

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛО-ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Пономарчук Ігор Анатолійович к.т.н., доцент
Слободян Наталія Михайлівна к.т.н., доцент
Вінницький національний технічний університет
Palamarchuk I.
Slobodian N.
Vinnytsia National Technical University

Анотація: виконано аналіз ефективності застосування комбінованої системи тепло-холодопостачання з використанням сонячної енергії, яка забезпечує зменшення необхідної площі сонячних колекторів для теплого періоду року, можливість акумулювання теплової енергії від сонячних колекторів, зменшення необхідної потужності джерел теплоти для холодного періоду року.

Ключові слова: теплова енергія, сонячні колектори, тепло- холодопостачання.

Вступ

Інтерес до альтернативних джерел енергії, який в значній мірі був обумовлений енергетичною кризою 70-х років, продовжує зберігатись і навіть підсилюється в наш час у всіх розвинених країнах. Значна частка енергоресурсів витрачається на створення та підтримання комфортних умов в приміщеннях різного призначення, при цьому ця задача вимагає втрат енергії як у вигляді тепла, так і у вигляді холоду.

Початок використання для опалення сонячної енергії було покладено ще за часів стародавньої Греції і роботи в цьому напрямку не припинялись ніколи, а от використання сонячної енергії для комбінованих систем теплохолодопостачання почалося порівняно недавно, але цей напрямок має значні можливості для подальшого розвитку.

Використання геліосистем для потреб теплопостачання починалося від найпростіших систем, які складаються з сонячного колектора та бака-теплоакумулятора до більш складних і досконалих систем з парокомпресійними холодильними машинами.

Постановка задачі

Використання холодильних машин в геліосистемах теплопостачання дозволяє вирішити декілька задач а саме:

- знизити температуру теплоносія на вході в сонячний колектор, що підвищує його ККД;
- підвищити тепловий потенціал теплоносія на виході до споживача;
- використовувати теплоутилізацію від джерел з низьким тепловим потенціалом.

Для комбінованих систем теплохолодопостачання крім отримання тепла необхідне отримання холоду, при цьому отримання холоду за рахунок сонячної енергії може бути реалізовано за допомогою наступних методів:

- компресійний цикл, в якому охолодження здійснюється сонячною машиною;
- абсорбційні системи;
- випарне охолодження;
- радіаційне охолодження.

З всіх вищезазначених методів отримання холоду за допомогою геліосистем найбільше розповсюдження отримали абсорбційні системи, в яких рушійною силою є сама теплова енергія, що усуває необхідність проміжних перетворень енергії.

Основною конструктивною особливістю комбінованих геліосистем опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування повітря, які використовуються в наш час є відокремленість систем теплопостачання та холодопостачання одна від одної. Таким чином використовується наступна послідовність роботи обладнання: сонячний колектор та бак-теплоакумулятор від якого виконується розподілення тепла до споживачів – систем опалення, гарячого водопостачання або до абсорбційної холодильної машини для отримання холоду, який потрібен системі кондиціонування повітря. Подібна послідовність роботи має ряд недоліків, а саме – від абсорбційної холодильної машини відводиться вторинне тепло, яке викидається в навколишнє середовище без використання. Абсорбційна холодильна машина, яка призначена тільки для отримання холоду, не використовується в перехідний



та холодний періоди, тому є необхідність виконання спеціального циркуляційного контуру для сонячних колекторів.

Комбінована система тепло- холодопостачання

На підвищення ефективності використання сонячної енергії в системах опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування була спрямована розробка комбінованої геліосистеми теплохолодопостачання. Основна ідея полягає у використанні сонячного колектора в якості джерела енергії для абсорбційної холодильної машини, яка в режимі теплового насосу буде забезпечувати не тільки отримання холоду для системи кондиціонування в теплий період, а і для отримання тепла в системах опалення та гарячого водопостачання в перехідний та холодний періоди.

Поставлене завдання вирішується тим, так: бак теплоаккумулятор з теплообмінником гарячого водопостачання підключено до конденсатора абсорбційної холодильної машини з можливістю відведення надлишкової частини гарячого теплоносія до підземного бака-колектора, кондиціонер повітря підключено до абсорбційної холодильної машини з можливістю подачі як холодного теплоносія від випарника, так і гарячого теплоносія від конденсатора, випарник абсорбційної холодильної машини підключено з можливістю подачі охолодженого теплоносія до підземного бака-колектора

Розробка пояснюється схемою комбінованої системи сонячного тепло- та холодопостачання будівлі (рис.1).

