

COMMISSION OF MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE
POLISH ACADEMY OF SCIENCES BRANCH IN LUBLIN
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF
UKRAINE
MYKOLAYIV STATE AGRARIAN UNIVERSITY
NATIONAL ACADEMY OF NATURE PROTECTION AND RESORT BUILDING IN
SYMFEROPOL
UNIVERSITY OF ENGINEERING AND ECONOMICS IN RZESZÓW

MOTROL

MOTORIZATION AND POWER INDUSTRY IN AGRICULTURE

Tom 12 B

LUBLIN 2010

Redaktor naczelny: Eugeniusz Krasowski

Sekretarz redakcji: Wojciech Tanaś

Komitet Redakcyjny

Dmytro Melnychuk, Eugeniusz Krasowski, Valeriy Dubrovin, Valeriy Adamchuk, Volodymyr Bułgakow, Zbigniew Burski, Sergiey Fedorkin, Jan Gliński, Yakov Gukov, Aleksander Hofubenko, Volodymyr Kravchuk, Janusz Laskowski, Vyatcheslav Loveykin, Ryszard Michalski, Walentin Myronenko, Janusz Mysłowski, Maksym Melnychuk, Iliia Nikolenko, Paweł Nosko, Marek Rozmus

Komitet Programowy

Leonid Aniskewych, Kiev, Ukraine	Jerzy Merkisz, Poznań, Poland
Mykoła Chausow, Kiev, Ukraine	Leszek Mościcki, Lublin, Poland
Semen Drahniw, Kiev, Ukraine	Jarostaw Mychajłowicz, Kiev, Ukraine
Kazimierz A. Dreszer, Lublin, Polska	Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Sergiey Fryshev, Kiev, Ukraine	Wiktor Neswidomin, Kiev, Ukraine
Hennadiy Golub, Kiev, Ukraine	Józef Sawa, Lublin, Poland
L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland	Sergiey Pyłypaka, Kiev, Ukraine
Józef Kowalczuk, Lublin, Poland	Iwan Revenko, Kiev, Ukraine
Volodymyr Kovbasa, Kiev, Ukraine	Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland	Władysław Rubłow, Kiev, Ukraine
Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland	Georgiy Tayanowski, Mińsk, Bielarus
Iwan Melnyk, Kiev, Ukraine	Janusz Wojdalski, Warszawa, Poland

© Copyright by Narodowy Uniwersytet Biologicznych Źródeł Energii
i Wykorzystania Przyrody, Kiev 2010-12-14

© Copyright by Komisja Motoryzacji Energetyki Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk
Oddział w Lublinie, Lublin 2010-12-13
ISSN 1730-8658

Opracowanie redakcyjne: Valeriy Dubrovin
Weryfikacja tekstów w języku angielskim: Semen Drahniw
Skład i łamanie: Iwan Rohowski
Projekt okładki: Eugeniusz Krasowski
Fotografia na okładce: Janusz Laskowski
Opracowanie plastyczne okładki: Barbara Jarosik

Adres redakcji: Komisja Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa PAN Oddział w Lublinie
ul. Wielkopolska 62, 20-725 Lublin
tel./fax. (081) 526 93 27
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

Prace drukowane w MOTROLu i w Tece znajdują się na stronie internetowej:
[http:// www.pan-ol.lublin.pl](http://www.pan-ol.lublin.pl)

Wydawca

KOMISJA MOTORYZACJI I ENERGETYKI ROLNICTWA PAN ODDZIAŁ W LUBLINIE
NARODOWY UNIWERSYTET BIOLOGICZNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII I WYKORZYSTANIA
PRZYRODY

Nakład 200 egz. Ark. druku 12.75

СПОСОБИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКІВ

Volodymyr Kalynychenko*, Tytko Ryshard**

*Poltava State Agrarian Academy (Ukraine)

**Union School of Electrical in Krakow (Poland)

Анотація. Розглянуто фактори, які необхідно враховувати при проектуванні теплового забезпечення будинків з використанням теплового насосу та схеми підключення теплових насосів разом з іншими джерелами постачання тепла.

Ключові слова: будинок, енергетика, насос, теплота.

