

УДК 621.577.6:658.264

© 2011

*Ришард Тутко*

Об'єднання шкіл електричних №1 (м. Краків, Польща)

*Калініченко А.В., доктор сільськогосподарських наук, професор,**Калініченко В.М., кандидат сільськогосподарських наук*

Полтавська державна аграрна академія

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ТИПУ «ПОВІТРЯ – ВОДА» У СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

*Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор П.В. Писаренко*

*Представлено результати дослідження ефективності використання теплового насоса типу «повітря – вода» в системах теплопостачання при різних режимах роботи. Дослідження проводилися на лабораторній дослідній установці з автоматичною фіксацією параметрів роботи обладнання на комп'ютері. Показано результати вимірювання температури робочої рідини в обігрівальному циклі теплового насоса. На основі експериментальних досліджень визначено залежність коефіцієнта потужності теплового насоса від температури зовнішнього повітря й від робочої температури системи опалення.*

**Ключові слова:** тепловий насос, коефіцієнт потужності, система теплозабезпечення, низько потенційне джерело тепла, робочий цикл.

**Постановка проблеми.** Використання альтернативних екологічно чистих джерел енергії може запобігти назріваючій енергетичній кризі в Україні. Перспективним напрямом відновлюваної енергетики є використання енергії, що накопичується у водоймищах, ґрунті, геотермальних джерелах, технологічних викидах (повітря, вода, стоки та ін.). Проте температура цих джерел досить низька (0-25°C), і для ефективного їх використання необхідно здійснити перенесення цієї енергії на вищий температурний рівень (50-100 °C). Реалізується таке перетворення тепловими насосами (ТН), які, по суті, являються парокompресійними холодильними машинами.

У системах мікроклімату широко використовуються теплові насоси типу «повітря – повітря» та «повітря – вода» [6]. Зовнішнє повітря продувається через випарник, а тепло, що відводиться від конденсатора, нагріває повітря в приміщенні. Перевагою таких систем є доступність зовнішнього низькопотенційного джерела тепла – повітря. Проте температура повітря змінюється у значному діапазоні, досягаючи негативних значень. При цьому ефективність теплового насоса значно знижується. Так, зміна температури зов-

нішнього повітря з 7°C до мінус 10°C призводить до зниження продуктивності теплового насоса в 1,5-2 рази, а при ще більшому зниженні зовнішньої температури робота теплового насоса взагалі може бути неефективною [4]. Тому для порівняння експлуатаційних витрат теплового насоса з традиційними джерелами теплопостачання важливим є визначення коефіцієнта ефективності теплового насоса.

**Аналіз основних досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми.** Основними перевагами теплових насосів є економічність, екологічність, універсальність (можливість робити як опалювального пристрою, так і у режимі кондиціонера), безпечність [2].

Теплові насоси використовують у різних галузях промисловості, житловому і громадському секторах [3]. Нині у світі експлуатується понад 14 млн. теплових насосів різної потужності, – від десятків кіловат до мегават. Щорічно парк ТН поповнюється приблизно на 1 млн. штук [6]. Підвищена популярність цього екологічного джерела енергії зумовила появу значної кількості літератури як із загальним описом принципу дії та конструкції, так і з розрахунками для підбору потужності ТН для об'єктів теплопостачання. Однією з найважливіших характеристик ТН є коефіцієнт потужності, який залежить від температури зовнішнього джерела живлення й від температури, на яку розрахована система опалення [5, 6]. Досліджень таких залежностей у сучасній науковій літературі досить мало.

**Мета досліджень** – дослідження коефіцієнта ефективності теплового насоса типу «повітря – вода» фірми «FONKO» в умовах Кракова.

**Матеріали і методи досліджень.** Лабораторний комплекс для дослідження теплового насоса, до складу якого входить власне тепловий насос, теплообмінник, система контрольно-вимірювальних приладів із лічильниками тепла та електроенергії, що підключена до комп'ютера.

