УДК.697.4; 536.7

Ефективність використання сонячного випромінювання в системі теплопостачання на основі трансформації інтегрованої енергії характерних низькотемпературних джерел

В.Д.Петраш[1],О.А.Поломанний[2]
[1]д.т.н., професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури, petrant@ukr.net.
[2]аспірант, Одеська державна академія будівництва та архітектури.s29292929@yandex.ru.

Встановлена можливість (30 ÷ 40) відсоткового збільшення ефективності використання потоку сонячного випромінювання при нагріванні енергоносія зі збільшенням його витрати при розширенні періоду роботи геліоконтура в запропонованій системі теплопостачання на основі парокомпресійної трансформації інтегрованої енергії характерних низькотемпературних джерел.

Ключові слова: геліоконтур, теплонасосне обладнання, форконденсатор, низькотемпературні джерела енергії.

Вступ. Серед значної кількості відомих систем [1,2,3,4] з їх аналізом [5,6] найбільш близькою за технічною суттю є запропонована система [7] відбору енергії сонячного випромінювання та ґрунту, а також утилізованої теплоти вентиляційного повітря і стічних вод. Придання нових функцій системі [7], рис. 1, з одночасним підвищенням ефективності відбору та використання енергії суміщених потоків сонячного випромінювання, ґрунту, вентиляційного повітря, що видаляється, а також стічних вод для нагріву води систем комунально-побутового теплопостачання, дозволяє підвищити загальну енергетичну ефективність та надійність, як окремих підсистем, так і всієї інтегрованої системи. Вельми важливим показником у роботі системи є збільшення терміну служби та експлуатаційної надійності теплонасосного обладнання з можливістю вилучення додаткового джерела енергії, в більшості для підвищення температури води,що нагрівається.

При цьому підвищення загальної енергетичної ефективності системи в процесі відбору енергії забезпечується за рахунок:

-продовження періоду роботи геліоконтура в процесі трансформації сонячної енергії в режимі низькотемпературного нагріву енергоносія;

-розширення можливості використання теплоти зовнішнього повітря в літній період, коли його температура перевищує температуру витяжного вентиляційного повітря;

