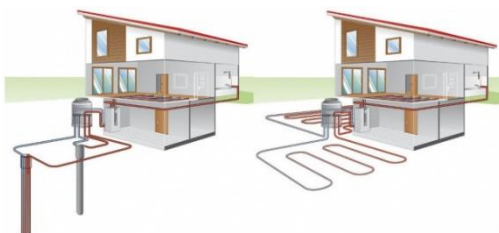


Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут будівництва і  
архітектури  
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної  
техніки

**03-02-438М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни  
«Теплові насоси і холодильні установки»  
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 № 6  
від 23 квітня 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теплові насоси і холодильні установки» 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., Кізеєв М. Д. – Рівне : НУВГП, 2024. – 20 с.

Укладачі:

Проценко С. Б., к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки;  
Кізеєв М. Д., к.т.н., завідувач 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.

## ПЕРЕДМОВА

Мета викладання освітнього компонента «Теплові насоси і холодильні установки» полягає у формуванні у здобувачів вищої освіти сучасного рівня знань, навичок та умінь з основ застосування теплових насосів і холодильних установок у системах тепло- та холодопостачання, вентиляції і кондиціонування повітря будівель та споруд. Основними завданнями вивчення дисципліни є теоретична і практична підготовка з питань використання теплоти низькотемпературних природних і техногенних джерел енергії, проєктування та розрахунку теплонасосних і холодильних установок, техніко-економічної оцінки ефективності застосування теплових насосів у системах теплопостачання різних об'єктів.

Освітній компонент розміщений на навчальній платформі Moodle за таким посиланням: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=5578>.

Силабус освітнього компонента розміщений у цифровому репозиторії НУВГП за таким посиланням: <https://ep3.nuwm.edu.ua/28484/>.

Викладання освітнього компонента передбачає проведення лекційних і практичних аудиторних занять та самостійну роботу студентів. Під час лекційних занять використовуються мультимедійні презентації та навчальні відеофільми, роздатковий матеріал, приклади реальних проєктів систем тепло- та холодопостачання, в тому числі з використанням теплових насосів та низькотемпературних джерел теплоти, інформаційні стенди та обладнання спеціалізованих аудиторій кафедри, навчально-наукової дослідно-виробничої лабораторії теплонасосних технологій, комп'ютерні класи.

У цих Методичних вказівках наведені структура і зміст освітнього компонента з посиланням на літературні джерела за окремими темами дисципліни, завдання та методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи студентів, перелік рекомендованої навчально-методичної літератури (з адресами розміщення ресурсів у мережі Інтернет).

## **ЗМІСТ ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА**

**Тема 1. Основи холодильної техніки.** Історія розвитку холодильної техніки. Основні терміни та визначення в галузі холодильної техніки. Холодильний контур. Процес охолодження. Діаграма «тиск – ентальпія». Холодоагенти. Основні компоненти холодильної установки. Схема холодильної установки [4, 5].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 1](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 2. Холодильна техніка та холодильні машини.** Холодильна техніка. Холодильні машини та їхні типи: парокompresійні, абсорбційні, пароежекторні, холодильно-газові, повітряно-розширювальні, термоелектричні. Холодильні установки та агрегати. Холодильні агенти та теплоносії. Холодопостачання. Холодопродуктивність та холодильний коефіцієнт. Холодильні цикли. Холодильні компресори [4].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 2](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 3. Застосування холодильних машин у сучасних системах кондиціонування повітря.** Історія розвитку техніки кондиціонування повітря. Принцип роботи холодильної установки сучасного кондиціонера. Типи сучасних кондиціонерів. Холодоагенти в сучасних кондиціонерах. Холодильні мастила та їх експлуатаційні характеристики [1, 2].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 3](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 4. Елементна база холодильних машин сучасних кондиціонерів.** Компресори холодильних машин сучасних кондиціонерів. Теплообмінні апарати. Регулятори подачі рідкого холодоагенту. Чотириходові клапани оборотності циклу. Допоміжні елементи холодильного контуру: рідинні ресивери, пристрої для докипання рідкого холодоагенту, глушники, мастиловіддільники, клапани, фільтри-осушувачі, оглядові стекла [2].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 4](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 5. Парокомпресійні теплові насоси.** Поняття теплового насоса. Принцип роботи парокомпресійного теплового насоса (ПТН). Класифікація ПТН. Опис роботи ПТН. Робочі тіла (хладони) ПТН. Показники ефективності роботи теплових насосів. Енергетична, економічна та екологічна ефективність ПТН [1, 2, 3].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 5](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 6. Джерела відновлюваної низькопотенційної теплоти та режими експлуатації теплових насосів.** Загальні відомості про джерела теплоти для роботи теплових насосів. Особливості застосування в якості джерел теплоти для роботи теплових насосів повітря, води, ґрунту. Режими експлуатації теплонасосних установок: моновалентний, моноенергетичний, бівалентно-паралельний, бівалентно-альтернативний. Визначення точки бівалентності [1, 3, 8, 12, 15].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 6](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 7. Теплові насоси з використанням теплоти ґрунту та поверхневих, підземних і стічних вод.** Низькотемпературні системи опалення й охолодження для спільної роботи з тепловими насосами. Основи використання геотермальної енергії. Системи використання геотермальної енергії: горизонтальні ґрунтові колектори, енергетичні кошики, енергетичні палі, вертикальні ґрунтові зонди. Теплові насоси з масивними поглиначами тепла. Теплові насоси з використанням теплоти поверхневих, підземних і стічних вод [1, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 7](#) на навчальній платформі Moodle.