**Результати дослідження.** У лабораторії відновлюваних джерел енергії Об'єднання шкіл електричних №1 у Кракові було проведено дослідження для визначення коефіцієнта потужності теплового насоса типу «повітря – вода». Насос використовується для опалення або охолодження приміщень, а також у системі гарячого водопостачання. На рисунку 1 показана функціональна схема комплексу лабораторного обладнання, що використовується у навчальному процесі з вивчення відновлюваних джерел енергії.

Тепловий насос розміщено у приміщенні лабораторії, а повітря надходить до нього й відводиться після робочого циклу за допомогою труб ПВХ із діаметром умовного проходу 100 мм<sup>2</sup>.

Прилад оснащений двома вентиляторами, які пропускають повітря через мідний колектор вхідного контуру джерела тепла й водночас є випарником, в якому безпосередньо відбувається випаровування. Технічна характеристика, що надає фірма-виробник насосу, подана у таблиці 1.

Робоча рідина подається на теплообмінник у баку-акумуляторі ємністю 300 літрів, підігрівуючи воду в ньому. Пристрої зв'язані в контур за допомогою мідних труб. Циркуляція води відбувається за допомогою циркуляційного насоса, який є елементом теплового насоса. У циркуляційній системі опалення знаходиться водний розчин етилового гліколю з концентрацією 50%.

