

ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНА ВІТРОТЕПЛОНАСОСНА ТЕХНОЛОГІЯ

Жарков В. Я., Никифорова Л. Є.

Таврійський державний агротехнологічний університет (м. Мелітополь)

Запропонована екологічнобезпечна технологія роботи ТН з використанням високо киплячої речовини (C_2H_5OH) в якості робочого тіла.

Постановка проблеми. За даними Міжнародного Енергетичного Агентства (ІЕА) до 2020 р. в розвинутих країнах світу частка опалення і гарячого водопостачання за допомогою теплових насосів (ТН) становитиме 75%. На сьогодні ТН, без сумніву, є найбільш перспективним серед джерел "нетрадиційної енергетики" для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості "черпати" поновлювальну енергію із довкілля.

Одним із основних завдань Державної програми енергоефективності на 2010—2015 роки є "впровадження технологій, що передбачають використання теплових насосів ..." [1].

У результаті виконання Програми намічено зменшити обсяги [1]: використання природного газу для опалення житлового фонду на 60%, будівель бюджетних установ — на 35%; використання природних ресурсів (води, корисних копалин, атмосферного повітря тощо) на 15—20 %; викидів забруднювальних речовин на 15—20%.

Проте вирішення питань вибору типу ТН, масштабів і галузей їхнього застосування в різних країнах є далеко не однозначним.

Проте в Україні створення і впровадження ТН базується в основному на ентузіазмі виконавців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В США і Японії для опалення і кондиціонування повітря широко застосовуються реверсивні ТНУ класу "повітря-повітря". В Європі також 77% установлених ТН використовують зовнішнє повітря як джерело теплоти, хоча в Швеції, Швейцарії і Австрії переважають ТН, що відбирають тепло із ґрунту. Найбільш потужні ТН експлуатуються в Швеції і країнах Скандинавії, а найпотужніша у світі ТНС з установленою тепловою потужністю 320 МВт успішно працює в Стокгольмі, використовуючи в якості низькотемпературного джерела теплоти води Балтійського моря.

Одним із найбільш важливих питань вибору типу ТН є вид робочого тіла. В принципі це може бути будь-який газ за нормальних умов, наприклад повітря (рідина не підходить із-за її нестискання). Але для ефективності теплонасосної технології бажано, щоб в якості робочого тіла застосовувалася речовина з фазовим переходом – з рідкого стану в газоподібний [2].

По-друге – це вибір приводу ТН. Найбільш зручним і доступним в якості приводу ТН є електродвигун. Проте останній не є ефективним з точки зору загального коефіцієнту використання первинних енергоресурсів (ПЕР).

Відношення спожитої теплової енергії Q_1 до затраченої енергії двигуна $W_{дв}$ називається коефіцієнтом перетворення (КОП) теплового насоса

$$КОП = Q_1 / W_{дв}, \quad (1)$$

$$\text{або } КОП = T_1 / (T_1 - T_2), \quad (2)$$

де T_1 і T_2 – температура у приймача і джерела теплоти, К.

Його використовують для оцінки ефективності роботи ТН. Зазвичай коефіцієнт перетворення ТН досягає у середньому значення 3 або трохи більше.

Добуток ККД теплової електростанції (0,3...0,4), електромережі (0,9), електродвигуна (0,8...0,9) і КОП ТН (3) не перевищує 1:

$$ККД_{ПЕР} = (0,3...0,4) \cdot 0,9 \cdot (0,8...0,9) \cdot 3 = 0,66...0,96.$$

Більш перспективним є використання для приводу ТН енергію вітру [3,4], що дозволяє збільшити загальний ККД вітропелюнасосної установки до величини більше 1.

По-третє – це трудність вибору температури кипіння холодоагенту, обумовлена великим різноманіттям низькотемпературних джерел (свіже повітря довкілля, вентиляційні викиди, вода водоймищ, ґрунт), та великим діапазоном їхніх температур – від мінусових до плюсових.

Розглянемо схему роботи звичайного компресійного ТН (рис.1) і його TS-діаграму (рис.2).