**Тема 8. Теплові насоси з використанням теплоти атмосферного повітря.** Особливості експлуатації повітряних теплових насосів у холодний період року. Теплові насоси типу «повітря – вода». Спліт-система кондиціонування повітря з функцією теплового насоса «Mr. SLIM+». Схеми обв'язки повітряних теплових насосів [1, 3, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17].

Конспект лекційного матеріалу наведений у [презентації до теми 8](#) на навчальній платформі Moodle.

# ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

## Практичне заняття 1

Визначення температурного режиму роботи парокомпресійної холодильної машини

### **Мета заняття**

Навчитися визначати температурні режими роботи парокомпресійних холодильних машин з водяним та повітряним охолодженням конденсатора у системах кондиціонування повітря типу «чилер – фанкойли».

### **Завдання до практичного заняття**

На практичному занятті познайомитися з методикою визначення температурного режиму роботи парокомпресійних холодильних машин та розв'язати наведені нижче практичні вправи.

#### **1.1. Визначення температурного режиму роботи парокомпресійної холодильної машини з водяним охолодженням конденсатора**

**Вправа 1.1.** *Визначити температурний режим роботи парокомпресійної холодильної машини з водяним охолодженням конденсатора для системи кондиціонування повітря типу «чилер – фанкойли» за таких вихідних даних:*

- температура холодоносія (води), що повертається із системи кондиціонування повітря в холодильну машину, становить  $t_{\delta 1} = 12^{\circ}\text{C}$ ;
- охолодження конденсатора холодильної машини – водопровідною водою.

**Вправа 1.2.** *Визначити температурний режим роботи парокомпресійної холодильної машини з водяним охолодженням конденсатора для системи кондиціонування повітря типу «чилер – фанкойли» за таких вихідних даних*

- охолодження конденсатора холодильної машини – оборотною водою, що охолоджується в мокрій градирні;

- розташування об'єкта проєктування – м. Рівне.

## 1.2. Визначення температурного режиму роботи парокompресійної холодильної машини з повітряним охолодженням конденсатора

**Вправа 1.3.** Визначити температурний режим роботи парокompресійної холодильної машини з повітряним охолодженням конденсатора для системи кондиціонування повітря типу «чилер – фанкойли». Об'єкт проєктування розташований у м. Рівне.

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 1](#) на навчальній платформі Moodle.

### **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «*Історія розвитку холодильної техніки у світі та в Україні*» за такими інформаційними джерелами мережі Інтернет:

- «[Холодильник](#)» – матеріал з *Вікіпедії* – вільної енциклопедії;
- стаття компанії *ERC* «[Історія холодильника: від прототипів до смарт-техніки](#)»;
- стаття компанії «*Холодсервіс*» «[Історія розвитку холодильників](#)»;
- стаття «[Історія і сучасність кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря](#)» Одеського національного технологічного університету.

