

УДК 621.577+621.311.2(477)

М. С. Мальований, д-р. техн. наук, проф.; О. Ю. Берлінг, асп.**СВІТОВИЙ ДОСВІД, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЗАСТОСУВАННЯ
ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ**

Проаналізовано світовий досвід використання теплових насосів (ТН). На базі аналізу проведено класифікацію переваг використання ТН у технічному та екологічному аспектах. Проаналізовано також і недоліки теплових насосів з описом і рекомендаціями шляхів по їх усуненню.

Вступ

Важливим аспектом прогресу в питаннях теплозабезпечення за останні 30 років є зміщення акценту у застосуванні з цією метою не палива, а електроенергії, що підвищує комфортність і ефективність функціонування систем тепlopостачання. Проте, використання електричної енергії для генерування теплоти в електричних котлах при цьому є менш вигідним та енергетично нераціональним способом. Теплотехнічна теорія для цього випадку давно запропонувала метод отримання теплоти з використанням спеціальних холодильних машин, які отримали назву теплових насосів (ТН). Цей метод генерування теплової енергії вже отримав широке застосування у світі. На сьогодні великі обсяги теплової енергії в багатьох країнах світу отримують саме з використанням теплонасосних установок різного типу та конструкції з вилученням теплоти з низькотемпературних джерел.

Аналізуючи переваги теплових насосів варто зазначити, що їх застосування — це заощадження непоновлювальних енергоресурсів та захист навколишнього середовища через скорочення викидів CO₂ в атмосферу.

Достатньо показовим орієнтиром для оцінки можливості використання ТН в Україні є закордонний досвід. Він різний в різних країнах і залежить від кліматичних і географічних особливостей, рівня розвитку економіки, паливно-енергетичного балансу, відношення цін на основні види палива і електроенергію та інших факторів. За подібних обставин, з урахуванням економіки України, закордонний досвід необхідно розглядати як реальний шлях розвитку в перспективі.

Масове виробництво та впровадження ТН в теперішній час здійснюється в США, Японії, Німеччині, Франції, Швеції, Данії, Австрії, Румунії, Канаді та інших країнах. В цілому проблема створення ТН вийшла за межі окремих країн [2]. Згідно з прогнозами Світового енергетичного комітету до 2020 р. 75 % тепlopостачання (комунальне і виробниче) в розвинутих країнах буде здійснюватися за допомогою ТН.

Теплова потужність світового парку ТН, за мінімальною оцінкою, складає 250 тис. МВт, річні виробітки теплоти — 1 млрд Гкал, що відповідає заміні органічного палива в об'ємі до 80 млн. т умовного палива. Світовий досвід свідчить, що енергетичні і екологічні проблеми з невідворотністю призводять до необхідності широкого застосування ТН. Ними генерується значна частина теплової енергії, що споживається в комунальному секторі розвинених індустриальних країн. В передових країнах світу теплонасосні технології стали пріоритетними в царині забезпечення тепловою енергією споживачів будь-якого характеру (промислових, сільськогосподарських, офісних чи побутових). Виробництво ТН у кожній країні, насамперед, орієнтовано на задоволення потреб свого внутрішнього ринку. В США та Японії широкого застосування отримали ТН класу «повітря-повітря» для опалення та кондиціонування повітря. В Європі — ТН класу «вода-вода» і «вода-повітря». В останні роки ТН стали частіше застосовуватись у централізованому тепlopостачанні. Найінтенсивніше ці роботи розгорнулись у Швеції. Із діючих в країні 130 тис. теплових насосів 90 тис. мають сумарну потужність 1000 МВт та забезпечують приблизно половину всього навантаження усіх ТН. Серед діючих великих теплонасосних станцій централізованого тепlopостачання необхідно відмітити станції, що споруджені в містах Бурленге (24 МВт), Умеа (34 МВт), Ужала (39 МВт), Еребру

(40 МВт) та Стокгольмі (160 МВт). Як низькотемпературні джерела, для цих станцій використовуються міські стічні води, промислові водяні стоки та морська вода. Крім Швеції, теплонасосні станції для централізованого теплопостачання споруджені також в інших західноєвропейських країнах, серед яких необхідно відзначити станції, що експлуатуються в Норвегії (м. Осло — 8 МВт), Німеччині (м. Киль — 9 МВт), Данії (м. Фредрікскавн — 10 МВт), Швейцарії (м. Базель — 11 МВт) [2].