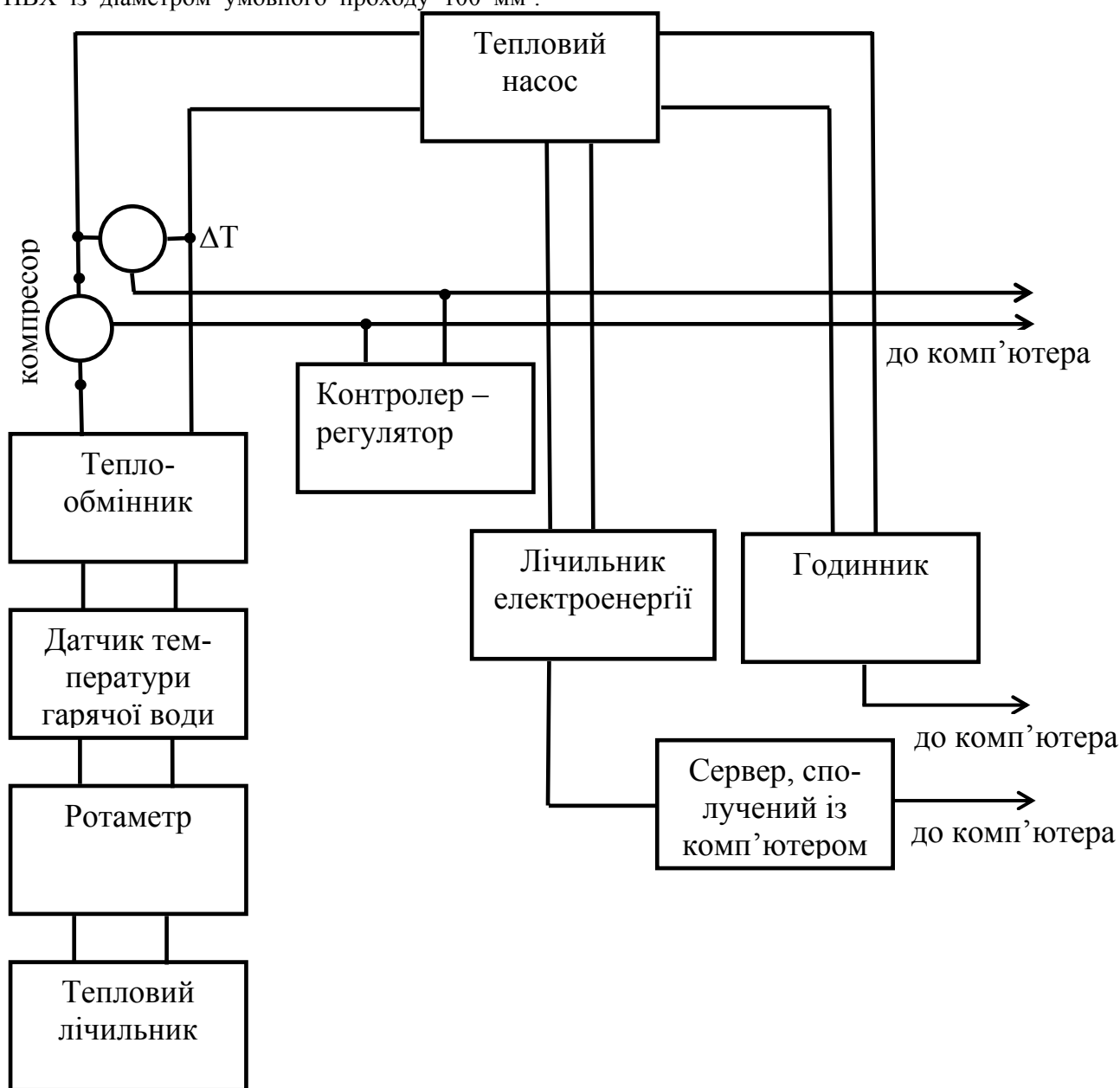
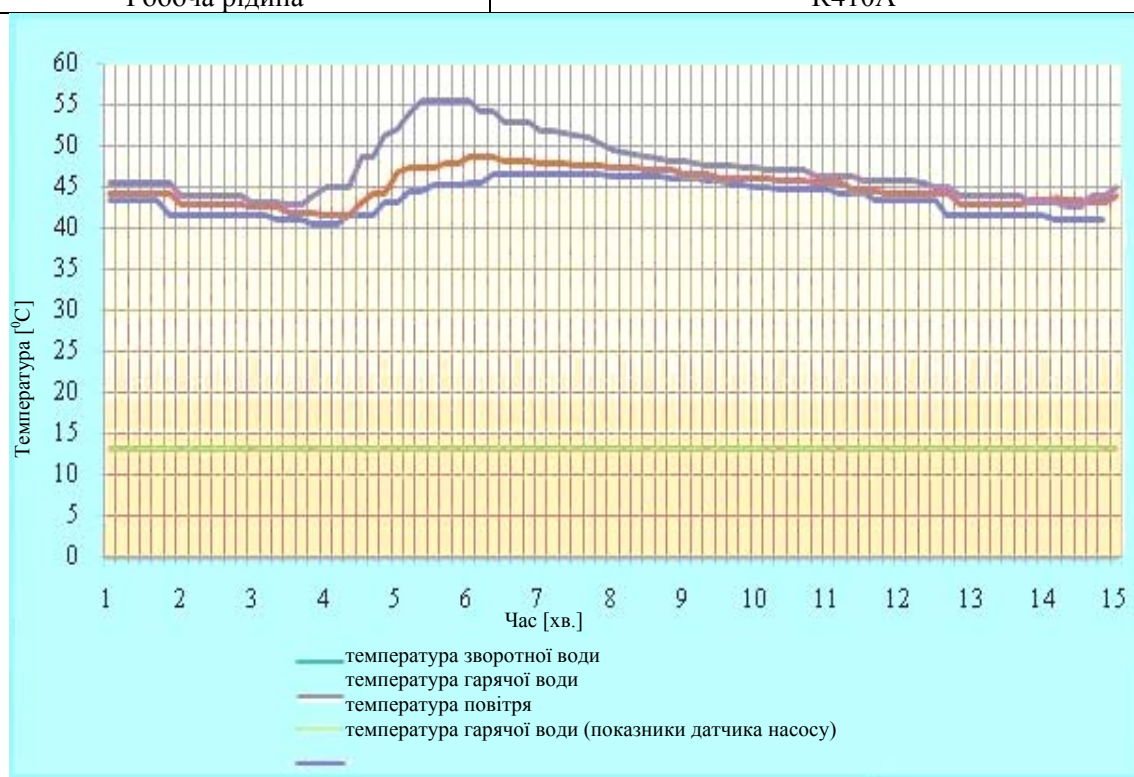