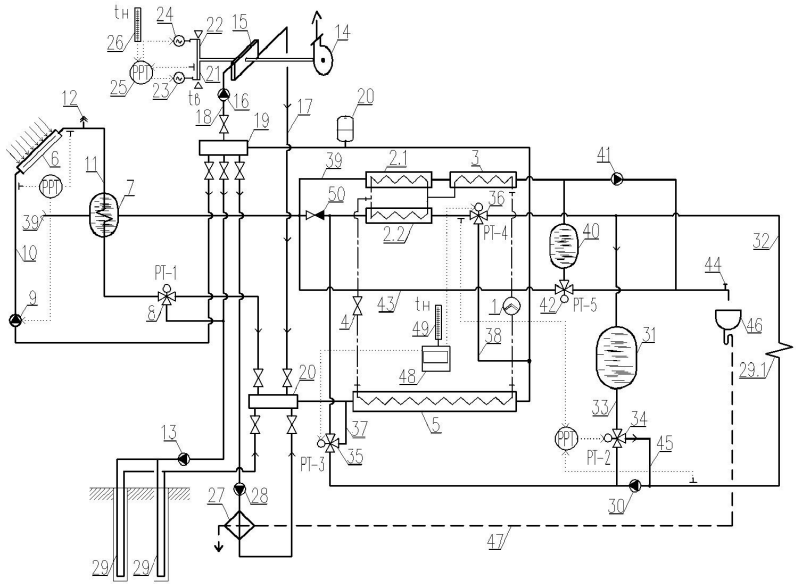

Рис. 1. Схема системи теплохолодопостачання на основі геліогрунтової та утилізованої теплоти витяжного вентиляційного повітря і стічних вод. *Умовні позначення:* 1 – компресор теплового насоса; 2 – основний конденсатор з спарених частин 2.1 і 2.2; 3 – форконденсатор;4 – дросельний вентиль теплового насоса; 5 – випарник; 6 – геліоконтур; 7 – теплообмінник;8 – триходовий температурний регулятор РТ–1; 9 – циркуляційний насос контуру відбору теплоти; 10 – циркуляційний трубопровід охолодженої води; 11 – циркуляційний трубопровід нагрітої води; 12 – повітрозбірник; 13 – циркуляційний насос підсистеми відбору енергії ґрунту; 14 – вентилятор підсистеми відбору теплоти; 15 – калориферний теплообмінник; 16 – циркуляційний насос підсистеми відбору теплоти витяжного вентиляційного повітря; 17 – циркуляційний трубопровід нагрітої води; 18 – циркуляційний трубопровід охолоджувальної води; 19 – розподільний колектор; 20 – збірний колектор; 21 – повітрозабірний патрубок внутрішнього повітря; 22 – повітрозабірний патрубок зовнішнього повітря; 23 – автоматизована шиберна засувка; 24 – автоматизована шиберна засувка; 25 – регулятор різниці температур; 26 – датчик температури зовнішнього повітря; 27 – теплообмінник підсистеми відбору теплоти відпрацьованих водних потоків; 28 – циркуляційний насос відбору теплоти відпрацьованих водних потоків; 29 – ґрунтовий теплообмінник; 29.1– теплообмінник підсистеми опалення та охолодження; 30 – циркуляційний насос системи опалення; 31 – бак акумуляції теплоти в літній період року; 32 – трубопровід схеми теплохолодопостачання; 33 – ділянка трубопроводу схеми теплохолодопостачання; 34 – триходовий температурний регулятор РТ–2; 35 – триходовий температурний регулятор РТ–3; 36 – триходовий температурний регулятор РТ–4; 37– реверсивний трубопровід системи охолодження; 38 – реверсивний трубопровід системи охолодження; 39 - трубопровід системи водопостачання; 40 – бак-акумулятор системи гарячого водопостачання;41 – циркуляційний насос системи гарячого водопостачання; 42 – триходовий температурний регулятор РТ–5; 43 – циркуляційний трубопровід; 44 – кран розбору води; 45 – обвідний трубопровід; 46 – раковина умивальника, басейн; 47 – дренажна ділянка системи водовідведення; 48 – прилад контролю імпульсного сигналу; 49 – датчик температури зовнішнього повітря; 50 – ділянка трубопроводу з зворотним клапаном.

-можливості акумулювання надлишків теплоти в масиві ґрунту в період екстремального сонячного випромінювання в теплий період року;

- стабілізації раціонального гідравлічного режиму роботи циркуляційних насосів в кожній із структурних підсистем.

Основна частина. Система відрізняється безпосереднім гідравлічним взаємозв'язком окремих підсистем відбору теплоти від низькотемпературних джерел. Особливість роботи основного конденсатора, який складається з спарених першої частини 2.1 (для нагріву енергоносія, що надходить в підсистему гарячого водопостачання) та другої 2.2 (для нагріву енергоносія для системи опалення) полягає в тому, що передача теплоти конденсації в опалювальний період відбувається на більш холодній поверхні спарених теплообмінників 2.2 або 2.1 відповідно систем опалення або гарячого водопостачання, тобто при нагріванні більш холодної води, яка надходить з відповідних систем. Логічно, що при рівності зазначених температур води в гідравлічно незалежних системах опалення та гарячого водопостачання ефективність її нагріву в першій та другій частинах основного конденсатора буде рівнозначною і визначаться співвідношенням теплообмінних поверхонь та гідравлічними умовами зазначених потоків.

При цьому форконденсатор 3 призначений для додаткового нагріву води до більш високої температури згідно встановлених вимог для систем гарячого водопостачання, який здійснюється при «компресійному» тиску в форконденсаторі, тобто при найбільшому тиску та відповідній температурі робочого тіла після компресора.