### **Практичне заняття 2**

Побудова холодильного циклу в діаграмі lgP-I та визначення параметрів хладону в точках циклу

#### **Мета заняття**

Навчитися будувати в діаграмі lgP-I холодильні цикли для парокompресійних холодильних машин і визначати параметри хладону в точках циклу вручну та за допомогою прикладних комп'ютерних програм (на прикладі програми CoolPack).

## **Завдання до практичного заняття**

### **2.1. Будова діаграми $IgP-I$ стану робочої речовини холодильної машини**

Познайомитися зі структурою діаграми  $IgP-I$  та із загальними принципами побудови в ній процесів зміни термодинамічних параметрів стану робочої речовини холодильної машини, а також розв'язати наведені нижче практичні вправи.

### **2.2. Побудова холодильного циклу для парокомпресійної холодильної машини в діаграмі $IgP-I$ вручну**

**Вправа 2.1.** Побудувати в діаграмі  $IgP-I$  холодильний цикл для парокомпресійної холодильної машини та визначити параметри хладоу в точках циклу за таких вихідних даних:

- температурний режим роботи холодильної машини – за вправою 1.1;
- холодоагент – фреон R22.

### **2.3. Побудова холодильного циклу для парокомпресійної холодильної машини в діаграмі $IgP-I$ за допомогою прикладної комп'ютерної програми**

**Вправа 2.2.** Побудувати в діаграмі  $IgP-I$  холодильний цикл для парокомпресійної холодильної машини та визначити параметри хладоу в точках циклу за допомогою комп'ютерної програми [CoolPack](#) (вихідні дані прийняти за вправою 2.1).

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 2](#) на навчальній платформі Moodle.

## **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «**Розрахунок обсягів надходження тепла у приміщення для підбору кондиціонера**» за такими інформаційними джерелами мережі Інтернет:

- стаття на [Порталі продавців кліматичного обладнання «Розрахунок потужності кондиціонера»](#);
- [Теплотехніка та енергетичні машини. Розрахунок системи](#)



[кондиціонування: Розрахункова робота.](#) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: В. В. Дубровська, В. І. Шкляр. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 56 с.;

- Методичні рекомендації до практичних занять і самостійної роботи «[Нормалізація параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях](#)» з дисциплін «Основи охорони праці» і «Промислова вентиляція та кондиціонування повітря» для студентів усіх спеціальностей / Уклад.: С. О. Алексеєнко, О. А. Муха, С. І. Чеберячко, Г. П. Кривцун. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. 30 с.;
- онлайн-калькулятор компанії «Спектр-Проф» «[Розрахунок потужності кондиціонера](#)»;
- стаття компанії «Концепт Сервіс» «[Розрахунок потужності кондиціонера](#)».

### **Практичне заняття 3**

Визначення питомих характеристик холодильного циклу.  
Розрахунок та підбір холодильного устаткування

#### ***Мета заняття***

Навчитися визначати питомі характеристики холодильного циклу, виконувати розрахунок і підбір холодильного устаткування як за розрахунковими формулами, так і за допомогою прикладних комп'ютерних програм.

#### ***Завдання до практичного заняття***

На практичному занятті познайомитися з методикою визначення питомих характеристик холодильного циклу та параметрів парокомпресійної холодильної машини, а також розв'язати наведені нижче практичні вправи.

#### ***3.1. Визначення питомих характеристик холодильного циклу та параметрів парокомпресійної холодильної машини за розрахунковими формулами***

***Вправа 3.1. Визначити питомі характеристики холодильного***

циклу та виконати розрахунок параметрів парокомпресійної холодильної машини за таких вихідних даних:

- параметри холодильного циклу – за вправою 2.2;
- потрібна холодопродуктивність холодильної машини  $Q_x = 35$  кВт.

