

## ЕНЕРГООЩАДНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Виконано аналітичний огляд сучасного стану використання теплонасосних установок та систем рекуперації теплоти як відновлювальних джерел енергії в системах забезпечення мікроклімату в промислових будівлях.*

**Ключові слова :** мікроклімат, енергоощадність, промислові будівлі, нагріте повітря, тепловий потік, тепловий насос, рекуперація.

### *Abstract*

*An analytical review of the current state of use of heat pump plants and heat recovery systems as renewable energy sources in the systems of microclimate maintenance in industrial buildings is carried out.*

**Keywords:** climate, energy, industrial buildings, hot air, heat flux, heat pump, recovery.

### Вступ

Загострення енергетичних і екологічних проблем потребує вирішення питань щодо використання поновлювальних джерел енергії та технологій в системах забезпечення мікроклімату в промислових будівлях. На сьогоднішній час актуальним є впровадження енергоощадних систем забезпечення мікроклімату будівель з використанням теплових насосів, що відповідає реалізації рішень Закону України про енергозбереження[1].

У зв'язку з постійним зростанням світових цін на енергоносії, бажано зменшити споживання енергії від зовнішніх джерел, що важливо не тільки в економічному плані, але і в екологічному, оскільки зменшиться кількість шкідливих викидів і відходів[2].

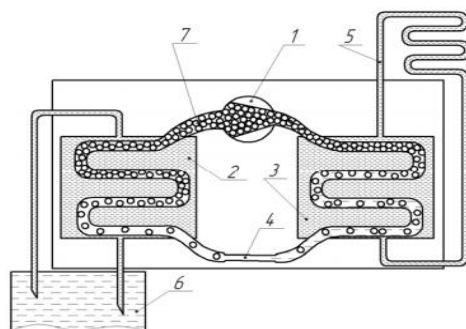
### Результати дослідження

Температура ґрунту біля поверхні Землі визначається матеріальним та тепловим балансом енергії, що надходить від Сонця та тепловим випромінюванням земної поверхні. Теплова енергія ґрунту може використовуватися для обігріву та вентиляції приміщень. Для теплових насосів характерна температура теплоносія в ґрунтовому теплообміннику від - 5-7 до + 10-12°C. Дана температура може застосовуватись для виробництва теплоносія за допомогою теплових насосів, з температурою 40-70°C[3].

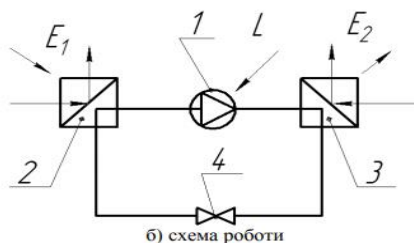
Теплонасосна установка – пристрій для переносу теплової енергії за зворотним циклом. Тобто, за допомогою спеціального теплоносія, від джерела з низькою температурою до споживача з більш високою температурою відбувається перенесення теплової енергії.

В промисловості основними є техногенні джерела низькотемпературної теплоти. Це промислові стічні води та комунально-побутові, вода технологічного та енергетичного обладнання підприємств, охолоджуюча вода, вентиляційні викиди. Теплові насоси в промисловому виробництві використовують для опалення виробничих побутових приміщень, підігрівання води для виробничих потреб та для кондиціювання [3].

Принцип роботи теплового насоса наведено на рис.1.1.



а) принцип дії



б) схема роботи

Рисунок 1.1 – Компресорний тепловий насос [3]: 1 – компресор; 2 – випарник; 3 – конденсатор; 4 – дросельований вентиль; 5 – середовище, що нагрівається (вода); 6 – низькотемпературне джерело тепла; 7 – робоче середовище