Робота системи охолодження в теплий період року полягає в тому, що енергоносій з магістралі 32 за допомогою терморегулятора витрати 35 (РТ-3) по додатковому трубопроводу 37 надходить разом з загальним потоком із збірного колектора 20 у випарник теплового насоса 5. Будучи охолодженою після випарника 5, частина потоку надходить по трубопроводу 38, проходячи терморегулятор 36 на ділянці трубопроводу 32 абонентської підсистеми охолодження. Таким чином, теплообмінник 29.1 в теплий період року виконує функцію охолодження води, яка проходить через зазначений теплообмінник.

Особливість будови та роботи підсистеми відбору сонячної енергії полягає в тому, що геліоконтур функціонує в режимі зниженого нагріву води до 10-20^{0}С. При цьому забезпечується не тільки підвищення відбору теплоти сонячного випромінювання, але й суттєво збільшується період корисної роботи аналізованої підсистеми, зростає загальний потік інтегрованої теплоти, підвищується надійність роботи всієї системи. При цьому забезпечується розширення періоду корисної роботи геліоконтуру з можливістю експлуатації системи в реверсивному режимі з акумулюванням теплоти і газоповітряних потоків у масиві ґрунту, що в подальшому дозволяє використовувати її в опалювальний період.

Попередньо закумульована в масиві ґрунту енергія екстремального сонячного випромінювання в літній період року використовується при зниженому розборі води для гарячого водопостачання в перехідний та зимовий період. Вона відводиться у випарник 5 після надходження зі збірного колектора 20, а потім передається енергоносіям абонентських підсистем в спарених частинах основного конденсатора 2.1, 2.2 та в форконденсаторі 3.

Перехід системи з режиму опалення на охолоджуючий забезпечується автоматично в результаті односпрямованого перемикання регуляторів витрати 35 і 36 в кінці опалювального періоду контролюючим приладом 48 по імпульсному сигналу датчика температури зовнішнього повітря 49. Підвищення надійності роботи системи досягається за рахунок можливості акумулювання теплової енергії не тільки в баку-акумуляторі, але і в масиві ґрунту в теплий період року при максимальному сонячному випромінюванні, а також в результаті виключення можливого перегріву конденсатора та стабілізації загального гідравлічного режиму в процесі відбору теплоти.

Представляє інтерес ефективності використання сонячного випромінювання в результаті низькотемпературного нагріву теплоносія в геліоконтурі системи теплопостачання на основі трансформації теплоти характернихнизькопотенційних джерел.

Відомо [8,9], що одним з основних показників енергетичної ефективності роботи колектора є коефіцієнт використання сонячного випромінювання, який визначається співвідношенням корисно сприйнятої теплоти колектором та сумарного потоку сонячного випромінювання, яке надходить на його селективну поверхню за певний період часу $d\tau$

$$\eta = \int \frac{Q_и}{A} d\tau \,/\, \int I_{\perp} d\tau \quad . \tag{1}$$

В роботі традиційних геліосистем тепловий потік, що корисно сприйнятий робочою рідиною в колекторі, визначається різницею кількості поглинутої сонячної енергії та втрат теплоти з його поверхні в навколишнє середовище, яка знаходиться на основі [9,10] згідно узагальненої залежності

$$Q_и^{тр} = A_c \frac{G c_p}{U}\left[1 - \exp\left(-U F' / G c_p\right)\right]\cdot\left[I_{\perp}(\tau\alpha) - U\left(t_{гел}^{н} - t_{ос}\right)\right]\Delta\tau \,. \tag{2}$$

У роботі запропонованої системи в умовах початково низькій температурі поступаючого енергоносія в колектор в наслідок функціонального взаємозв'язку з ґрунтовим колектором повна корисна енергія за розглянутий період визначається [9,10] згідно аналогічної залежності

$$Q'_и = A \frac{G' c_p}{U'}\left[1 - \exp\left(U' F' / G' c_p\right)\right]\times\left[I'_т(\tau\alpha)' - U'\left(t_{гел}^{н\prime} - t_{ос}'\right)\right](\tau_к - \tau_н), \tag{3}$$

де: – символи «штрих» відображають відповідно змінні параметри в роботі аналізованої системи з низькотемпературним нагрівом енергоносія; при цьому параметр F', який характеризує конструктивне виконання колектора, зберігається незмінним;

– $(\tau_к – \tau_н)$ враховує зростаючий період корисної роботи геліосистеми в режимі низькотемпературного нагріву первинного енергоносія.