### 3.2. Визначення питомих характеристик холодильного циклу та параметрів парокомпресійної холодильної машини за допомогою комп'ютерної програми CoolPack

**Вправа 3.2.** Визначити питомі характеристики холодильного циклу та виконати розрахунок параметрів парокомпресійної холодильної машини за допомогою комп'ютерної програми [CoolPack](#) (вихідні дані прийняти за вправою 2.2).

**Вправа 3.3.** За допомогою комп'ютерної програми [CoolPack](#) побудувати в діаграмі lgP-I реальний холодильний цикл та виконати розрахунок параметрів парокомпресійної холодильної машини за таких вихідних даних:

- холодоагент – R290 (пропан);
- температура випаровування холодоагенту – мінус 20°C;
- перегрівання пари холодоагенту – 8 K;
- втрати тиску у випарнику – 1 K;
- втрати тиску в усмоктувальній лінії компресора – 1 K;
- втрати тиску в нагнітальній лінії компресора – 2 K;
- ізоентропічний ККД – 0,7;
- втрати теплоти в компресорі – 15%;
- температура конденсації – 35°C;
- переохолодження рідини холодоагенту – 2 K;
- втрати тиску в конденсаторі – 0,1 бар;
- втрати тиску в лінії рідини – 0,01 бар;
- потрібна холодильна потужність – 100 кВт.

### 3.3. Підбір обладнання холодильної установки за допомогою комп'ютерної програми Coolselector 2

**Вправа 3.4.** За допомогою комп'ютерної програми [Coolselector 2](#) підібрати компресор для холодильної машини (вихідні дані прийняти

за вправами 1.1, 3.1).

**Вправа 3.5.** За допомогою комп'ютерної програми [Coolselector 2](#) підібрати компресорно-конденсаторний блок з повітряним охолодженням холодопродуктивністю 35 кВт для холодопостачання системи кондиціювання повітря будинку (вихідні дані прийняти за вправою 1.3).

#### 3.4. Підбір чилера за допомогою комп'ютерної програми *Airwell Chi.Sel.*

**Вправа 3.6.** За допомогою комп'ютерної програми [Airwell Chi.Sel.](#) підібрати чилер з водяним охолодженням конденсатора для холодопостачання системи кондиціювання повітря будинку за таких вихідних даних:

- холодоагент – R407C;
- охолодження конденсатора – оборотною водою, що охолоджується в мокрій градирні;
- температурний графік оборотної води – 27/37 °C;
- температурний графік води в системі кондиціювання повітря – 7/12 °C;
- потрібна холодопродуктивність – 35 кВт.

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 3](#) на навчальній платформі Moodle.

#### **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «**Отримання холоду за рахунок сонячної енергії, системи сонячного холодопостачання**» за такими інформаційними джерелами мережі Інтернет:

- стаття компанії «Сахара» [«Використання сонячної енергії для охолодження»](#);
- Пономарчук І. А., Слободян Н. М. [Аналіз ефективності застосування комбінованої системи теплохолодопостачання. Техніка, енергетика, транспорт АПК. № 1 \(91\), 2015. С. 81-84.](#);
- Ісаков О. А. Дипломна робота на здобуття ступеня бакалавра

на тему «[Тепло- і холодопостачання житлового будинку за рахунок сонячної енергії і водню](#)».

#### **Практичне заняття 4**

Проектування, розрахунків та монтаж теплонасосних установок з використанням горизонтальних ґрунтових колекторів

#### **Мета заняття**

Познайомитися з будовою, методикою розрахунку та способами монтажу теплонасосних установок з використанням горизонтальних ґрунтових колекторів.

#### **Завдання до практичного заняття**

##### **4.1. Будова горизонтальних ґрунтових колекторів**

Познайомитися з будовою горизонтальних ґрунтових колекторів у складі теплонасосних установок для теплопостачання будівель.

##### **4.2. Розрахунок розмірів горизонтальних ґрунтових колекторів**

Познайомитися з методикою розрахунку горизонтальних ґрунтових колекторів та розв'язати наведені нижче практичні вправи.

**Вправа 4.1.** Тепловий насос при тепловій потужності 8,9 кВт споживає 1,98 кВт електричної енергії. Річна тривалість використання теплонасосної установки становить 1800 год/рік. Ґрунт на ділянці укладання контуру ґрунтового колектора – вологий в'язкий. Визначити площу ґрунтового колектора та необхідну довжину труб для його укладання.