Найпотужніша (320 МВт) Стокгольмська установка використовує як низькопотенційне тепло воду Балтійського моря. Ця установка, розміщена на пришвартованих до берега баржах, охолоджує зимою морську воду від 4 до 2 °С. Собівартість теплоти від цієї установки на 20 % нижче собівартості теплоти від котельні. Кількість теплоти, відпрацьованої ТН в Швеції, вже складає біля 50 % від потреб. Швецькою національною програмою енергозбереження передбачено збільшити втричі виробництво теплоти ТН. Для реалізації цієї програми виділяються значні дотації.

На прикладі Швеції можна зробити висновок, що навіть у передових технологічно розвинутих країнах впровадження теплонасосних технологій, попри їхні очевидні енергетичні та ринкові переваги, відбувалося важко. Навіть надання пільгових умов, широка пропаганда та заохочення споживачів не привели до стрімкого зростання використання цієї техніки. І лише введення жорсткого стандарту на будівництво нового житла, у якому заборонено використання інших систем, створив передумови для того, що на сьогодні понад 600 тис. будинків у Швеції опалюються з використанням ТН, забезпечуючи до 50 % потреб у тепловій енергії.

В нашій країні цей напрям у теплозабезпеченні поки що мало розвинутий. Цьому є кілька причин. За радянських часів електроенергія коштувала дуже дешево та й зараз вартість енергоресурсів ще не так сильно «тисне» на споживачів порівняно із Заходом. Унаслідок цього в Україні та інших пострадянських країнах питанню розвитку теплонасосних технологій не приділяється належної уваги. Через відносно невеликий проміжок часу, коли ціна на газ та електрику зрівняється з європейською, теплонасосна техніка і в нашій країні стане перспективною. Крім того, незабаром виробництву доведеться сплачувати за викиди парникових газів у довкілля в рамках Кіотського протоколу, що також актуалізує процес нарощування теплонасосних потужностей.

Енергетичною стратегією України на період до 2030 року передбачено, що теплонасосні технології набудуть переважного розвитку. Прогнозується, що за рахунок їх використання на рівні 2030 року буде генеруватися тепла енергія еквівалентна спалюванню 22,7 млн т у. п. на рік. Реалізація такої стратегії в теплопостачанні стане можливою лише в разі здійснення термінових заходів з метою її технічного забезпечення, що потребує відповідного наукового дослідження цих технологій з виробленням конкретних пропозицій з їх застосування.

Досліджуючи питання світового досвіду щодо використання теплових насосів, вчені [1, 2, 4, 5] зазначають перспективність застосування цієї технології в сучасних умовах. Зокрема в статті [5] аналізується можливість використання низькотемпературного відновлювального джерела теплоти в промислових і житлових приміщеннях. Обґрунтовується доцільність застосування екологічно-чистих робочих тіл в протизагазованому озоноруйнівним, що застосовувалося раніше, а також наголошується на проблемах, пов'язаних з використанням ТН. Інші вчені, зокрема [1], акцентують увагу на доцільності використання скидної теплоти для підвищення роботи ТН. З іншої сторони наголошується на значному екологічному ефекті у разі застосування такої технології і пропонується для цього відповідна теплоутилізаційна установка.

Подібними до попередніх є висновки у роботі [4], де наголошується на значному енергозбережувальному ефекті, щодо застосування ТН. Проаналізувавши роботи вчених, автори дійшли висновку, що необхідно узагальнити існуючі переваги у використанні ТН як з технологічної так і з екологічної точки зору. З іншого боку, проблеми, пов'язані з використанням ТН, повинні мати конкретні шляхи щодо їх вирішення. В цьому автори і вбачають доцільність дослідження.

Виклад основного матеріалу

Теплонасосні установки мають ряд переваг над традиційними джерелами тепла. До них, окрім вище описаних, відносяться також: висока ефективність перетворення електроенергії,

екологічно чиста технологія перетворення тепла, надійна автоматизація роботи установки, мінімальні експлуатаційні витрати, значний строк служби без капітального ремонту, малі габарити і вага.

