

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

Представив д-р техн. наук, професор С.А. Єроценков

Огляд міжнародних тенденцій розвитку теплових насосів. Одним з ефективних енергозберігаючих способів, що дають можливість економити органічне паливо, знижувати забруднення навколишнього середовища, задовольняти потреби споживачів у технологічному теплі, є застосування теплонасосних технологій виробництва теплоти.

Як джерела низькопотенційної теплоти використовуються атмосферне повітря або різні вентиляційні викиди, вода природних водойм і скидні води систем охолодження промислового обладнання, стічні води систем аерації, ґрунт [1]. У таблиці наведено відомості про ці джерела.

Таблиця

Джерело низькопотенційної теплоти	Температура джерела, °С
Ґрунтові води	8...15
Ґрунт	2... 10
Вода водозабору	6...10
Річкова вода	1...10
Каналізаційні стоки	10...17
Навколишнє повітря	-8...15
Витяжне повітря	18...25

Теплоносієм проміжного контуру може бути вода, повітря, антифриз.

Споживачами енергії підвищеного потенціалу є системи опалення та гарячого водопостачання житлових, адміністративних, соціальних і промислових будівель, системи підтримки оптимального мікроклімату в різних будівлях, технологічні промислові процеси сушіння, розділення речовин, дистиляції та інші.

За даними Світового енергетичного комітету (МІРЕК), до 2020 р. 75%

теплопостачання (комунального і виробничого) в розвинених країнах буде здійснюватися за допомогою теплових насосів (ТН).

У наш час у світі працює понад 30 млн ТН різної потужності – від декількох кіловатт до сотень мегаватт. У США понад 30% житлових будинків обладнані ТН. У Швеції лише за останні роки введені в дію більше 100 ТНС (потужністю від 5 до 80 МВт). У Японії щорічно продається 3 млн ТН (для

порівняння, у США – 1 млн). Завдяки Швейцарській національній програмі енергозбереження за три минулі роки в цій країні збільшено виробництво тепла за допомогою ТНУ до 2250 ГВт·год. Слід зазначити, що для реалізації цієї програми інвесторам були виділені значні дотації.

Найбільш широко у світі розвиваються теплонасосні установки (ТНУ) типу «повітря - вода», «вода - вода», ґрунтові установки.

У Європі технологія теплових насосів отримала «зелене світло» після того, як вона була визнана технологією відновлюваної енергії Європейською директивою з поновлюваних джерел енергії (Директива RES). Теплові насоси перетворилися на можливе вирішення питання з зобов'язання збільшити частку джерел енергії, що регенерирується.

Багато європейських регіонів відомі як регіони з холодним кліматом, де на частку опалення та гарячого водопостачання припадає понад 80% витрати енергії. Споживана енергія на опалення в цих регіонах перевищує в 4-5 разів споживану енергію для цих цілей у Японії. Північна Європа, яка витрачає величезну кількість енергії на опалення, розглядається основним потенційним ринком для систем теплових насосів, які можуть зайняти місце котлів, що працюють на вугіллі або газі. Якщо теплові насоси отримають широке розповсюдження в Європі, то в цьому регіоні істотно знизиться викид CO₂ в атмосферу.

У січні 2011 р. Європейська Комісія поставила мету, щоб до 2020 р. технології відновлюваної енергії забезпечували не менше 20% всього виробництва енергії. Також було оголошено, що фонд підтримки програм за джерелами регенеруючої енергії буде збільшено у два рази і складе до 70 млрд євро на рік.

У Німеччині для опалення нових будинків замість газу все частіше використовуються теплові насоси. До використання ТНУ вдається вже кожен

п'ятий будівельник у країні, повідомляє газета Financial Times Deutschland, посилаючись на дані Федерального статистичного відомства. Частка газового опалення впала до 58,4%, тоді як в 2004 р. ця частка становила 75%. Що ж стосується мазуту, то він для опалення нових будівель вже практично не використовується. Одна з головних причин такої тенденції – державні програми зі стимулювання переходу на альтернативні джерела енергії. Багато споживачів у Німеччині також задаються питанням, наскільки надійно газове постачання їхньої країни.

Негативна тенденція використання природного газу супроводжується значним зміцненням позицій теплових насосів з електроприводом. У 2000 р., за статистикою департаменту будівельного ліцензування, електричні теплові насоси з 0,8% ринку не відігравали якої-небудь істотної ролі в сегменті опалення, проте у третьому кварталі 2009 р. показник цих систем вже становить 24%. Також помітно збільшився відсоток інших типів опалювальних систем – твердопаливних котлів на деревині та деревному гранулаті.

Домовласники Англії, Шотландії та Уельсу можуть отримати від 1430 євро з державного бюджету на установлення систем опалення, використовуючи поновлювані джерела енергії, такі як котли на біомасі, повітряні та ґрунтові теплові насоси, сонячні панелі. За повітряні теплові насоси будуть доплачувати 972 євро, а за ґрунтові теплові насоси – 1430 євро.

Потенційний ринок тільки деяких центральних регіонів Російської федерації приблизно в півтора разу більше спільного ринку країн Північної Європи, однак розвиток ТН дуже сильно відстає від європейських країн. У Росії на 100 млн населення ці інвестиції в 2008 р. склали 15 - 16 млн євро.

Енергетична ефективність перетворення енергії в тепловому насосі оцінюється коефіцієнтом перетворення енергії (COP), що дорівнюють відношенню

енергії, переданої споживачу, до енергії, витраченої для реалізації циклу:

$$\text{COP} = Q_{\text{к}} / \text{Нел.}$$

Коефіцієнт COP, тобто показник енергетичної ефективності, є важливою характеристикою ТНУ. Собівартість теплового насоса «повітря - вода» вище, ніж традиційної системи, що працює на органічному паливі, тому ТН забезпечує вигреш за часом окупності головним чином за рахунок енергетичної ефективності.

Теплові насоси традиційно поділяються на три категорії залежно від температури води на виході. Низькотемпературні установки забезпечують температуру води на виході 50-59 °С, середньотемпературні агрегати - 60-69 °С, а високотемпературні - від 70 °С і вище. Низькотемпературні агрегати розроблені для підлогового опалення та особливо популярні на європейському ринку. Середньотемпературні і високотемпературні установки, що використовуються для виробництва гарячої води і радіаторного опалення, у перспективі замінять колишні системи в побутовому секторі і будуть використовуватися разом з котлами. Нові будинки в Європі відрізняються гарною ізоляцією і ефективними радіаторами. Це означає, що теплових насосів АТW, які забезпечують на виході температуру +55 °С для опалення та гарячого водопостачання, буде достатньо. Однак радіатори в старих будинках і будівлях - це, як правило, старі моделі з гіршими експлуатаційними даними, тому для них підійдуть тільки високотемпературні АТW – системи. Таким чином, потреба у високотемпературних установках в Європі, де існує велика кількість старих будівель, залишиться.

Перші теплові насоси «повітря - вода» являли собою зовнішній блок теплового насоса і внутрішній блок гідравлічного модулі. Сучасна моноблочна система містить в одному зовнішньому блоці два

модуля. Таким чином, всі головні компоненти водяного опалення, необхідні для системи, включаючи циркуляційний насос, розширювальний бак, ре-резервний калорифер і вбудований контролер, знаходяться в одному корпусі. Оскільки весь холодильний контур тепер розташований у зовнішньому модулі, на місці потрібно тільки виконати монтаж водяних трубопроводів. В цьому випадку трубопровід холодагенту не потрібен, що означає відсутність необхідності у кваліфікованому фахівці-холодильщику. Це зменшує не тільки час монтажу, але і витрати на нього.

Системи з інверторною технологією, які широко застосовані у Японії, мають порівняно з неінверторними системами на 30% вищий COP при повному навантаженні і на 40-50% вищий COP при частковому навантаженні. Кондиціонери повітря здатні ефективно справлятися з коливаннями навантаження і відповідати характеристикам, типовим для інверторного управління. Теплові насоси «повітря - вода» поки не можуть продемонструвати такі якості. Модернізація теплових насосів «повітря - вода» з використанням інверторної технології - це нагальна необхідність.

У середньому потужність теплових насосів, розроблених для дому на одну сім'ю, варіюється від 6 до 16 кВт. Деякі системи включають технології мультиспліт кондиціонерів та VRF – систем, що поєднують у собі гаряче водопостачання. Розроблено теплові насоси для екстремально-холодних кліматичних зон. Такі агрегати можуть забезпечити і необхідний обігрів, і подачу гарячої води, навіть коли температура навколишнього повітря дуже низька. Ці установки теплових насосів гарантують постійну експлуатаційну ефективність при температурі зовнішнього повітря аж до -15°С і безперебійну роботу аж до -25°С. Ефективність теплових насосів підвищується у міру того, як різниця між

температурою забраного тепла і виробленого стає все менше. У холодному кліматі, де температура повітря опускається до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, теплові насоси «повітря - вода» не можуть скласти конкуренцію котлам. Щоб компенсувати цей недолік, розроблено гібридні системи теплових насосів «повітря - вода», які при дуже низькій температурі можуть переключатися на роботу газового теплового насоса.

Лідируючі виробники активно розробляють власні компресорив для теплових насосів. Раніше в теплових насосах застосовувалися тільки роторні та спіральні компресори, зараз же насоси працюють і на гвинтових, і на відцентрових компресорах.

Інші поліпшення включають автоматичне визначення несправності, інструменти діагностики, а також схему інтелектуального управління, яка може адаптувати роботу відповідно до мінливих навантажень і оптимізувати середньорічну продуктивність.

Також необхідні інтегровані системи теплових насосів, що поєднують у собі кілька функцій, таких як кондиціонування повітря і нагрівання води, а також гібридні системи теплових насосів, об'єднані з іншими енерготехнологіями.

Загальна тенденція показує, що теплові насоси «повітря - вода» (ATW) мають набагато більшу ринкову частку порівняно з ґрунтовими тепловими насосами. Головними причинами такої тенденції є великі капіталовкладення для систем з ґрунтовими насосами, поліпшені якості та ефективність теплових насосів "повітря - вода". Така тенденція існує майже у всій Європі, за винятком північних країн, де у Швеції та Фінляндії спостерігається протилежна картина. Загальна вартість інвестицій у ґрунтові теплові насоси у Швеції і Фінляндії набагато нижче, ніж у решті Європи. Це результат серйозного суперництва серед відносно великої кількості бурових компаній та ліберального законодавства

щодо них. На противагу більшості бурових свердловин у Європі, Швеції і Фінляндії не потрібно заливати рідким розчином. Це значно скорочує час і витрати. Корінна порода пропонує сприятливі умови для буріння і високу теплопровідність. На додаток до цього, у Швеції запропонована схема скорочення податків для реноваційних робіт і робіт, які сприяють модернізації будівель. Сума, на яку можна скоротити витрати, залежить від вартості кожного виду робіт. Таким чином, пільгові програми ще більше скорочують різницю в ціні між тепловими насосами «повітря - вода» і ґрунтовими системами.

Протилежну ситуацію можна спостерігати у Франції, де багато років існує система субсидій для теплових насосів. У Франції зменшення податку залежить від ціни на продукт. У результаті в цьому регіоні головним чином використовуються теплові насоси «повітря - вода».

Таким чином, національні субсидії для теплових насосів і раніше відіграють дуже важливу роль в індустрії. Впровадження нової схеми або її скасування серйозно впливає на продажі. Вплив субсидій - це чіткий індикатор того, що ця індустрія в більшості європейських країн знаходиться в початковій ринковій фазі.

Виробників теплових насосів «повітря - вода» можна розділити на дві групи: виробники кондиціонерів повітря і виробники котлів. Більшість виробників кондиціонерів повітря – це азіатські компанії: японські Daikin, Mitsubishi Electric і Hitachi, південнокорейські LG і Samsung, китайські Midea і Gree. Більшість азіатських виробників кондиціонерів повітря продають системи ATW, що поєднують у собі власні зовнішні блоки кондиціонерів повітря і внутрішні гідравлічні модулі та котли місцевих виробників опалювального обладнання.

Давно відомі європейські виробники котлів, включаючи Vaillant, Bosch та

Atlantic, розширюють свої лінійки теплових насосів «повітря - вода».

Перспективи розвитку теплових насосів в Україні. Державна програма розвитку альтернативного теплопостачання в Україні передбачає фінансування установа теплових насосів для бюджетних організацій. У наш час такі проекти реалізуються в Харківській області для двох шкіл і дитячого садка.

Слід відзначити серію реалізованих проектів Центру енергозбереження КиївЗНДІЕП під керівництвом В.Ф. Гершковича. Наприклад, це проект експериментальної теплиці, що обігривається тепловим насосом «повітря - ґрунт» з використанням вертикальних ґрунтових теплообмінників. Протягом 8 років експлуатації температура повітря в теплиці автоматично підтримувалася на рівні 15-20⁰С цілий рік, при цьому коефіцієнт перетворення коливався від 4 до 2,2.

Інший проект, який має практичний інтерес, реалізований у грудні 1999 р. Це проект опалення тепловим насосом «повітря-повітря» чотириповерхового офісного будинку в м. Києві. Застосований тут тепловий насос гарантовано міг працювати при температурах зовнішнього повітря до мінус 15⁰С. Тепловий насос встановлений у спеціальному технічному приміщенні, де припливне атмосферне повітря підігривається теплим витяжним повітрям. Навіть при температурах зовнішнього повітря нижче мінус 20⁰С на вхід випарника повітря надходить з температурою, що забезпечує його безпечну роботу. У літній час теплонасосне обладнання забезпечує кондиціонування приміщень. Досвід безвідмовної експлуатації ТН протягом більше 5 років дає підстави авторам проекту стверджувати, що комбіноване опалення та кондиціонування будівлі за техніко-економічними показниками перевершує кондиціонування та опалення від теплової

мережі і від місцевої газової котельні за роздільної схемою.

Результати експлуатації ряду джерел теплопостачання в Російській федерації показали, що експлуатаційні витрати для ТН в 3,69 разу менше, ніж для електрообігріву, в 1,3 разу менше, ніж для газової, у 2,44 разу менше, ніж для мазутної, в 1,9 разу менше, ніж для вугільної котельні.

У 2006 р. на залізничній станції Залютине Південної залізниці був поставлений, змонтований і запущений ґрунтовий тепловий насос. До його установа опалення залізничної станції здійснювалося двома вугільними котлами паспортної потужності по 50 кВт кожний. Споживання вугілля складало 67 т, експлуатаційні витрати на котельню склали 68 тис. грн за опалювальний сезон. Кондиціонування та гаряче водопостачання було відсутнє.

У кінці 2006 р. було зроблено переведення системи теплопостачання станції на тепловий насос з одночасним установа системи кондиціонування в службових приміщеннях станції. Платежі на всі проектні роботи, закупівлю обладнання, монтажні та пусконаладжувальні роботи, включаючи кондиціонування, склали 320 тис. грн. З них витрати на тепловий насос, бойлер гарячої води і модуль кондиціонування склали 108 тис. грн, або близько 34% загальної вартості модернізації. Ціна тільки на тепловий насос склала 86 тис. грн, або 27% від загальної вартості модернізації.

Для теплопостачання станції був встановлений тепловий насос шведського виробництва потужністю 40 кВт, і електрокотел українського виробництва потужністю 10 кВт. Тобто сумарна потужність опалення 50 кВт на теплонасосі дозволила замінити два вугільних котли сумарної паспортної потужності 100 кВт.

Експлуатаційні витрати у 2007 р. на теплопостачання станції тепловим насосом

склали 43845 кВт·р. електроенергії на суму 14907 грн.

Результати експлуатації ТН дозволяють зробити такі висновки [7]:

- річні експлуатаційні витрати у 2007-2008 рр. на опалення, гаряче водопостачання і кондиціювання склали 15-19 тис. грн на рік, що в 3,5-4 рази менше затрат тільки на опалення приміщення залізничної станції Залютине у 2006 р.;

- однією системою вирішені завдання комфортного опалення та кондиціювання (температура в службових приміщеннях підтримується на рівні 18-20 °С взимку, 22-24°С влітку), а також гарячого водопостачання;

- кардинально вирішені природоохоронні питання, оскільки повністю виключені викиди в атмосферу продуктів згоряння палива, а також ліквідована потреба у вивозі та утилізації шлаку.

- для монтажу ТН необхідно витратити достатньо велику суму.

Для підтримки розвитку теплових насосів в Україні державі необхідно офіційно перевести міжнародні та європейські стандарти визначення ефективності теплових насосів. Тоді продавець зможе при бажанні підтвердити ефективність теплового насоса, а покупець зможе осмислено вибрати найкраще для нього обладнання.

Строки, коли держава легалізує міжнародні стандарти підтвердження ефективності теплового насоса, визначають перспективи теплових насосів в Україні.

Першим кроком на цьому шляху стало впровадження нового ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами.

Можливість застосування ТН для частини громадської будівлі. Розрахункове значення теплової потужності системи опалення частини громадської будівлі можна оцінити за максимально допустимим значенням питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період E_{max} . За даними джерела [6] для першої

кліматичної зони України для п'яти поверхового будинку $E_{max} = 35$ кВт·год/м³. Для тривалості опалювального періоду 189 діб (4536 год) для частини приміщення об'ємом 1096 м³ орієнтовна теплова потужність системи опалення становитиме 8,5 кВт, а з запасом 17 % - близько 10 кВт.

Таку теплову потужність може забезпечити ряд ТН зарубіжного виробництва, а також, наприклад, продукція Мелітопольського заводу холодильного машинобудування ВАТ «Рефма», який виробляє теплові насоси потужністю від 8 до 60 кВт.

Альтернативним варіантом ТН служить система теплопостачання, прийнята в проекті будівлі.

Найбільш характерні альтернативні варіанти для ТН такі:

- централізована система теплопостачання від ТЕЦ;

- централізована система теплопостачання від великих районних котельень;

- локально-централізована система теплопостачання від групових і квартальних котельень;

- децентралізована система теплопостачання від індивідуальних опалювальних котельень;

- децентралізована система теплопостачання від різних місцевих теплогенераторів.

Очевидно, що остаточне рішення про вибір того чи іншого варіанта повинно бути економічно обґрунтовано. В економічних обґрунтуваннях необхідно розрізняти випадки, коли ТН витісняють діючі теплоджерела, як у даному випадку, або коли заміщають нові. Необхідно також враховувати недовантаження діючих альтернативних теплоджерел, так само як і відмінності в надійності теплопостачання та у впливі на навколишнє середовище по всіх розглянутих варіантах.

У той же час слід розуміти, що навіть найдосконаліші економічні обґрунтування не гарантують успіху в практичній реалізації пропонованого варіанта будь-

якого технічного рішення. Потрібний економічний механізм, заснований на справедливому розподілі одержуваного сукупного ефекту між учасниками процесу

вибору ефективного джерела тепlopостачання. Відсутність такого механізму є однією з найважливіших причин, що гальмують застосування ТН.

Список літератури

1. Анализ перспектив использования тепловых насосов в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.insolar.com.ua/library/articles/>.
2. Попов, А.В. Анализ эффективности различных типов тепловых насосов. [Электронный ресурс] А.В. Попов.]. – Режим доступа <http://www.teplosibmash.ru/articles/>
3. Гершкович, В.Ф. Тепловые насосы. Реализованные проекты и нереализованные возможности [Текст] / В.Ф. Гершкович. – К.: ЗНИИЭП, 2004. – 34 с.
4. Кучерук, О. Состояние и перспективы внедрения инженерных систем на тепловых насосах [Электронный ресурс] / О. Кучерук. – Режим доступа <http://www.esco-ecosys.ru/frames/contents.htm>.
5. Закиров, Д.Г. Будущее – за теплонасосными технологиями [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.rosteplo.ru/stat1.php>.
6. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Затв. міністерством архытектури та ЖКХ на заміну СНиП II-3-79. – К., 2006. – 71 с.
7. Славин, В.С. Повышение эффективности системы централизованного теплоснабжения на основе применения технологии тепловых насосов [Текст] / В.С. Славин, В.В. Данилов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2000. – № 2. – С. 5-14.

Ключові слова: тепловий насос, енергозбереження, тепlopостачання.

Анотації

У статті розглянуті питання розвитку ринку теплових насосів у різних регіонах світу. Зроблено короткий огляд існуючих теплонасосних установок в Україні та розглянуто проблеми, що виникають при їх використанні.

В статье рассмотрены вопросы развития рынка тепловых насосов в различных регионах мира. Сделан краткий обзор существующих теплонасосных установок в Украине и рассмотрены проблемы, возникающие при их использовании.

The article deals with the development of the market of heat pumps in different parts of the world. A brief review of the existing heat pump plants in Ukraine and the problems arising from their use.