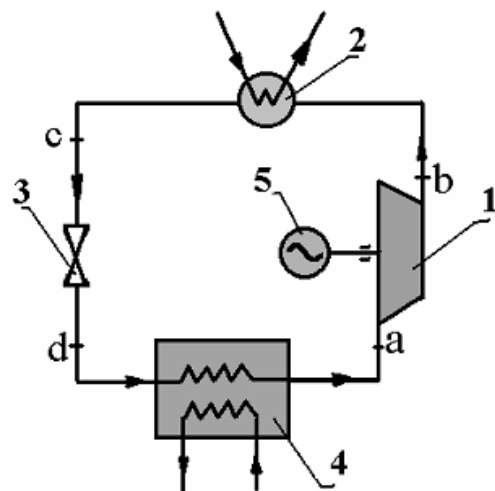


Рисунок 1 – Принципова схема компресійного ТН:

1 – компресор, 2 – конденсатор, 3 – дросель,
4 – випарник, 5 – електродвигун

Постачальний насос (на схемі не показаний) качає теплоносія із навколишнього середовища у випарник, в якому міститься холодоагент, холодоагент відбирає від теплоносія тепло та надходить до компресора, в якому за рахунок стиснення його температура підвищується до температури вище температури конденсації. Причому вітродвигун може використовуватися, як для приводу самого ТН [4], так і для приводу циркуляційного насоса в зовнішньому контурі подачі теплоносія до випарника.

Холодоагент (зазвичай – це фреон, аміак і ін.) стискається в компресорі 1. З компресора 1 холодоагент надходить до конденсатора 2, в якому за рахунок конденсації пари виділяється тепло q_1 за високої температури T_1 , яке передається споживачу.

Охолоджений в конденсаторі 2 до температури конденсації холодоагент перетворюється в рідину, надходить через дросель 3, де її температура додатково знижується до $T_d = T_2$, у випарник 4. Утворена волога пара перетворюється у суху у випарнику 4, де підводиться низькопотенційне тепло q_2 .

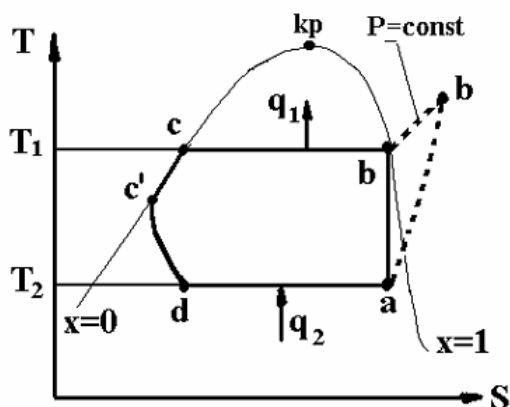


Рисунок 2 – TS-діаграма роботи компресійного ТН

Зазвичай в якості робочого тіла приймають низькокиплячий холодоагент у вигляді аміаку або фреону [3,4]. Недолік першого – його отруйність. Тому аміак в побутових ТН не використовують. Недолік фреонів полягає в тому, що їхнє випаровування призводить до утворення "озонових – дір" в атмосфері, і, як наслідок, до потепління клімату на Землі.

Мега статті. Обґрунтувати екологічно безпечну технологію роботи ТН з використанням висококиплячої речовини в якості робочого тіла.

Основні матеріали дослідження. Спосіб роботи ТН відомий давно. При цьому застосовується принцип, за яким працюють холодильні машини, а саме - зворотний цикл Карно, опублікований ним в своїй дисертації в 1824 р., і цей цикл залишається фундаментальною основою для порівняння з ним і оцінки ефективності ТН.

Практичну теплонасосну систему запропонував англієць Вільям Томсон (пізніше лорд Кельвін) в 1852 р. Запропонована Томсоном теплонасосна система відкритого циклу в якості робочого тіла використовує вала звичайне повітря [2].

Недолік теплонасосної системи Томсона полягає у відсутності замкнутого циркуляційного контуру:

зовнішнє повітря постійно надходить до опалюваного приміщення; повітря, використане в якості робочого тіла в розімкненій системі Томсона, не змінює свого агрегатного стану, а тому не використовує схованої теплоти від такої зміни, має низьку питому теплоємність і знижує продуктивність ТН.

У сучасних ТН в якості робочого тіла в циркуляційному контурі зазвичай використовують холодоагент, який обрано з групи, що включає галоїдо-вуглецеві сполуки з вмістом хлору і фтору - фреони, у тому числі R22, R32, R125, R134A, R407C, P410A тощо.