До теплообмінника, в якому відбувається забір низькопотенційної теплоти (випарник) 2 надходить тепла енергія з середньою температурою  $t_n' = 8^\circ\text{C}$  від ґрунтового колектора. По теплообміннику із сторони низькопотенційної теплоти (5) протікає зріджений холодоагент R22. Холодоагент має знижений тиск і температуру  $T_0 = 3^\circ\text{C}$ . У випарнику холодоагент підігрівається отримуючи тепло води низького потенціалу, підігрів призводить до випаровування. При цьому вода охолоджується до температури  $t = 4^\circ\text{C}$ . Насичені пари за допомогою компресора (1) стискаються до тиску  $P_1$ . Під час даного процесу зростає ентальпія і температура пари до середнього значення  $t = 54^\circ\text{C}$ . Витрачена в процесі робота дорівнює зміні ентальпії  $A = \Delta i$ , кДж/кг. У теплообмінник-конденсатор надходить пара, яка має температуру конденсації. У конденсаторі пара передає своє тепло іншому теплоносію і в процесі відбувається її перехід у рідкий стан (конденсація) і подальше зменшення тиску теплоносія до рівня початкового за допомогою дроселя. Під час процесу дроселювання відбувається зниження температури до  $T_0 = 3^\circ\text{C}$ , ентальпія при цьому залишається незмінною. Утворюється парорідинна суміш, яка надходить у випарник, де процес повторюється [3].

Для теплових насосів, які використовують енергію ґрунту зазвичай використовують ґрунтовий зонд і горизонтальний ґрунтовий колектор [4].

У верхніх шарах ґрунту накопичується тепло яке забирає горизонтальний колектор, його джерелом є сонячне випромінювання. Горизонтальний ґрунтовий колектор являє собою певну кількість контурів з поліетиленових труб. Для запобігання замерзання теплоносія та забезпечення необхідного теплового режиму, труби укладаються на глибині нижче рівня промерзання. Головним недоліком є необхідність у значних площах зайнятих під ґрунтовий колектор. Серед переваг слід виділити не значну складність спорудження в порівнянні із вертикальним ґрунтовим зондом.

Ґрунтові зонди являють собою конструкцію із пластикових та металевих труб, які занурюють в свердловини на глибину до 100-200 м. Для спорудження ґрунтового зонду затрачається значно менша площа землі, але є необхідність виконувати складну роботу буріння. Постійна відносно висока температура глибинних шарів землі підвищує ефективність теплообміну ґрунтового зонда. Приріст ефективності ТНУ із зондами в порівнянні із горизонтальними колекторами становить близько 20% [5].

Все більше привертають до себе увагу комбіновані теплонасосні системи низькотемпературного опалення з використанням таких відновлюваних джерел енергії, як низькопотенційна енергія ґрунту,

а також енергія скидної теплоти вентиляційного повітря, оскільки вони дають змогу ефективно використовувати два альтернативні джерела енергії, які здатні до взаємної компенсації дефіциту один одного через циклічні зміни їх природних властивостей протягом року, сезону і доби. На рис. 1.2 запропоновано принципову схему теплопостачання на основі двох джерел енергії з використанням теплонасосної установки.

У теплообміннику утилізаторі 3 відбувається поглинання і акумулювання у акумуляторі тепла 2 теплоти скидного повітря. Також контур утилізації містить насоси 6, регулюючі клапани (на рис. не показані), фільтри і систему контрольно-вимірювальних пристроїв і автоматики. По замкнутій схемі система утилізації може використовуватись для опалення або гарячого водопостачання. Теплова енергія може передаватися споживачеві від бака-акумулятора 2, направляючись на котел для догріву 10, а також шляхом використання трансформатора теплоти - теплового насосу, що забезпечує підвищення рівня температури теплоносія на вході до контуру теплового споживача.

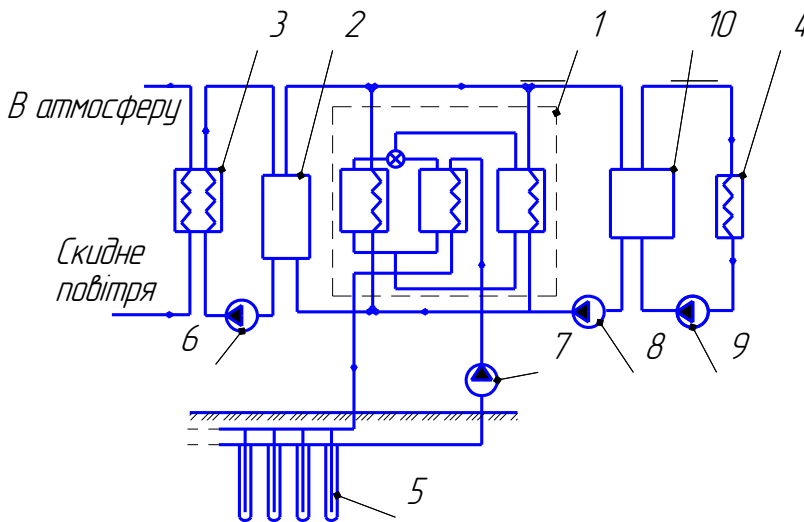


Рис.1.2 - Принципова схема теплопостачання на основі двох відновлюваних джерел енергії з використанням теплонасосної установки.

