлювані та вторинні джерела енергії» для студентів спеціальності 8.090510 «Теплоенергетика» очної та заочної форм навчання](#) / Укл. В. М. Житаренко. Маріуполь : ПДТУ, 2006. 200 с.
9. [Highlights of the REN21 Renewables 2017 Global Status Report in perspective](#). REN21, Paris, France, 2017. 44.
10. [Біоенергія. Загальна інформація. Тверде біопаливо. Рідке біопаливо. Біогаз](#). Агентство з відновлюваних ресурсів (FNR), Гюльцов, Німеччина, 2012. 28 с.
11. Едер Б., Шульц Х. [Біогазові установки](#) : практич. посіб. Zorg Biogas, 2011. 268 с.
12. [Настанова з біогазу. Від виробництва до використання](#). 5-е повн. перероб. вид. Агентство з відновлюваних ресурсів (FNR), Гюльцов, Німеччина, 2010. 215 с.
13. [Біогаз на основі відновлюваної сировини. Порівняльний аналіз шістдесяти однієї установки з виробництва біогазу в Німеччині](#). Агентство з відновлюваних ресурсів (FNR), Гюльцов, Німеччина, 2010. 118 с.

14. [Розвиток біогазових технологій в Україні та Німеччині: нормативно-правове поле, стан та перспективи. Агентство з відновлюваних ресурсів \(FNR\)](#), Київ – Гюльцов, Україна – Німеччина, 2013. 72 с.
15. Матвеев Ю. Б. [Огляд існуючих БГУ, перспективи розвитку](#). Київ : Біоенергетична асоціація України, 2016. 25 с.
16. Самохвалов В. С. [Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження](#) : навч. посіб. Київ : «Центр учбової літератури», 2008. 224 с.
17. Гічов Ю. О. [Вторинні енергоресурси промислових підприємств](#). Ч. I : конспект лекцій. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2012. 56 с.
18. Колобков П. С. [Використання вторинних енергоресурсів у теплопостачанні](#). Харків : Вид-во «Основа» при Харк. ун-ті, 1991. 224 с.
19. Шафлик В. [Сучасні системи гарячого водопостачання](#). Київ : ДП ВПЦ «Такі справи», 2010. 316 с.
20. [Thermotech – сонячне теплопостачання](#) : техн. посіб. Thermotech, 2011. 26 с.
21. [Енергозберігаюча вентиляція. Геотермальні системи «ГЕО ВЕНТС»](#). Київ : ВЕНТС, 2010. 28 с.
22. [Ропно-водяні теплові насоси Logatherm WPS 6-11 K та WPS 6-17 від 6 кВт до 17 кВт](#). Документація для планування і проєктування. Видання: 06/2008. Buderus, 2008. 120 с.
23. [Геліотехніка Logasol для гарячого водопостачання та підтримки опалення](#) : документація для проєктування. Видання: 01/2017. Київ : Бударус-Україна, 2017. 137 с.
24. [Проєктування та монтаж геліоустановки](#). Holzminden, Germany : Stiebel Eltron, 01/2012. 204 с.
25. [Системи геотермальної енергії Upronor](#) : технічна інформація. Upronor, 03/2012. 65 с.
26. [Теплові насоси. Документація з проєктування](#). Wolf, 2010. 93 с.
27. [Viessmann. Теплові насоси](#) : настанова з проєктування. Viessmann, 04/2012. 125 с.
28. [Raugeo – системи використання тепла ґрунту](#) : техн. інф. 827600. Rehau, 2009. 32 с.
29. [Біогаз на сільському подвір'ї : серія «Робимо самі»](#) / Укл. А. А. Шомін. Балаклея : Інф.-вид. комп. «Балаклійщина», 2002. 68 с.

30. [ДСТУ Б В.2.5-44:2010](#) Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами (EN 15450:2007, MOD). [Чинний від 2010-09-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2010. 57 с.
31. [03-02-395](#) Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Використання вторинних та відновлюваних енергоресурсів у системах теплогазопостачання і вентиляції» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Теплогазопостачання і вентиляція» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання [Електронне видання] / С. Б. Проценко. Рівне : НУВГП, 2019. 32 с.
32. [03-02-338](#) Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Холодильні установки та теплові насоси» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування «Теплогазопостачання і вентиляція» всіх форм навчання / уклад.: М. Д. Кізеєв, М. М. Басюк. Рівне : НУВГП, 2014. 32 с.
33. [Сонячна енергетика : Теорія і практика](#). Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. Львів : Львівська політехніка, 2014. 340 с.
34. [Розрахунок системи сонячного гарячого водопостачання](#) : метод. рек. до викон. домашньої контрольної роботи для студ. спеціальності 101 «Екологія» спеціалізації «Інженерна екологія та ресурсозбереження» / Уклад.: В. В. Дубровська, В. І. Шкляр. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 28 с.
35. [Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Сонячна теплоенергетика»](#) (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії») / Уклад.: О. В. Сенецький, Я. Б. Форкун, О. О. Шкурпела. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 28 с.
36. [Сонячна теплоенергетика](#) : конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії») / Уклад.: Я. Б.

- Форкун, О. О. Шкурпела. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 88 с.
37. [Відновлювані джерела енергії](#) : монографія / За заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
38. Кудря С. О., Головка В. М. [Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії](#) : навч. посіб. Київ : КПІ, 2009. 201 с.
39. Ковальов І. О., Ратушний О. В. [Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії України](#) : навч. посіб. Суми : Сумський державний ун-т, 2016. 201 с.
40. [Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії](#). Методичні вказівки до практичних робіт з курсу / В. Ф. Лазар, Ю. Ю. Жигуц, Мукачево : Вид-во МДУ, 2023. 65 с.
41. [Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії](#) : навч. посіб. / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен та ін.; За заг. ред. О. І. Солов'я. Черкаси : ЧДТУ, 2007. 484 с.