ВСТУП

Найбільш універсальним джерелом низькопотенціальної теплоти більшої частини України є ґрунт та ґрунтові води. Температура ґрунту та гірських порід біля поверхні Землі визначається балансом теплової енергії, що надходить від Сонця та тепловим випромінюванням земної поверхні. Теплова енергія, що надійшла від Сонця, акумулюється в шарі ґрунту осадових та гірських порід на глибинах до ізотермічної поверхні. Шар ґрунту між глибиною промерзання та ізотермічною поверхнею може розглядатися як природний сезонний акумулятор теплової енергії, причому енергія, відведена в зимовий період буде відновлюватись в теплий період року; це стосується і ґрунтових вод, що насичують вищевказаний шар ґрунту та осадових порід.

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентиляції приміщень. Величезний потенціал цієї низькопотенційної енергії Землі можна використовувати для опалення і/або охолодження за допомогою теплових насосів. Температура первинного теплоносія в теплонасосі може бути від $-5-7$ до $+10-12^{\circ}\text{C}$ і є придатною для підігріву теплоносія у опалювальній системі до температури $40-70^{\circ}\text{C}$. Світовий досвід свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують в теплонасосних установках потужністю до $70-100$ кВт, що обслуговують окремі невеликі приватні будинки міст та сіл [4].

Теплові насоси можуть використовуватись майже скрізь. За останні десятиріччя з багатьох країн існує державна політика зволення власників будинків до встановлення теплових насосів для опалення своїх будинків взимку або для охолодження (кондиціонування повітря) в літній час. Вартість виконаних проектів у більшості країн світу зазвичай покривається урядом для збільшення зацікавленості встановленням таких пристроїв, як джерела відновлюваної енергетики. Серед світових лідерів виробництва теплових насосів є США, що мають 650000 теплових насосів (6820 МВт) та виробляють кількість енергії, що дорівнює 6300 ГВтгод/рік (на 2007). Щорічне зростання виробництва енергії за допомогою теплових насосів у цій країні становить 10% . Країни, що максимально застосовують теплові насоси: Швеція, Франція, Німеччина, Австрія (табл. 1) [5].

В Україні експлуатується $9,3$ млн. приватних будинків з загальною площею $515,8$ млн. м^2 . Для їх теплопостачання можна використовувати теплонасоси з теоретичним запасом теплової енергії 525855 тис. МВтгод на рік. Це і є теоретичні ресурси теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод, що значно перевищують потреби енергії для опалення садибних житлових будинків [2].

Слід відзначити, що Україна має дуже високий енергетичний потенціал поверхневої теплоти ґрунту та ґрунтових вод але в той же час проекти з встановлення теплових насосів в Україні паразитують дуже поодинокі та нечисленні і впроваджуються в основному завдяки приватним інвесторам. Малий досвід та відсутність необхідних знань може дуже сильно позначитися на ефективності роботи системи теплопостачання та її економічності.

Застосування теплового насосу з недостатньою потужністю призводить до недостатнього обігріву помешкання при пікових значеннях мінусових температур, з іншого боку завелика потужність призводить до значного збільшення вартості системи опалення. Треба враховувати, що головною перешкодою, що стримує встановлення теплових насосів якраз і є значні початкові капіталовкладення.

Таблиця 1. Кількість теплових насосів в країнах ЄС та отриманої за їх допомогою енергії.

Країни	2007		2008	
	Кількість	МВт/год	Кількість	МВт/год
Швеція	298049	2682,0	320687	2909,0
Німеччина	115813	1273,9	150263	1652,9
Франція	105056	1155,6	124181	1366,0
Данія	38912	827,9	46412	857,9
Фінляндія	15230	392,0	19310	508,0
Австрія	40549	454,1	48641	544,8
Польща	10000	133,0	11000	180,0
Європейський союз	676357	7684,1	785206	8955,4

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Опис конструкції та принципу дії різних видів теплових насосів є на сайтах основних виробників відповідного обладнання та численних наукових та науково-популярних статтях присвячених використанню низькопотенційного тепла ґрунту та ґрунтових вод для потреб теплозабезпечення [6-9]. В основному в цій літературі описується використання теплового насосу в якості основного джерела енергії та мало уваги приділяється змішаним системам опалення з декількома джерелами енергії. Але теплові насоси мають свої конструктивні особливості та недоліки. Тому при підборі теплового насосу та виборі способу його підключення необхідно пристосовуватись до потреб конкретного користувача та максимально враховувати особливості кожного з інвестиційних проектів. Інтеграція теплового насосу з іншими джерелами теплової енергії підвищує енергетичну безпеку та незалежність об'єкту та сильно впливає на кінцеву вартість проекту і експлуатаційні витрати при опаленні.