Недоліком відомих теплонасосних технологій є використання в якості робочого тіла фреонів, які із-за теплового забруднення і руйнування озонового шару Землі заборонені у відповідності до Кіотського протоколу [5]. Крім того, відомі технології передбачають примусове стиснення холодоагенту, що визиває підвищення вимог до всіх елементів циркуляційного контуру, а отже - до збільшення матеріалоемності і вартості ТН.

Особливість запропонованої теплонасосної технології [5] в тому, що в якості робочого тіла використовують висококиплячу речовину з плюсовою температурою кипіння ($T > 273\text{K}$) при нормальному атмосферному тиску, наприклад, етанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) або його водний розчин, а для зміни агрегатного стану робочого тіла замість його стиснення компресором в конденсаторі здійснюють його розширення у випарнику за рахунок відкачування вакуумним насосом.

Таким чином, запропонована корисна модель забезпечує використання екологічно чистого, озонобезпечного робочого тіла - етанолу.

Використання в якості робочого тіла висококиплячої речовини - етанолу з плюсовою температурою кипіння ($T > 273\text{K}$) при нормальному атмосферному тиску, призводить до створення теплонасосної системи низького тиску, а отже до зменшення її матеріалоемності і спрощення експлуатації.

Відкачування висококиплячої речовини з плюсовою температурою кипіння ($T > 273\text{K}$) із випарника призводить до її кипіння і зміни агрегатного стану з рідкого на газоподібний (пару), а отже до збільшення її питомої теплоємності і продуктивності ТН.

Використання в якості робочого тіла етанолу ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) або його водного розчину робить ТН екологічно чистим і озонобезпечним.

Спосіб роботи ТН, заснований на циркуляції робочого тіла по замкнутому контуру із послідовно з'єднаних вакуумного насоса 1, конденсатора 2, дроселя 3 і випарника 4, здійснюється наступним чином (рис.3). Із випарника 1 вакуумний насос 4 відкачує висококиплячу речовину – етанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), який закипає і при випаровуванні змінює свій агрегатний стан з рідини на газ (пару).

Теплота Q_2 на випаровування етанолу відбирається від джерела низькопотенційного тепла, наприклад із зовнішнього повітря, або з землі. Відкачаний з випарника 4 газоподібний етанол поступає в конденсатор 2 з тиском близьким до атмосферного, збільшення тиску призводить до конденсації етанолу, який перетворюється в рідину, віддаючи при охолодженні теплоту Q_1 приймачеві високопотенційного тепла за

температури T_1 . Дросель 3 забезпечує величину тиску в конденсаторі 2, необхідну для конденсації етанолу. Вакуумний насос 1 знижує тиск пари холодоагенту у випарнику 4 до тих значень, при яких точка кипіння холодоагенту становиться нижчою за температуру T_2 у випарнику 4.

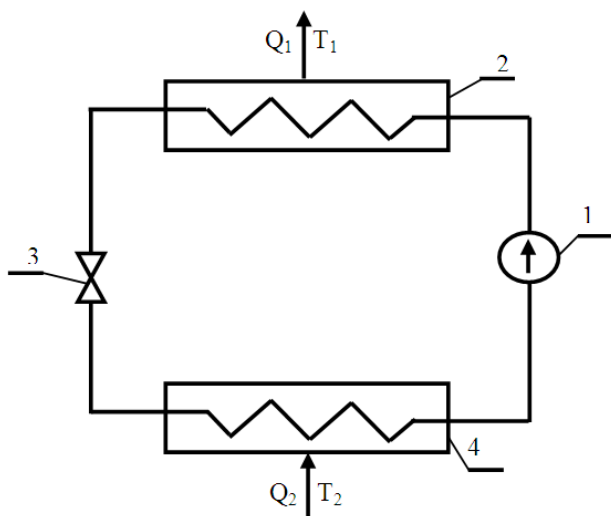


Рисунок 3 – Схема роботи екологічно чистого ТН:
1- вакуумний насос, 2 – конденсатор, 3 – дросель, 4 – випарник

Таким чином, ТН здійснює трансформацію теплової енергії з низького потенціалу T_2 (температурно-го рівня) на більш високий T_1 , необхідний споживачу.