**Вправа 4.2.** Визначити площу горизонтального ґрунтового колектора та довжину трубопроводу для його укладання у складі теплонасосної установки для теплопостачання житлового будинку з проєктним тепловим навантаженням  $\Phi_{SU} = 10,1$  кВт. Ґрунт біля будинку – глинистий вологий.

### **4.3. Монтаж горизонтальних ґрунтових колекторів**

Познайомитися з прийомами монтажу горизонтальних ґрунтових колекторів у складі теплонасосних установок для теплопостачання будівель.

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 4](#) на навчальній платформі Moodle.

#### **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «*Монтаж холодильного контуру сучасних кондиціонерів*» за такими інформаційними джерелами мережі Інтернет:

- [«Інструкція з монтажу та експлуатації кондиціонера»](#) компанії AUX;
- стаття компанії *Tramontana* [«Помилки під час монтажу кондиціонерів»](#).

### **Практичне заняття 5**

Проектування, розрахунок та монтаж теплонасосних установок з використанням енергетичних кошиків

#### **Мета заняття**

Познайомитися з будовою, методикою розрахунку та способами монтажу теплонасосних установок з використанням енергетичних кошиків.

#### **Завдання до практичного заняття**

##### **5.1. Будова енергетичних кошиків**

Познайомитися з будовою енергетичних кошиків у складі теплонасосних установок для теплопостачання будівель.

##### **5.2. Розрахунок енергетичних кошиків**

Познайомитися з методикою розрахунку енергетичних кошиків та розв'язати наведені нижче практичні вправи.

**Вправа 5.1.** Розрахункова потужність системи опалення індивідуального житлового будинку на одну родину становить 6 кВт. Річна тривалість роботи теплонасосної установки – 1800 год/рік. Ґрунт на ділянці біля будинку – в'язкий вологий. Розрахувати енергетичні кошики та визначити загальні втрати тиску в теплонасосній установці.

**Вправа 5.2.** Розрахувати енергетичні кошики для теплопостачання житлового будинку за допомогою теплового насоса (вихідні дані прийняти за вправою 4.2).

### **5.3. Монтаж енергетичних кошиків**

Познайомитися з прийомами монтажу енергетичних кошиків у складі теплонасосних установок для теплопостачання будівель.

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 5](#) на навчальній платформі Moodle.

### **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «**Тенденції ринку теплонасосної техніки**» за такими інформаційними джерелами мережі Інтернет:

- стаття компанії *ECO Система* «[Теплові насоси: загальні світові тенденції застосування](#)»;
- Дєдова О. В. [Сучасні тенденції використання теплових насосів](#);
- стаття компанії *Gree* «[Аналіз і тенденції Європейського ринку теплових насосів типу повітря-вода](#)».

### **Практичне заняття 6**

Проектування, розрахунок і монтаж теплонасосних установок з використанням вертикальних ґрунтових зондів, енергетичних паль та свердловин

### **Мета заняття**

Познайомитися з будовою, методикою розрахунку та способами монтажу теплонасосних установок з вертикальними ґрунтовими

зондами, енергетичними палями та свердловинами для використання тепла ґрунту і ґрунтових вод.

## **Завдання до практичного заняття**

### **6.1. Будова та монтаж вертикальних ґрунтових зондів**

Познайомитися з будовою та з прийомами монтажу вертикальних ґрунтових зондів у складі теплонасосних установок для теплопостачання будівель.

### **6.2. Розрахунок вертикальних ґрунтових зондів**

Познайомитися з методикою розрахунку вертикальних ґрунтових зондів та розв'язати наведену нижче практичну вправу.

***Вправа 6.1.** Розрахувати ґрунтовий подвійний зонд для відбору тепла у складі теплонасосної установки для теплопостачання житлового будинку (вихідні дані прийняти за вправою 4.2).*

### **6.3. Будова та монтаж енергетичних паль**

Познайомитися з будовою та з прийомами монтажу енергетичних паль у складі теплонасосних установок для теплопостачання будівель.