Рис. 1. Функціональна схема дослідної установки теплового насоса

**1. Технічні характеристики теплового насоса DXA60LGA фірми FONKO**

Тип	Повітря / гліколь
Джерело тепла	атмосферне повітря
Обігрівальна потужність	18,1 [кВт]
Потужність охолодження	15,08 [кВт]
Споживча потужність	7,727 [кВт]
Вхідний струм	400 В-50 Гц, трифазовий
Вага установки	175 [кг]
Розмір	1025x1580x425 [мм]
Температура повітря	-10[°C] в трубі нагріву +60 [°C] в трубі охолодження
Макс. температура води с.о.	+55 [°C]
Мінім. різниця рівнів інсталяції	15 [м]
Макс. різниця рівнів інсталяції	30 [м]
Робоча рідина	R410A



**Рис. 2. Фрагмент діаграми коливань температури рідини в обігрівальному циклі**

Для визначення кількості отриманої теплової енергії використовуються термометри, встановлені безпосередньо за або перед тепловим насосом, які контролюють зміни температури в циклі опалення. Крива змін температур разом зі зміною температури повітря чи даних із комп'ютера системи відображена на діаграмі (рис. 2), де подано один повний цикл роботи теплового насоса.

Кількість електроенергії, що витрачається тепловим насосом, реєструється за допомогою електричного лічильника, а кількість теплової енергії

розраховується з використанням даних ротаметра й температурних датчиків.

Подібно до всіх інших холодильних машин, тепловий насос використовує механічну (електричну або іншу) енергію для реалізації термодинамічного циклу. Ця енергія витрачається на привід компресора. Основною характеристикою теплового насоса є коефіцієнт потужності (коефіцієнт ефективності).

Коефіцієнт потужності ( $\epsilon$ ) – це співвідношення теплової енергії, що відводиться із системи джерела тепла вхідного контура, та електроенер-

гії  $E$ , що споживається тепловим насосом.

$$\varepsilon = \frac{Q}{E}$$

$$Q = m \cdot C_v \cdot \Delta T [\text{кВт} \cdot \text{год}],$$

де:  $Q$  – тепло, отримане з системи [Дж];  $E$  – отримана електроенергія [Дж];  $c_v$  – **питома масова теплоємність** рідини в циклі опалення [Дж / кг · К];  $m$  – маса теплоносія, [кг];  $\Delta T$  – різниця температур теплоносія до і після віддачі теплової енергії [К].

$$E = U \cdot I \cdot t [\text{кВт} \cdot \text{год}],$$

де:  $U$  – напруга [В];  $I$  – струм [А];  $t$  – час [год].

На основі представленого фрагмента коливань температури виділено один повний цикл роботи насоса. Час тривання циклу становить 10 хв. безперервної роботи компресора, 70 секунд роботи вентиляторів. Вимірювання проводилися при температурі повітря (зовнішнього низькопотенційного джерела тепла) 5 °С.

За допомогою вищезазначених формул розраховано:

$$Q = 2859436 [\text{Дж}] = 0,794288 [\text{кВт} \cdot \text{год}]$$

$$E = 0,2365 [\text{кВт} \cdot \text{год}]$$

$$\varepsilon = 3,36.$$

Тобто, при температурі зовнішнього повітря 5 °С на кожний кіловат електричної енергії ми отримуємо 3,36 кВт теплової енергії.

Відомо, що коефіцієнт потужності залежить від температури зовнішнього джерела тепла [6].

Теплові насоси, де верхнім джерелом живлення є повітря, найбільше залежать від погодних умов у порівнянні з ґрунтовими теплонасосами або тими, що використовують у якості джерела живлення ґрунтові води. Крім того, коефіцієнт потужності більший при менших температурах у вторинному колі. Отже, найвигідніше ТН використовувати з низькотемпературними системами опалення типу теплі поли, теплі стіни і т. ін., де температура у вторинному колі не перевищує 40 °С.

Нами було досліджено ефективність теплового насоса за різних значень температури зовнішнього джерела тепла – повітря (рис. 3).