У моноструктурному режимі роботи ґрунтової системи з використанням ґрунтових теплообмінників 5, підключених до теплового насоса 1, відбувається відведення теплоти, акумульовану в ґрунті і передача її теплому споживачеві 4 через догрів у котлі, на більш високому температурному рівні.

Біструктурна система теплопостачання вирішує використовувати спільно два різноманітних відновлювальних джерела енергії, які за природними властивостями здатні в разі дефіциту до взаємної компенсації. У біструктурній конфігурації комбінованої системи теплопостачання завдяки наявності двох випарників теплового насоса створюються сприятливі умови для утилізації низькопотенційної енергії, яка надходить від двох незалежних джерел – ґрунту та теплоти вентиляційного повітря. В цьому випадку тепловий насос відіграє роль трансформатора теплоти одночасно для двох джерел енергії [5].

У випадку дефіциту відновлюваної енергії та недостатньої потужності теплового насоса конфігурація КСТ передбачає можливість включення в роботу резервного джерела традиційної енергії (дублера) для забезпечення навантаження теплового споживача на необхідному рівні комфорту. Оскільки система теплопостачання на основі відновлюваних джерел енергії є низькопотенційною (температурний рівень теплоносія 40 ... 50°C), передбачено використання опалювальних пристроїв зі збільшеною поверхнею обігріву або, як у запропонованому випадку котла для догріву. Котел є одночасно резервним джерелом енергії, який включається в роботу в разі дефіциту відновлюваної енергії, коли неможливо підтримувати теплові вимоги споживача на належному рівні.

Умовний коефіцієнт перетворення енергії в оптимальних режимах роботи установки з урахуванням затрат енергії на переміщення теплоносія в нижньому контурі при використанні як сонячної енергії, так і теплоти ґрунту для всіх випадків має значення не нижче 4,0, що свідчить про достатню енергетичну ефективність наведеної системи.

## Висновок

При існуючій різноманітності технічних можливостей для систем забезпечення мікроклімату промислових будівель важливо підібрати найбільш ефективний і економічно вигідний варіант. Використання сучасних енергоефективних технологій і засобів автоматизації обладнання дозволяє досягти суттєвої економії енергоресурсів. Доцільно використовувати комбіновану систему теплопостачання з використанням енергії скидної теплоти повітря та теплоти ґрунту. Ефективним є застосування ґрунтових зондів, так як вони володіють більшою ефективністю ніж горизонтальні колектори, та не потребують великої ділянки землі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії України / НАН України, Інститут відновлюваної енергетики, Держ. ком. України з енергозбереження –К., 2005.– 45 с..
2. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного комплексу України. [Електронний ресурс]- Режим доступу: <http://eco.com.ua/content/analiz-suchasnogo-stanu-alternativnoi-energetiki-ta-rekomendatsii-po-ekologizatsii-palivno-e>
3. Теплові насоси. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://tteh.com.ua/pub.php?id=15&lang=ukr>
4. Ратушняк Г.С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навч. посіб./ Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця: ВНТУ, 2010
5. Сидорчук Б. П. Про задачу визначення передаточної функції ґрунтового теплообмінника / Б. П. Сидорчук // Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2014. – Вип. 3(67). – С. 332-338.
6. Навчальний посібник. Низькопотенційна енергетика. А.О.Редько, М.К. Безродний, М.В. Загорученко, О.Ф. Редько, Г.С. Ратушняк, М.Г.Хмельнюк. Харків 2016.

*Дмитро Анатолійович Шпіта*— аспірант, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця : DimaShpita95@e-mail.ua

Науковий керівник: **Георгій Сергійович Ратушняк** — канд. техн. наук, професор кафедри теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця

*Dmitri A. Shpita*— Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : DimaShpita95@e-mail.ua

Supervisor: **Heorhiy S. Ratushniak** — Ph.D., Professor of the Chair of Heating, Ventilation and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.