### **6.4. Розрахунок енергетичних паль**

Познайомитися з методикою розрахунку енергетичних паль.

### **6.5. Розрахунок свердловин для використання тепла ґрунтових вод**

Познайомитися з методикою розрахунку свердловин для використання тепла ґрунтових вод та розв'язати наведену нижче практичну вправу.

***Вправа 6.2.** Розрахувати тепловий насос з використанням тепла підземних вод для свердловин студмістечка НУВГП. На території студмістечка є водозабірна свердловина глибиною 180 м, дебіт якої становить  $W = 19 \text{ м}^3/\text{год}$ . Температура води зі свердловини  $t_{\text{ex}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ .*

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 6](#) на навчальній платформі Moodle.

### **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «*Гібридні теплонасосні системи теплохолодопостачання багатопверхових будівель*» за таким інформаційним джерелом мережі Інтернет:

- магістерська дисертація Колодяжної А. О. «[Гібридні системи теплозабезпечення житлових будівель на основі теплових насосів](#)».

### **Практичне заняття 7**

Розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода» та техніко-економічна оцінка ефективності їхнього застосування

#### **Мета заняття**

Навчитися розраховувати теплонасосні установки типу «повітря-вода» та виконувати техніко-економічну оцінку ефективності їхнього застосування.

#### **Завдання до практичного заняття**

На практичному занятті познайомитися з методиками розрахунку теплових насосів типу «повітря – вода» та техніко-економічної оцінки ефективності їхнього застосування, а також розв'язати наведені нижче практичні вправи.

##### **7.1. Розрахунок теплових насосів типу «повітря – вода»**

**Вправа 7.1.** Розрахувати тепловий насос типу «повітря – вода» для опалення індивідуального житлового будинку в м. Рівне (вихідні дані прийняти за вправою 7.2).

##### **7.2. Техніко-економічна оцінка ефективності застосування теплових насосів типу «повітря – вода»**

**Вправа 7.2.** За допомогою комп'ютерної програми компанії Viderus «[Розрахунок теплового насоса повітря-вода](#)» оцінити економічну ефективність застосування теплового насоса типу



«повітря – вода» у бівалентній схемі автономного теплопостачання житлового будинку спільно з газовим конденсаційним котлом за таких вихідних даних:

- розташування об'єкта – м. Рівне;
- опалювана площа – 350 м<sup>2</sup>;
- якість утеплення будинку – стандартний будинок з питомими тепловтратами 80 Вт/м<sup>2</sup>;
- середня температура в приміщеннях будинку – 20°C;
- ККД газового конденсаційного котла – 106%;
- кількість теплових насосів – 1;
- температурний режим роботи теплового насоса – 35°C;
- тарифна група споживачів електроенергії та газу – населення;
- тариф для населення за електропостачання – 2,64 грн./кВт·год;
- тариф для населення за газопостачання – 7,96 грн./м<sup>3</sup>;
- розрахунковий період – 5 років;
- прогнозоване щорічне зростання тарифів на енергоносії за розрахунковий період – 10%.

**Вправа 7.3.** Виконати порівняльний аналіз ефективності роботи теплових насосів типу «повітря – вода» серії ZUBADAN різних моделей для теплопостачання індивідуального житлового будинку в бівалентному режимі з електричним котлом за таких вихідних даних:

- розташування будинку – м. Київ;
- розрахункові тепловтрати будинку – 15 кВт.

**Вправа 7.4.** За допомогою онлайн-програми «[Розрахунок споживання газу з тепловим насосом повітря-вода](#)» виконати порівняльний розрахунок застосування газового (або електричного) котла та теплового насоса для теплопостачання індивідуального житлового будинку з опалюваною площею 120 м<sup>2</sup>.

Методика та приклади виконання практичних вправ наведені у [презентації до практичного заняття 7](#) на навчальній платформі Moodle.