Одним із основних джерел створення парникового ефекту є існуючі системи теплопостачання. Теплопостачання в кліматичних умовах України потребує великих затрат палива, які перевищують майже в два рази витрати на електропостачання. Виробництво електроенергії, в загальному, здійснюється за допомогою ГРЕС, де при спалюванні палива тільки 35–40 % теплової енергії перетворюється в електроенергію, а решта 60–75 % – не використовується для опалення, а викидається в навколишнє середовище. Викиди CO₂ можуть бути зменшені, якщо для теплопостачання використовувати промислові теплові стоки. Якщо це важко реалізувати з тепловими викидами ГРЕС, оскільки вони віддалені від потенційних споживачів, то великі підприємства хімії та металургії та інші, що створюють крупномасштабний скид теплової енергії в навколишнє середовище, як правило, знаходяться поблизу від об'єктів споживання тепла. Їхнє тепло низькопотенціальне (+10 °C до 30 °C), що не дозволяє використовувати цю енергію напряду в існуючих системах опалення українських міст. Однак технологія ТН дозволяє підняти тепловий потенціал цього тепла, після чого воно може використовуватися як теплоносії в теплофікаційних мережах.

В нашій країні загальний обсяг електричної енергії та більш ніж 50 % теплової енергії виробляється промисловими тепловими електростанціями (ТЕЦ). Основу ТЕЦ складають парові котли високого тиску і електрогенератори з приводом від парових турбін. Термодинамічний цикл парових турбін дозволяє використовувати від 35 % до 45 % енергії палива, що спалюється на виробітку електроенергії. Частина низькопотенційного тепла просто доводиться скидати в атмосферу. З іншого боку, перекачування теплоносія з відносно високими температурними параметрами від ТЕЦ до споживача приводить до невиправдано високих втрат теплової енергії в навколишнє середовище через ізоляцію теплотраси. Навіть поверхневий аналіз економічних показників енергосистеми свідчить, що основна доля вартості електричної і теплової енергії припадає на її транспортування до споживача і втрати в результаті транспортування. Великим недоліком є і спалювання природного газу для відновлення дефіциту теплової енергії для потреб опалення і гарячого водопостачання [3].

Нещодавно вважалося, що використання ТН на підприємствах, які постачають теплоту від ТЕЦ, не економічно. Зараз ці оцінки переглядаються, тому що реальне відношення цін на електроенергію, теплоту ТЕЦ і паливо примушують деякі підприємства переходити на власні генератори теплоти і навіть електроенергію. З таким підходом використання ТН є досить ефективним. Необхідно зазначити, що використання ТН приводить до економії палива, зменшення забруднення навколишнього середовища і ущільненню графіків електричного навантаження. Крім того, ТН оснащуються електронними управляючими таймерами, дозволяючи програмувати їх роботу в добовому або тижневому режимі. Додатковою перевагою ТН є те, що їх можна експлуатувати в реверсивному режимі, тобто як нагрівальні або охолоджувальні установки. Завдяки цьому збільшується ступінь використання обладнання, тим самим скорочується термін окупності капіталовкладень. А під час безпосередньої роботи ТН важливим фактором є також його ККД, оскільки саме від нього залежатиме діапазон можливих температур низькопотенційного джерела. На думку авторів, досягнення максимального економічного ефекту можливо тільки у разі комплексного підходу до реалізації енергетичних програм. Таким чином, можемо сформулювати такі основні принципи, які мали б здійснюватись на підприємствах теплоенергетики і дали б значну економію первинних ресурсів:

1. Проведення модернізації існуючих енергетичних об'єктів, має бути зорієнтована на максимальний виробіток власних енергоресурсів підприємства;
2. Максимально можлива утилізація вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР);
3. Проведення заходів, які б забезпечували загальне скорочення енергетичних затрат;
4. Застосування енергоресурсозбережних технологій, зокрема теплонасосних установок (ТНУ).

Перспективно для підприємства є і використання теплонасосної установки з використанням теплоти вентиляційних викидів. Повітряне опалення характерне для багатьох промисло-

вих підприємств. Установки утилізації теплоти вентиляційних викидів дозволяють попередньо нагріти зовнішнє повітря, що надходить в цех, до 8 °С. Температура мережевої води, нагріта в теплонасосній установці, для нагріву опалюваного повітря, не перевищує 70 °С. При таких умовах теплонасосна установка може працювати при достатньо високому коефіцієнті перетворення [4].