Графік ілюструє чітку залежність показників ефективності теплового насоса типу «повітря-вода» від зовнішньої температури й від характеру системи опалення. З графіків видно, що при зменшенні зовнішньої температури з 0 до -12 коефіцієнт потужності ( $\varepsilon$ ) зменшується практично у два рази. І, навпаки, при збільшенні лише на 10 градусів із 0 до +10  $\varepsilon$  збільшується також практично вдвічі.

Вибір системи опалення навіть більше впливає на ефективність ТН, ніж температура повітря. При мінусових температурах використання ТН із традиційними високотемпературними системами опалення неефективне. Натомість при заміні традиційних систем опалення на низькотемпературні ефективність теплових насосів різко зростає. Тому при проектуванні систем опалення з використанням теплового насоса необхідно обов'язково враховувати і цей фактор.

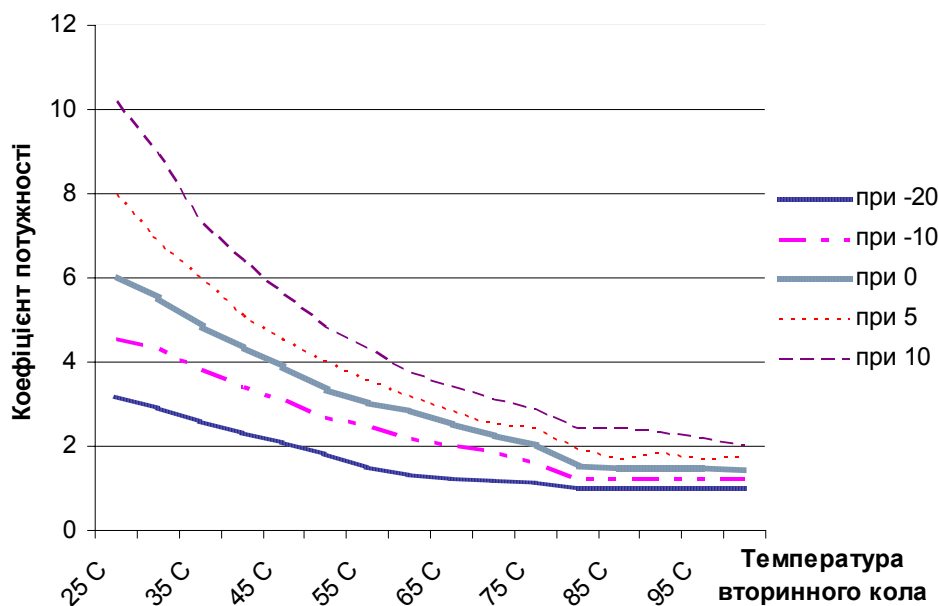


Рис. 3. Залежність коефіцієнта потужності від зовнішньої температури й типу системи опалення

**Висновки.** Тепловий насос є надійним, високоефективним, безпечним та екологічним джерелом відновлюваної енергії для використання у системах опалення та гарячого водопостачання.

Ефективність теплового насоса типу «повітря – вода» значною мірою залежить від температу-

ри зовнішнього повітря.

На ефективність теплового насоса суттєвий вплив має температура, на яку розрахована система опалення. Найбільш ефективними для роботи з ТН є низькотемпературні системи опалення: тепла підлога, теплі стіни і т ін.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <[www.ukrenergo.energy.gov.ua](http://www.ukrenergo.energy.gov.ua)>
2. Офіційний сайт Агентства по відновлюваній енергетиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <<http://www.rea.org.ua/>>
3. Стратегія енергозбереження в Україні: аналіт.-довід. матеріали / за ред. В.А. Жовтянського,

М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К. : Академперіодика. – Т. 1. – 2006. – 510 с.

4. *Górecka R.*, Teoria i technika eksperymentu , Skrypt Politechniki Krakowskiej. – Kraków, 1995. – Str. 25-26.

5. [www.fonko.pl](http://www.fonko.pl)

6. *Zalewski.* Pompy ciepła podstawy teoretyczne i przykłady zastosowania P.K. Kraków. – 1995. – 365 с.