РЕЗУЛЬТАТИ І ДИСКУСІЯ

Правильно виконаний проект теплозабезпечення з використанням теплового насосу буде завжди забезпечувати потрібне тепло в домі і необхідну кількість гарячої побутової води з використанням енергії, взятої з навколишнього середовища. При цьому власник об'єкту не заморзне взимку і інвестиційні кошти будуть використані максимально ефективно.

При розробці системи теплового забезпечення будинку з використанням теплового насосу необхідно:

- визначити загальну потребу будівлі у тепловій енергії;
- визначити принципову схему системи опалення
- необхідно, додаткові джерела теплозабезпечення;
- визначити опалювальні прилади у вторинному колі теплового насосу;
- визначити найбільш придатне джерело низькопотенційного тепла для живлення теплового насосу;
- розрахувати необхідну потужність теплового насосу.

Визначення загальної потреби будівлі в тепловій енергії. Визначення опалювального навантаження житлового будинку має вирішальне значення при плануванні будь-якої

опалювальної системи. Потужність опалювального обладнання показує необхідне опалювальне навантаження для компенсації теплових втрат через зовнішні огорожі, тобто стіни, стелі, підлоги, вікна, двері і вентиляційну систему, а також теплових втрат у конкретному місці і при заданих умовах проектування. Опалювальне навантаження повинне бути розраховане і для кількості тепла, необхідного для гарячого водопостачання [11]. Споживання тепла розглядається, як характеристика будівлі. Вид опалення не має впливу на його значення. Цей вплив, однак, має важливе значення для визначення річного споживання енергії. Повне споживання теплової енергії Q_n є сумою:

$$Q_n = Q_T + Q_L \quad (1)$$

де Q_T – потреба в теплі на покриття втрат, пов'язаних з проникненням тепла через перегородки, які оточують приміщення (теплопровідність), Дж; Q_L – потреба в теплі на покриття втрат, пов'язаних з обігрівом повітря, необхідного для провітрювання приміщення (вентиляційне тепло), Дж.

Метою теплових розрахунків є перевірка відповідності будівельної конструкції даному типу опалення. При виконанні теплового розрахунку приміщення, враховуються: тип приміщення, площу приміщення, бажаний температурний режим, матеріал і товщину стін, наявність утеплення, тип вікон, співвідношення площі вікон і підлоги (у відсотках) і т.ін.

$$Q_T = k \cdot A(T_i - T_a) = \frac{A(T_i - T_a)}{R_k}, \text{ Вт} \quad (2)$$

де A – поверхня огорожуючих конструкцій, м^2 ; k – сумарний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$; $R_k = 1/k$ – опір теплопередачі, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; T_i – внутрішня температура, $^{\circ}\text{C}$; T_a – зовнішня температура, $^{\circ}\text{C}$.

$$Q_L = V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_i - T_a), \text{ Вт} \quad (3)$$

де V – інтенсивність потоку, $\text{м}^3/\text{год}$; c – питома теплоємність повітря, $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{К}$; ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Повна потреба у тепловій енергії є сумою втрат на покриття потреб у теплопровідності всіх кімнат будинку. У суму тепла вентиляції враховують коригуючий коефіцієнт, оскільки не через всі покриття йде однаковий повітряобмін.

Визначення принципової схеми системи опалення. На другому етапі необхідно визначити принципову схему теплозабезпечення. Визначим для системи опалення є кількість обігрівальних пристроїв. У більшості випадків система теплозабезпечення з одним тільки тепловим насосом є не завжди виправданою з економічної точки зору. Кожен додатковий кіловат потужності теплового насоса досить дорого коштує, і, якщо при проектуванні орієнтуватись на покриття потреб у тепловій енергії при пікових навантаженнях у максимально холодний період, система може невикорядано багато коштувати. Тому зазвичай разом з тепловим насосом проєктують одне чи навіть більше додаткових джерел теплопостачання [11]. Це можуть бути: газовий, мазутний, твердопаливний або електричний котли, геліосистема, комин з водяним контуром, електричні радіатори, інфрачервоні системи опалення і т.ін. На рис. 1 – рис. 4 представлено різні системи теплопостачання з використанням теплового насосу [3].