На сьогодні потреби України в такому устаткуванні величезні. Є потреба по всій серії теплових насосів потужністю 5, 10, 25, 100 і 1000 кВт. Так, в середній смузі України для опалювання будинку площею 100 м² необхідно мати теплову потужність в 5–10 кВт, а насос з тепловою потужністю 100 кВт досить для опалювання типових шкіл, лікарень, адміністративних будівель. Теплові насоси потужністю 1000 кВт зручні для завдань повернення теплових відходів, використання гарячих джерел. За оцінками фахівців, вартість установки теплового насоса в українських умовах оцінюється приблизно від 300 доларів США за 1 кВт теплової потужності за терміном окупності устаткування від двох до чотирьох років, що, в першу чергу, залежить від цін на паливо і кліматичних умов конкретного регіону.

Введення в експлуатацію близько 100 тисяч теплових насосів сумарною тепловою потужністю в 2 ГВт дасть змогу забезпечити теплотою 10 мільйонів чоловік за середнього терміну служби теплового насоса 15 років.

Для визначення доцільності використання ТН через використання низькопотенційного тепла ВЕР, необхідно прийняти до уваги таке:

- збіг по часу виходу скидних теплових потоків і споживання теплоти;
- місце виходу скидних теплових потоків і місце споживання теплоти;
- фазу носія скидної теплоти (тверда, рідка, газоподібна);
- витрата скидних потоків і потреба в теплоті;
- потенціал скидної і споживчої теплоти [1].

Використовувати теплові насоси вигідно не тільки з точки зору економії палива. Вони очищують воду річок і озер від надлишкового тепла. «Теплове забруднення» цих об'єктів скидом в них стічних вод міст і відпрацьоване тепло вод заводів і теплоелектростанцій з кожним роком стає помітнішим. Наші річки за останній півстоліття стали не тільки брудними, але й теплими. Теплове забруднення природи вже переростає в глобальну проблему, викликаючи порушення клімату на Землі. І дуже скоро людство повинно буде вводити квоти для країн по річному скиду тепла в водойми і атмосферу, як вже ввела квоти на викиди парникових газів. Проаналізовані нами переваги використання теплових насосів автори зобразили у вигляді класифікації переваг використання ТН (рис. 1).

До основних екологічних проблем, пов'язаних з використанням ТН, відноситься: парниковий ефект, руйнування озонового шару і шум. До проблем технічного характеру в Україні слід віднести використання високотехнологічного обладнання.

Парниковий ефект виникає за рахунок накопичення багатоатомних газів у верхніх шарах атмосфери. До таких газів відносяться продукти горіння, в основному СО₂, а також робочі тіла, що проникають в атмосферу через нещільність.

Використання ТН сприяє зменшенню емісії продуктів горіння внаслідок зменшення споживання хімічної енергії, що міститься в первинному паливі.

Можливість витікань в атмосферу робочих тіл значно обмежена завдяки використанню новітніх конструкцій безсалнікових герметичних компресорів з забезпеченням неможливості їх витікань, а також застосування сучасних матеріалів.

Основним джерелом шуму в ТН є компресори і вентилятори. Обмеження шуму до значень менш допустимих в приміщеннях досягнуті використанням ротаційних (лопатевих і спіральних) компресорів, а також шляхом винесення джерела шуму за межі опалювальних приміщень за допомогою двоблочного компоновання типу SPLIT або використання високотехнологічного обладнання, якого немає зараз в Україні [5]. Проаналізовані авторами недоліки, пов'язані з використанням теплових насосів, шляхи вирішення описаних раніше проблем та конкретних кроків з усунення цих проблем показані на рис. 2.