## **Завдання до самостійної роботи**

Самостійно розглянути питання «*Опис, принцип дії та ефективність абсорбційних теплових насосів*» за такими інформаційними джерелами мережі Інтернет:

- стаття компанії «Сахара» [«Абсорбційні машини – поєднання охолодження та енергії сонця»](#);
- стаття [«Газовий абсорбційний тепловий насос: ефективна альтернатива обігріву вашого будинку»](#);
- розділ [«Сорбційні теплові насоси»](#) з книги [1].

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Нікульшин В. Р., Височин В. В. [Теплові насоси та кондиціонери](#) : навч. посіб. 2014. [Електронне видання].
2. Brumbaugh J. E. Audel™ HVAC Fundamentals. Vol. 3. [Air-Conditioning, Heat Pumps, and Distribution Systems](#). All new 4th ed. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana. 2004. 697 p.
3. Viessmann. [Настанова з проєктування : теплові насоси](#). Hannover, Viessmann Werke, 2011. 125 с.
4. Морозюк Т. В. [Теорія холодильних машин та теплових насосів](#). Одеса : Студія «Негоціант», 2006. 712 с.
5. [Основи холодильної техніки](#). ЗАТ «Данфосс», 2006. 24 с.
6. Безродний М. К., Пуховий І. І., Кутра Д. С. Теплові насоси та їх використання : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 312 с.
7. Пісарев В. Є. Теплові насоси та холодильні установки : навч. посібник. Київ : КНУБА, 2002. 124 с.
8. [Ропно-водяні теплові насоси Logatherm WPS 6-11 K та WPS 6-17 від 6 кВт до 17 кВт](#). Документація для планування та проєктування. Видання : 06/2008. Buderus, 2008. 120 с.
9. [Системи геотермальної енергії Upronor](#) : технічна інформація. Upronor, 03/2012. 65 с.
10. Viessmann. [Основи проєктування теплових насосів](#). Інструкція з проєктування. Viessmann, 05/2017. 24 с.
11. Buderus. [Довідник з проєктування і монтажу теплових насосів](#). Проектна документація. Випуск 1/2005. Buderus Deutschland, 2005. 142 с.
12. [Теплові насоси для опалення і гарячого водопостачання](#). Настава з проєктування і монтажу. Dimplex, 2006. 231 с.

13. [Rauego – системи використання тепла ґрунту](#) : техн. інф. 827600. Rehau, 2009. 32 с.
14. [Теплові насоси](#). Документація з проектування. Wolf, 2010. 93 с.
15. [Теплові насоси](#). Проектування і монтаж. Holzminden, Germany : Stiebel Eltron, 01/2010. 318 с.
16. [Енергоефективні технології в опаленні та вентиляції](#). Mitsubishi Electric, 2015. 82 с.
17. [Теплові насоси](#). Mitsubishi Electric, 2016. 78 с.
18. [CoolPack tutorial](#). For CoolPack version 1.49 / М. J. Skovrup, B. D. Rasmussen, A. Jakobsen, S. E. Andersen. IPU, 2011. 46 p.
19. arOTHERM : [Матеріали для проектування](#). Vaillant GmbH, 2014. 105 с.
20. [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.
21. ДСТУ EN 378-2:2017 Холодильні установки та теплові насоси. Безпечність та екологічні вимоги. Частина 2. Проектування, спорудження, випробування, маркування та документація (EN 378-2:2016, IDT). [На заміну ДСТУ EN 378-2:2014; чинний від 2017-08-10]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
22. [ДСТУ EN 378-4:2014](#) Холодильні установки та теплові насоси. Безпечність та екологічні вимоги. Частина 4. Експлуатація, технічне обслуговування, ремонт і поновлення (EN 378-4:2008 + A1:2012, IDT). [На заміну ДСТУ EN 378-4:2005; чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. 22 с.
23. [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.
24. [Методичні вказівки з дисципліни «Теплонасосні системи теплопостачання»](#) до розробки курсового проекту «Теплонасосні системи опалення та гарячого водопостачання» для студентів другого (магістерського) рівня спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньою програмою «Теплогазопостачання і вентиляція». / Уклад. В. Д. Петраш. Одеса : 2020. 87 с.

## **З М І С Т**

Передмова	3
Зміст освітнього компонента	4
Завдання до практичних занять та самостійної роботи	6
Література	18