Моновалентна система. Система в якій використовується лише одне джерело теплопостачання називається моновалентною системою. Тепловий насос (рис. 1.) – це єдиний опалювальний пристрій, який покриває 100% енергетичних потреб у повному діапазоні взятих для розрахунків внутрішніх і зовнішніх температур. В таких системах опалення в якості опалювальних приладів вторинного кола застосовується низькотемпературні системи радіаторів і системи «тепла підлога», «теплі стіни» з температурою живлення до 65°C . Джерелом низькопотенційного тепла може бути: ґрунт, вода.

Система бівалентна – альтернативна. Опалювальна система в якій працюють два обігрівачі пристрої, співпрацюючи між собою в різних конфігураціях називається бівалентною (рис. 2). Тепловий насос покриває енергетичні потреби до визначеної зовнішньої температури (T_{bw} – температура бівалентної точки, вимикання теплового насосу), наприклад – 8°C . За цієї температури припиняється робота теплового насосу, обігрівання здійснюється іншим пристроєм (електричним або газовим котлом, комином з водяним контуром або т.ін.). В якості опалювальних приладів використовують як низькотемпературні системи радіаторів і

системи «тепла підлога», «теплі стіни» (води, ґрунту, повітря) так і високотемпературні радіатори з температурою живлення до $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рис. 1. Моновалентна система.

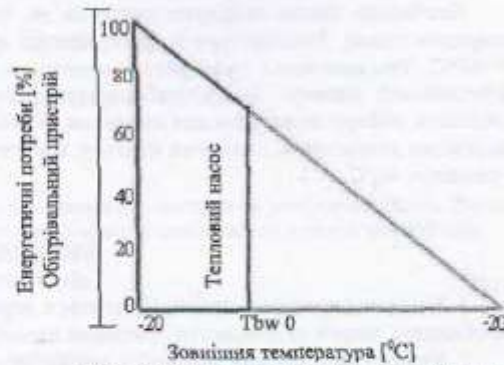


Рис. 2. Бівалентна система – альтернативна.

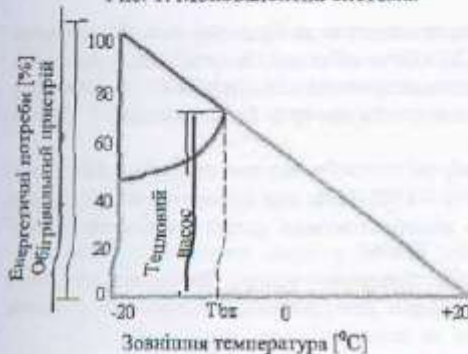


Рис. 3. Бівалентна система – паралельна моноенергетична.

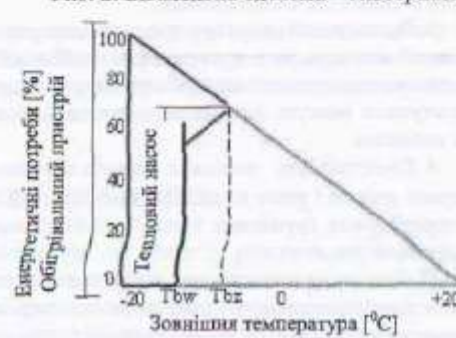


Рис. 4. Бівалентна система – частково паралельна.

Бівалентна система – паралельна моноенергетична. У такій системі опалення працюють два обігрівачі пристрої (рис. 3). Тепловий насос покриває енергетичні потреби до визначеної зовнішньої температури (T_{bz} – температура бівалентної точки, перемикає на інший пристрій), наприклад -8°C . За цієї температури в роботу вступає другий обігрівачий пристрій. З цього моменту обидва пристрої працюють паралельно. У випадку, якщо другим обігрівачем є електричний нагрівач, це є бівалентна паралельна моноенергетична система. Джерелом низькопотенційного тепла може бути: ґрунт, вода.