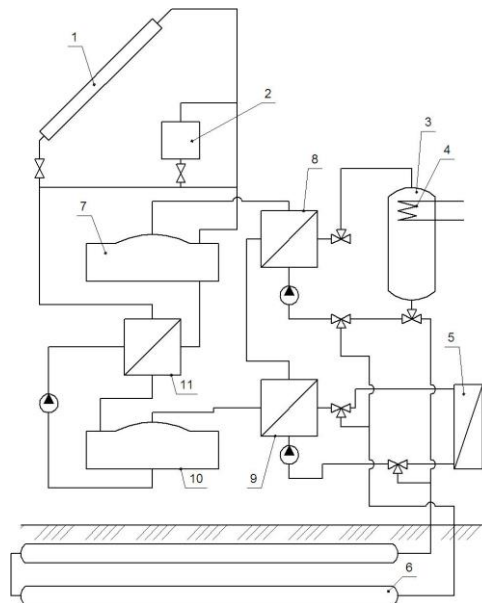
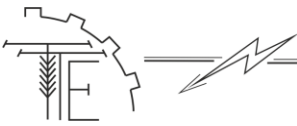


Рис. 1. Схема комбінованої системи сонячного тепло- та холодопостачання

Система тепло- холодопостачання будівлі містить сонячний колектор 1, джерело додаткової енергії 2, бак теплоаккумулятор 3 з теплообмінником гарячого водопостачання 4, кондиціонер повітря 5, підземний бак-колектор 6, а також абсорбційну холодильну машину, яка складається з генератора 7, конденсатора 8, випарувача 9, абсорбера 10, теплообмінника 11.

Система тепло- та холодопостачання будівлі функціонує наступним чином. При сонячному опроміненні колектора відбувається нагрівання суміші абсорбента і холодильного агента холодильної машини. Нагріта суміш абсорбента і холодильного агента надходить до генератора 7, де відбувається випаровування холодильного агента. Нагріті пари холодильного агента надходять до конденсатора 8, від якого нагрітий теплоносій, в теплий період, подається до бака теплоаккумулятора 3 з теплообмінником гарячого водопостачання 4. Після повного нагрівання бака теплоаккумулятора 3 до розрахункової температури теплоносій подається до підземного бака-колектора 6. Після конденсації холодильний агент надходить до випарувача 9, від якого охолоджений теплоносій, в теплий період подається до кондиціонера повітря 5, а в холодний період до підземного бака-колектора 6. При недостатній теплопродуктивності сонячного колектора 1 вводиться в дію джерело додаткової енергії 2. Таким чином система забезпечує в теплий період року одночасно охолодження повітря в кондиціонері і потреби гарячого водопостачання від сонячного колектора. В холодний період року система працює в режимі теплового насоса по теплопостачанню будівлі з живленням частково від сонячного колектора і частково від додаткового джерела енергії.

Функціонування комбінованої системи тепло- холодопостачання в холодний період



Тепловий баланс комбінованої системи тепло- холодопостачання для теплого періоду може бути записаний як:

$$Q'_g + Q'_a = Q'_{g.v.} + Q_o,$$

де Q'_g – теплопродуктивність геліоколекторів та додаткового джерела теплоти;

Q'_a – теплота, яка відводиться від бака-колектора

$Q'_{g.v.}$ – теплопродуктивність системи гарячого водопостачання для холодного періоду;

Q_o – теплопродуктивність системи опалення.

Розрахункова середня витрата тепла на гаряче водопостачання в опалювальний період:

$$Q'_{g.v.} = 1,2 \cdot m \cdot a \cdot c \cdot (60 - t_s) / (24 \cdot 3,6) = 1,2 \cdot 4 \cdot 105 \cdot 4,187 \cdot (60 - 5) / (24 \cdot 3,6) = 1,343 \text{ кВт},$$

де a – норма витрати води на гаряче водопостачання при температурі 60 °С на одну людину за добу, що проживає в будівлі з гарячим водопостачанням, яка приймається в залежності від ступеня комфортності будівель, л;

t_s – температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період (при відсутності даних приймається рівною 5 °С);

c – питома теплоємність води, що приймається в розрахунках рівною 4,187 кДж/(кг·°С);

m – кількість жителів.

Витрати теплоти на опалення індивідуального будинку, що знаходиться у місті Вінниця, визначається за формулою:

$$Q = a \cdot q' \cdot V_b \cdot (t_v - t_z) = 1,12 \cdot 0,61 \cdot 540 \cdot (21 + 23) = 16,3 \text{ кВт}$$

де q' – питома тепла характеристика будівлі, кВт/м³·год·°С;

a – коефіцієнт, що враховує вплив кліматичних умов;

V_b – об'єм будівлі, м³;

t_v – температура внутрішнього повітря в основних приміщеннях будівлі, °С;

t_z – розрахункова температура зовнішнього повітря в районі будівництва, °С.