Параметри етанолу [2]: критична температура $T_{кр}=516,1\text{K}$ ($243,1\text{ }^\circ\text{C}$), критичний тиск $P_{кр}=63,9\text{ Па}$, температура кипіння при атмосферному тиску ($P=0,1\text{МПа}$) $T_{кип}=351,3\text{ K}$ ($78,3\text{ }^\circ\text{C}$), а питома теплота випаровування $g=840\text{ кДж/кг}$, теплоємність газоподібного етанолу в діапазоні температур від 0 до $100\text{ }^\circ\text{C}$ становить $C_p = 1,34\dots 1,69\text{ кДж/кг.град}$.

Для роботи ТН приймаємо діапазон робочих температур від невеликої мінусової ($-2,3\text{ }^\circ\text{C}$) (залежно від температури джерела низькопотенційного тепла) до $48\dots 64\text{ }^\circ\text{C}$ (залежно від потреб споживача). При зниженні у випарнику тиску до $P=1,33\text{ кПа}$ температура кипіння знижується до $T_{кип}=270,4\text{ K}$ ($-2,3\text{ }^\circ\text{C}$). При тиску пари в конденсаторі $P=26,7\text{ кПа}$ етанол конденсує при температурі (температура конденсації приймається рівній температурі кипіння) $T_{кип} = 224,6\text{ K}$ ($48,4\text{ }^\circ\text{C}$). При тиску пари $53,4\text{ кПа}$ етанол конденсує при $T_{кип} = 336,5\text{ K}$ ($63,5\text{ }^\circ\text{C}$).

Робочий режим ТН підбирають індивідуально в залежності від температури T_2 низькопотенційного джерела і потреб в температурі T_1 споживача високопотенційного тепла. Занадто високі температури конденсації вибирати не слід, так як, по мірі приближення температури до критичної (для етанолу $T_{кр}=516,1\text{ K}$), схована теплота пароутворення швидко зменшується, теплоту віддає тільки перегрітий пар, але при суттєвому зменшенні КОП [2,5].

Слід відмітити, що метанол (CH_3OH) в якості робочого тіла має не гірші від етанолу показники, але метанол ядовитий, тому використовувати його в ТН (особливо в побутових) не рекомендується.

Величина КОП залежить від багатьох факторів, але, перш за все, від різниці температур приймача й джерела теплоти у формулі (2).

Чим менша різниця температур ($T_1 - T_2$), тим більше значення КОП за формулою (2)..

Умовами раціонального застосування ТН є вдале поєднання параметрів джерела низько потенційної теплоти і необхідних параметрів теплоти у споживача. Наприклад, для сучасної системи опалення "тепла підлога" достатньо температури теплоносія $30\text{-}35\text{ }^\circ\text{C}$, тоді як для традиційної системи опалення з радіаторами температура теплоносія повинна бути не менш $70 - 90\text{ }^\circ\text{C}$.

Крім того, ТН не розраховується на повне покриття теплових втрат будинку, а лише на $2/3$. Пікове теплоспоживання взимку економніше покривати від інших джерел, наприклад, від електрокотла чи котла на рідкому паливі.

Висновки. Запатентована нами вітротеплонасосна технологія може бути застосована для теплопостачання сільських і дачних будинків.

Список використаних джерел

1. Державна цільова економічна програма енергоефективності на 2010 – 2015 роки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 року, №243.
2. Рей Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1982. -282 с.
3. Жарков В. Я. Теплові насоси – шлях до підвищення ефективності вітротеплових установок / В. Я. Жарков // Праці ТДАТУ. – Вип.11. – т. 4. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 283-291.
4. Пат.64691 Україна, МПК (2011.01) F03D7/06, F24J3/00, F25B29/00. Вітротеплонасосна енергоустановка / В. Я. Жарков. – Заявл. 18.05.2011; Опубл. 10.11.2011. – Бюл.№21.
5. Пат 70630Україна МПК (2012.01) F25B 30/00; Спосіб роботи теплового насоса / В. Я. Жарков. – Заявл.18.10.2011. – опубл 25.06.2012, бюл. № 12.

Аннотация

ЕКОЛОГОБЕЗОПАСНАЯ ВЕТРОТЕПЛОНАСОСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Жарков В. Я., Никифорова Л. Е.

Предложена экологобезопасная технология работы ТН с использованием высоко кипящего вещества ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) в качестве рабочего тела.

Abstract

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY WIND HEAT PUMP TECHNOLOGY

V. Zharkov, L. Nikiforova

Ecologically proposed technology of the heat pump with a high boiling substances ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) as a working fluid.