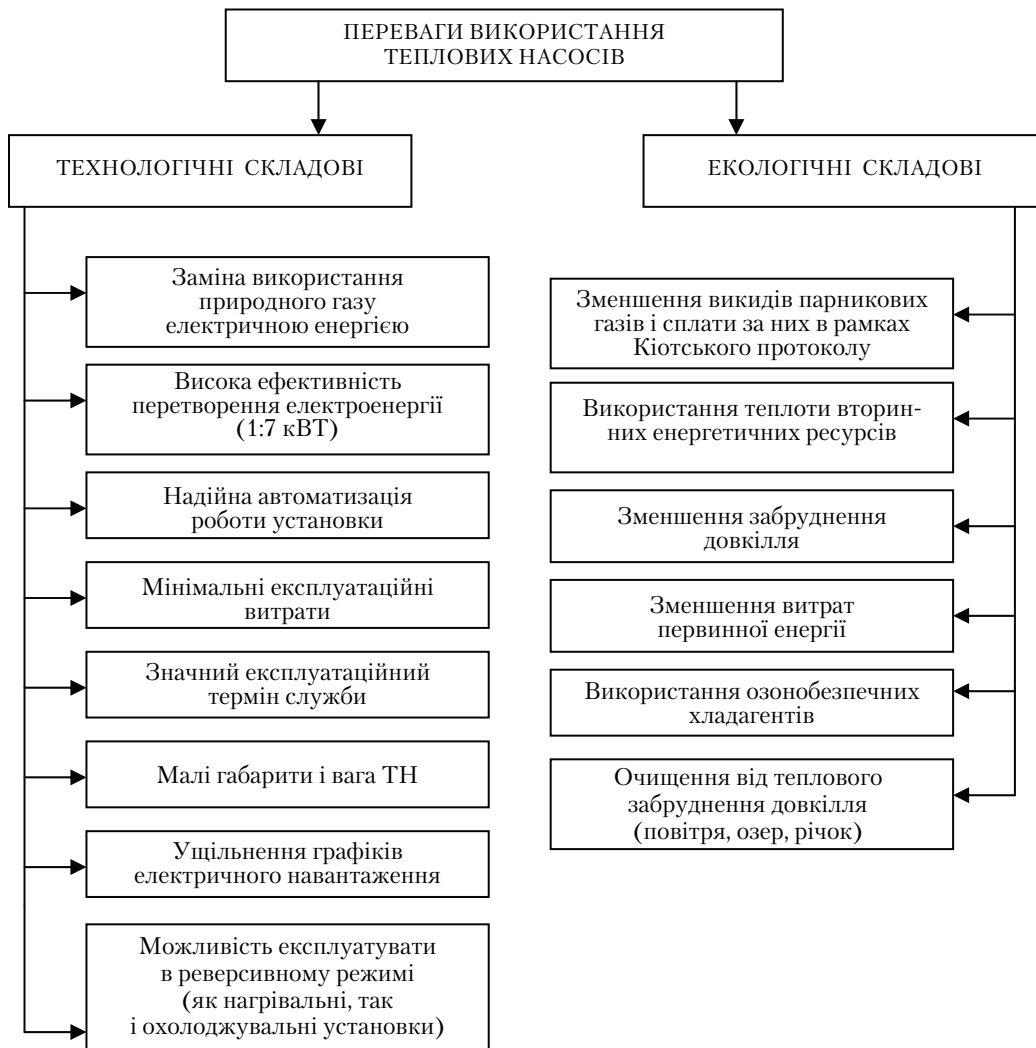


Рис. 1. Класифікація переваг використання ТН у технічному та екологічному аспекті



Рис. 2. Проблеми використання теплових насосів та шляхи їх вирішення

Висновки

Проаналізувавши всі недоліки та переваги, можна стверджувати, що сучасні рішення ТН не несуть загрозу для навколишнього середовища, а навпаки заміна ними традиційних джерел тепла сприяє корисному впливу на нього. На основі аналізу розвитку конструкції і використання ТН можна стверджувати, що робота з їх удосконалення йде в чотирьох основних напрямках: екологічній безпеці, обмеження енергоспоживання, поліпшення експлуатаційних властивостей і збільшення економії. Виділенні напрямки практично не можуть аналізуватися незалежно через наявність між ними зворотного зв'язку. В цьому автори і вбачають перспективи подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волков В. В. Применение ТН на предприятиях пищевой промышленности / В. В. Волков // Энергосбережение в промышленности. — Запорожье, 2007. — № 2. — С. 177—182.
2. Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання : моног. / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 176 с.
3. Энергосбережение в промышленности. Серия : «Энергосбережение в системах промышленного энергоснабжения»: опыт проектов утилизации сбросного тепла в промышленности стран СНГ [Электронный ресурс]. — Запорожье, 2007. — Вып. 2. — 212 с. — Режим доступа к журн. : <http://www/esco-ecosys.narod.ru>.
4. Тараканов В. Великі перспективи теплових насосів / В. Тараканов // Холод. — 2008. — № 2. — С. 20—22.
5. Зимин Л. Б. Некоторые тенденции эволюции теплонасосных систем / Л. Б. Зимин, Н. М. Фиалко // Відновлювальна енергетика. — 2009. — № 2. — С. 47—54.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 26.05.11
Рекомендована до друку 23.04.12

Мальований Мирослав Степанович — завідувач кафедри, **Берлінг Олеся Юрївна** — аспірантка.

Кафедра прикладної екології та збалансованого природокористування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів