

СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

Будь-яка система теплопостачання будинку може бути місцевою (автономною), децентралізованою або централізованою в залежності від потужності джерела теплопостачання та довжини магістральних трубопроводів теплових мереж. Чітко визначеної класифікації таких систем немає, але можна вважати автономною систему опалення і гарячого водопостачання окремого невеликого будинку з водогрійними котлами малої потужності (до 1 МВт). Розподільчі теплові мережі в таких системах відсутні.

Теплопостачання житлових та громадських будинків з прибудинковою або даховою котельнею середньої потужності (до 3 МВт) та внутрішньобудинковими або дворовими мережами розподільчих трубопроводів є децентралізованим.

Централізоване теплопостачання – це теплопостачання будинків від районної опалювальної котельні (РОК) чи від ТЕЦ з розгалуженою системою теплових мереж і транспортуванням теплоносія на досить великі відстані (кілька кілометрів). Перевагою централізованого теплопостачання є можливість використання різних видів палива з забезпеченням екологічної чистоти навколишнього середовища та оптимальних техніко-економічних показників, а одночасне виробництво теплової та електричної енергії на ТЕЦ сьогодні є найбільш ефективною технологією. Але умови експлуатації систем централізованого теплопостачання різко змінюються через цілий ряд причин і на сьогодні вже не відповідають сучасним вимогам. Мережі трубопроводів прокладені в основному в непрохідних залізобетонних каналах з мінераловатною тепловою ізоляцією труб, більша частина з них експлуатується понад 40 років і вони вже не можуть конкурувати з технологією прокладання і експлуатації теплових мереж з трубопроводів, попередньо-ізованих в заводських умовах. Невідповідність технічного стану теплових мереж експлуатаційним вимогам та застаріле теплотехнічне обладнання суттєво зменшують надійність та якість теплопостачання. На ефективність роботи систем централізованого теплопостачання впливають також конкурентні відносини між газопостачальними організаціями та підприємствами теплопостачання.

Все більшої актуальності набуває реконструкція систем опалення та гарячого водопостачання будинків старої забудови, перехід на децентралізовані та автономні системи теплопостачання (зменшення втрат теплоти в мережах трубопроводів, застосування сучасних

високоефективних водогрійних котлів, оптимізація режимів експлуатації існуючих систем і обладнання). Не менш важливим є заміна вікон, додаткове утеплення зовнішніх стін та покрівлі, через які будівлями втрачається основна кількість теплової енергії. Фонд вітчизняних житлових та громадських будинків експлуатується на протязі багатьох десятиріч і проблема теплоізоляції цих будинків стає першочерговою. Тому питання теплопостачання та ефективного тепловикористання необхідно розглядати в комплексі [1,2].

Для підвищення ефективності існуючих систем централізованого теплопостачання кафедра теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДонНАБА запропонувала [3] схему з двоохтрубною квартальною розподільчою мережею замість чотирьохтрубної та додатковими підігрівачами-акумуляторами в ІТП кожного будинку. Це дало можливість зняти пікові навантаження в системах гарячого водопостачання та зменшити витрати труб і будівельних конструкцій.

Пропонується також реконструкція традиційних систем опалення житлових будинків старої забудови, приєднаних до централізованого теплопостачання, [4] з заміною вертикальних стояків горизонтальними поквартирними розводками та встановленням в кожній квартирі електричних водогрійачів. Додатковою перевагою таких систем опалення будинків є можливість знизити температуру води, а відповідно і тиск, в мережах трубопроводів теплопостачання, що суттєво зменшить їх аварійність.

Одним із можливих шляхів енергозабезпечення житлових та громадських будинків є застосування схем децентралізованого або автономного теплопостачання з комплексним використанням теплових насосів і сонячних колекторів. Використання сонячної енергії для теплопостачання в Україні має тривалий досвід. Розроблені та введені у виробництво нові типи вітчизняних та імпорتنих геліоколекторів для систем гарячого водопостачання, які працюють спільно з водогрійними котлами. Наприклад сонячні колектори Vitosolic 100 успішно працюють з водогрійним котлом Vitotronic в системі гарячого водопостачання (рис.1).

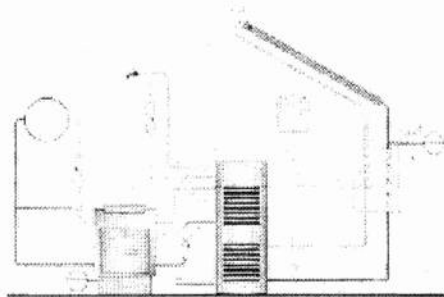


Рис.1 *Схема котельної з сонячним колектором*

Аналогічна система гарячого водопостачання за допомогою сонячних колекторів змонтована і вже кілька років експлуатується на інженерному корпусі СП Укрінтерм (м. Біла Церква) [5].

Ефективність автономного теплопостачання будинків часто залежить від правильного вибору водогрійного котла, його технічних та експлуатаційних характеристик, вартості. На українському ринку представлена продукція багатьох європейських фірм, які виготовляють та реалізують котли потужністю від 30 до 400 Вт, в тому числі Buderus, Viessmann (Германія), Chaffoteaux et Maury (Франція), Beretta (Італія), Protherm (Словенія), Dakon (Чехія). Слід відмітити, що коефіцієнт корисної дії всіх сучасних водогрійних котлів досить високий (92...93%), але ціна котлів українського виробництва нижча відповідних закордонних котлів. Провідним вітчизняним підприємством з випуску котлів малої та середньої потужності є корпорація СП Укрінтерм, яка налагодила серійний випуск газових водогрійних котлів, модулів нагріву, сучасних конденсаційних котлів, дахових котелень.

Принцип роботи теплового насоса відомий вже досить давно (рис. 2). В тепловому насосі передається тепла енергія в напрямку, протилежному природному температурному напору, тобто від енергоносія з нижчою температурою до енергоносія з вищою температурою. Цей процес відбувається за рахунок підведення додаткової механічної (електричної) енергії для роботи компресора.

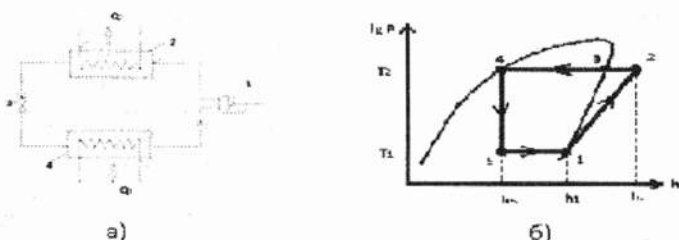


Рис. 2 Принципова схема (а) та цикл (б) роботи ТН.

1 - компресор; 2 - конденсатор; 3 - детандер; 4 - випарник.

Теплові насоси в системах теплопостачання окремих будівель тривалий час не застосовувались через відсутність відносно дешевого обладнання. В Україні не налагоджено серійне виробництво теплових насосів. Тільки заводи «Рефма» (м. Мелітополь) та «Прогрес» (м. Ніжин) виконують окремі індивідуальні замовлення. На об'єктах котеджного типу монтують, як правило, обладнання французьких, німецьких, шведських фірм. Широке впровадження теплових насосів стримувалось ще й відсутністю національної нормативної бази. В 2010 році затверджено Міністерством будов України стандарт ДСТУ БВ.2.5-44:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами», який доповнено «Посібником з проектування інженерних систем житлових і громадських будинків з

тепловими насосами». Розробником цих документів є Корпорація «Європейська енергетична компанія», засновником якої являється СП Укрінтерм.

Кількість теплоти Q_1 , відведеної від конденсатора та теплоти Q_2 підведеної до випарника від низькотемпературного джерела і затрачену енергію W на роботу компресора, розраховуються за різницями ентальпій холодоагента з $\lg P$ - h діаграми

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_{\text{хн}}(h_2 - h_4) \\ Q_2 &= m_{\text{хн}}(h_1 - h_5) \\ W &= m_{\text{хн}}(h_2 - h_1) \end{aligned} \quad (1)$$

де $m_{\text{хн}}$ – масова витрата холодоносія.

Основним показником ефективності теплового насоса є коефіцієнт перетворення COP (coefficient of performance), рівний відношенню одержаної теплової енергії Q_1 до затраченої енергії W на роботу компресора.

$$COP = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_2 + W}{W} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

Рівняння (2) показує, що COP не залежить від природи робочого тіла теплового насоса, а визначається тільки температурами джерел теплової енергії (теорема Карно). Крім того, з тієї ж формули випливає, чим менша різниця між температурами конденсації та кипіння робочого тіла, тим більший COP.

За допомогою теплових насосів можна використовувати теплову енергію навколишнього середовища для опалення будинків, для гарячого водопостачання. Але ефективність застосування теплових насосів передбачає необхідність враховувати умови їх експлуатації, пов'язані з температурним полем джерела енергії. Джерелом низькотемпературної енергії з навколишнього середовища може бути ґрунт, геотермальні свердловини, водойми, повітря та ін. Температурне поле цього середовища не однорідне, воно залежить від нерівномірного розподілення сонячної радіації на поверхні землі, від атмосферних умов, від періоду року, від інших чинників. З іншого боку температура низькопотенційного джерела, наприклад ґрунту, залежить від глибини закладання труб теплообмінника, пористості та вологості ґрунту, періоду року і ін. і суттєво впливає на ефективність роботи теплового насоса в системі опалення. Тому всі ці питання залишаються для подальшого їх вивчення і дослідження.

В системах тепlopостачання будинків теплові насоси можуть працювати спільно з водогрійними котлами в бівалентно-паралельному або бівалентно-альтернативному режимі. В бівалентно-паралельному режимі водогрійний котел використовується як допоміжний і вмикається/вимикається системою автоматичного управління в залежності від температури зовнішнього повітря і потреби системи опалення (рис.3). В бівалентно-альтернативному режимі тепловий насос

забезпечує теплові потреби будинку до деякої температури зовнішнього повітря (так званої бівалентної точки), а потім тепловий насос вимикається і 100% теплових потреб будинку забезпечує водогрійний котел.

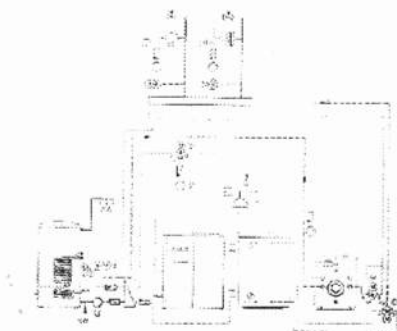


Рис. 3 Схема роботи водогрійного котла з тепловим насосом.

Для визначення кількості теплоти, що сприймається ґрунтовим теплообмінником необхідно мати диференційне рівняння теплопровідності [6], тобто математичну залежність між фізичними величинами, які характеризують процес теплообміну між ґрунтом і теплообмінником. Таке диференційне рівняння дає зв'язок між температурою, часом та просторовими координатами (температурне поле). Для одномірного потоку теплоти диференційне рівняння теплопровідності має вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad (3)$$

де $a = \frac{\lambda}{c_p \rho}$ — коефіцієнт температуропровідності, м²/с.

Для циліндра радіусом r (труба ґрунтового теплообмінника), вісь якого співпадає з віссю z , а температура змінюється в напрямках координат x і y , рівняння (3) в циліндричних координатах має вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (4)$$

Коефіцієнт температуропровідності a залежить від температури, вологості та пористості тіла. Тому теплофізичні характеристики (теплопровідність, температуропровідність, теплоємність), наприклад ґрунту, тільки умовно вважаються постійними, а для конкретних розрахунків їх треба визначати на основі результатів експериментальних досліджень.

Для розв'язку диференційного рівняння (4), необхідно знати розподіл температур в масиві ґрунту (початкова умова) і закон взаємодії між зовнішньою поверхнею ґрунтового теплообмінника та оточуючим

його середовищем (гранична умова), а рішення диференційного рівняння повинно задовольняти початковим та граничним умовам.

Кількість теплоти, сприйнятої зовнішньою поверхнею ґрунтового теплообмінника, визначається за формулою, одержаною після інтегрування рівняння теплового потоку $q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}$ по поверхні $S_{\text{зов}}$ в інтервалі часу Δt .

$$Q = -\lambda S \int_{\tau_1}^{\tau_2} \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right) d\tau \quad (5)$$

Кількість теплоти, відведеної холодоносієм визначається за формулою:

$$Q = \alpha (t_{\text{ст}} - t_{\text{хн}}) S_{\text{вн}} \quad (6)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки теплообмінника до холодоносія.

Висновок. Якщо температура стінки теплообмінника $t_{\text{ст}}$ змінюється вздовж осі трубопроводу z , а середню температуру холодоносія $t_{\text{хн}}$ визначити складно, то кількість теплоти Q розраховується за формулою (5). Закон розподілу температур ґрунту по нормалі до поверхні трубопроводу теплообмінника визначається експериментально. Залежність коефіцієнта теплопровідності ґрунту, оточуючого труби ґрунтового теплообмінника, від його вологості, пористості, об'ємної маси, визначається також на основі даних експериментальних досліджень.

Список літератури:

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій – К.:Гама-Принт, 2009-216 с.
2. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве – К.:Наукова думка, 2000-420 с.
3. Олексюк А.А. Энергоресурсосберегающие технологии для систем теплоснабжения. – Макеевка, ДонНАСА, 2005-204 с.
4. Тарадай А.М., Покровский Л.Л., Редько А.Ф., Яременко М.А. Централизованное поквартирное отопление с регулированием и коммерческим учетом отпуска тепла-Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Науково-технічний збірник. Вип. 14-К.: КНУБА, 2010-с. 36-42.
5. Мороз П.М. Система опалення та гарячого водопостачання будинків з використанням теплового насоса та сонячного колектора.//Нова тема. Науково-технічний журнал.-№4, 2009.-с. 7-10.
6. Лыков А.В. Теория теплопроводности-М.: Высшая школа - 1967 - 600с.

Надійшла до редакції 10.10.2012р.