Бівалентна система – частково-паралельна. Робоча система застосовується за температури живлення до 65°C і більше (рис. 4.). Ця система працює аналогічно попередній, і за температури, наприклад -8°C , в роботу вступає другий обігрівачий пристрій, наприклад газовий або дизельний котел, електричний нагрівач. З цього моменту обидва пристрої працюють паралельно. Але при подальшому зниженні зовнішньої температури тепловий насос вимикається (температура бівалентної точки, вимикання теплового насоса), і все навантаження переймає другий обігрівачий пристрій, наприклад котел, нагрівач, турбокомін. Джерелом низькопотенційного тепла може бути ґрунт, вода або повітря.

Вибираючи систему тепло забезпечення необхідно враховувати, що ефективність роботи теплового насоса в значній мірі залежить від температури зовнішнього джерела тепла. При зменшенні температури цього джерела до $-5-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ коефіцієнт потужності теплового насоса зменшується до 1 і його використання стає неефективним. Тому повітряні теплові насоси на більшості території України використовувати без додаткового джерела живлення не рекомендується. Теплові насоси, використовуючи ґрунтові води або вертикальні ґрунтові колектори потребують більших початкових капіталовкладень на

облаштування свердловин або палів та ґрунтові роботи, але в подальшому зменшуються експлуатаційні витрати на систему опалення і в такому випадку можна обійтись моновалентною системою опалення тепловим насосом.

Необхідно також звернути увагу на те, що теплові насоси є низькотемпературним джерелом тепла. Температура води, отримана на виході з теплового насоса, не перевищує 55–65°C. Чим нижчою є температура живлення системи опалення тим вищим є коефіцієнт ефективності насосу. Тому, вибираючи тепловий насос, особливу увагу необхідно приділити вибору пристроїв для опалення. Найбільш ефективними низькотемпературними системами опалення є опалення підлоги або стін, оскільки потребує температури, що не перевищує 40°C.

ВИСНОВКИ

1. Завдяки державній політиці багатьох держав світу та Євросоюзу щорічне зростання виробництва енергії за допомогою теплових насосів становить близько 10%.

2. Україна має значний потенціал для використання теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод за допомогою тепло насосів.

3. Правильний розрахунок потужності теплового насоса та вибір схеми його підключення повинен максимально враховувати особливості кожного об'єкту. Це дозволить підвищити ефективність системи теплозабезпечення, підвищити енергетичну безпеку об'єкту. Помилки у розрахунках можуть сильно вплинути на кінцеву вартість проекту і експлуатаційні витрати при опаленні.

4. Ефективність теплових насосів значною мірою залежить від температури зовнішнього джерела енергії і різко падає при зменшенні її до -5 – 8 °C. Тому при використанні повітряних та поверхневих ґрунтових тепло насосів бажано використовувати схеми з альтернативними джерелами тепла.

5. Теплові насоси це низькотемпературне джерело тепла. Використання їх з високотемпературними радіаторами, характерними для звичайної системи опалення, зменшує ефективність усієї системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи : Довідник / "НДІпроектреконструкція", Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. – 144 с.
2. <http://energomenedgment.com.ua/index.php?do=cat&category=2.-yenergeticheskij-potencial-ukrainy>.
3. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі в Україні) / Р. Титко, В.М. Калініченко. – Варшава: OWG. – 2010. – 532 с.
4. Miesięcznik "Czysta Energia" 2006/07/08 EurObserver Parsi – France partner Instytutu Energetyki Odnawialnej w Warszawie 2009.
5. <http://wdc.org.ua/uk/book/export/html/2118>.
6. www.danfoss.com.
7. www.viessmann.com.
8. <http://heliotherm.ru/teplovye-nasosy/zemlyanoj-teplovoj-nasos>.
9. <http://www.teplonasos.com/ru/novosti/stati/okupaemost-teplovyyx-nasosov.html>.
10. „Pompy ciepła” Stiebel Eltron Polska sp. z o. o. Warszawa.
11. <http://www.teplonasos.com>.

WAYS OF USE OF THERMOCOMPRESSORS FOR POWER MAINTENANCE OF DWELLINGS

Summary. Factors, which must be taken at planning of the house thermal providing with the use of pump thermal and charts of heat-pumps connecting together with other sources of heat supply, are considered.

Key words: building, power, pump, thermal.