При використанні бромисто-літєвої абсорбційної холодильної машини, яка має холодильний коефіцієнт 0,7 кількість теплоти, яка відводиться від бака-колектора може бути визначена, як

$$Q'_a = 0,7 Q'_g$$

Таким чином для забезпечення необхідної теплопродуктивності для систем опалення та гарячого водопостачання в 17,6 кВт необхідна потужність джерел теплоти складе 10,3 кВт, тобто забезпечується зменшення енергоспоживання на 58%.

Функціонування комбінованої системи тепло- холодопостачання в теплий період

Для можливості оцінювання ефективності такого використання абсорбційної холодильної машини необхідно скласти приблизний тепловий баланс будівлі по споживанню як теплової енергії так і холоду. Для прикладу можна прийняти індивідуальний будинок на одну сім'ю з шести чоловік

Тепловий баланс комбінованої системи теплохолодопостачання для теплого періоду може бути записаний як:

$$Q_g + Q_k = Q_{g.v.} + Q_a + \Delta Q,$$

де Q_g – теплопродуктивність джерел теплоти в даному випадку сонячних колекторів;

Q_k – холодопродуктивність системи кондиціонування;

$Q_{g.v.}$ – теплопродуктивність системи гарячого водопостачання для теплого періоду;

Q_a – теплота, яка відводиться до бака-колектора для акумуляції;

ΔQ – тепловтрати.

Розрахункова середня витрата тепла на гаряче водопостачання в неопалювальний період:

$$Q'_{g.v.} = Q'_{g.v.} \cdot \beta \cdot (60 - t'_s) / (60 - t_s) = 1,343 \cdot 0,8 \cdot (60 - 15) / (60 - 5) = 0,879 \text{ кВт}$$

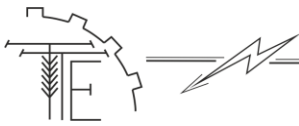
де t'_s – температура холодної (водопровідної) води в неопалювальний період (при відсутності даних приймається рівною 15 °С);

β – коефіцієнт, що враховує зміну середньої витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального періоду, який приймається при відсутності даних для житлово-комунального сектору рівним 0,8 (для курортних і південних міст $\beta=1,5$), для підприємств – 1,0.

Витрати на кондиціонування для індивідуального будинку при 1 кратному обміні визначаються по спрощеній формулі:

$$Q_k = V_b \cdot k \cdot 0,34 \cdot \Delta t = 540 \cdot 1 \cdot 0,34 \cdot 15 = 2754 \text{ Вт}$$

де k – кратність повітрообміну;



Δt – температурний напір ($\Delta t = 15$).

Таким чином для теплого періоду року витрата теплоти на гаряче водопостачання складає близько 30% від необхідної холодопродуктивності на кондиціювання повітря. Відповідно, використання комбінованої системи тепло- холодопостачання дозволяє зменшити необхідну площу сонячних колекторів на 30% по відношенню до системи з окремими системами тепло та холодопостачання.

Крім того з'являється, можливість акумулювати теплову енергію, близько 60% теплопродуктивності сонячних колекторів, в шарі ґрунту за допомогою підземного бака-колектора.

Висновки

Розроблена комбінована система теплохолодопостачання забезпечує:

1. Зменшення необхідної площі сонячних колекторів на 30% для теплого періоду року;
2. Можливість акумулювання теплової енергії від сонячних колекторів;
3. Зменшення необхідної потужності джерел теплоти для холодного періоду року до 58%.

Список літератури

1. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами / Е.М. Белова – М.: Евроклимат, 2003. – 400с.
2. Рей Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М.: Энегоиздат, 1982.– 224с.

References

1. Belova Ye.M. Sistemy konditsionirovaniya vozdukha s chillerami i fenkoylov / Ye.M. Belova- M.:Yevroklimat, 2003. - 400s .
2. Rey D. Teplovyye nasosy / D. Rey , D. Makmaykl . - M .: Enegoizdat , 1982.- 224s .

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: выполнен анализ эффективности применения комбинированной системы теплохладоснабжения с использованием солнечной энергии, которая обеспечивает уменьшение необходимой площади солнечных коллекторов для теплого периода года, возможность аккумуляции тепловой энергии от солнечных коллекторов, уменьшение требуемой мощности источников теплоты для холодного периода года.

Ключевые слова: тепловая энергия, солнечные коллекторы, тепло- холодооснабжение.

ANALYSIS OF EFFICACY OF COMBINED HEATING AND COOLING

Summari: the analysis of the effectiveness of the combined heating and cooling systems using solar energy, which would reduce the required area of solar collectors for warm, the possibility of accumulation of heat energy from solar collectors, reducing the required power heat sources for cold season.

Keywords: thermal energy, solar collectors, thermal cooling.