Очевидно, що середньогодинні значення поглинутої енергії $I'_{\perp}$ сонячного випромінювання в запропонованому варіанті системи, яка функціонує зі збільшеним періодом корисної експлуатації колектора, менше в порівнянні з аналогічним значенням $I_{\perp}$ у традиційній системі.

З вищевикладеного випливає, що підвищення ефективності використання сонячної енергії в аналізованому контурі системи η згідно (1) може бути представлено в порівнянні з ефективністю в традиційних умовах роботи геліосистем $\eta_{тр}$, з урахуванням (2) і (3), в наступному вигляді

$$\Delta\eta_o = \frac{\eta - \eta_{тр}}{\eta_{тр}} = \frac{\eta}{\eta_{тр}} - 1 = \frac{U}{U'} \times \frac{[1 - \exp\ (U'F''/G'c_p)]}{[1 - \exp\ (-U\ F'/Gc_p)]} \times \frac{[I_т'(\tau\alpha)' - U'(t'^{н}_{гел} - t_{ос}')]}{\left[I_т(\tau\alpha) - U\ \left(t^{н}_{гел} - t_{ос}\right)\right]} \times \frac{\tau_к - \tau_н}{\Delta\tau} - 1 \quad (4)$$

Очевидно, що аналізоване співвідношення (4) складається з чотирьох співмножників, які враховують відносні значення вихідних умов та режимних параметрів, при цьому:

– перший співмножник відображає підвищення ККД за рахунок відносного зниження втрат теплоти колектором. У розглянутому діапазоні для реальних умов його роботи з низькотемпературним нагріванням енергоносія до $(10 \div 20)^0$C його значення може досягти 1,1-1,2 [9,10];

– другий співмножник враховує комплексний вплив збільшення витрати енергоносія на ККД колектора при одночасному зниженні коефіцієнта тепловтрат в умовах низькотемпературного нагріву циркулюючого середовища;

– третій співмножник відображає підвищення корисно виробленої енергії колектора в низькотемпературному режимі роботи з незначним зниженням сонячного випромінювання в умовах зменшення втрат теплоти в навколишнє середовище відносно аналогічної різниці для режиму роботи традиційних систем;

– четвертий співмножник враховує ступінь розширення періоду корисної роботи колектора аналізованого контуру в порівнянні з періодом роботи традиційних геліосистем.

Спеціально виконані розрахунки відносних значень для другого співмножника показують, що для реальних умов вони також більше одиниці.

Аналіз результуючого зростання відносних значень третього співмножника на збільшення ККД колектора ілюструється даними [5], представленими на рис. 2.

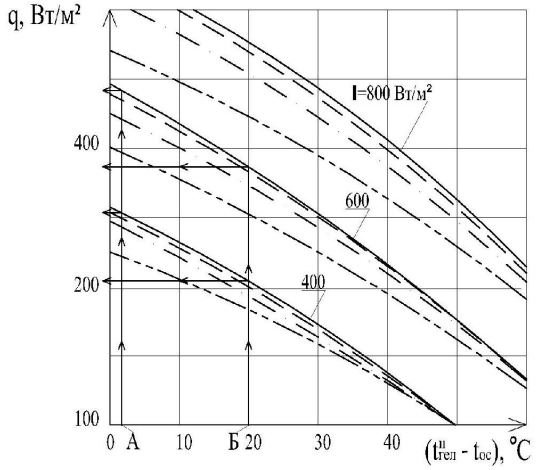

Рис. 2. Залежність питомої ефективності використання сонячної енергії в геліоконтурі системи від різниці температур на вході в колектор при різних витратах теплоносія. *Умовні позначення:* ▪▪▪▪▪ - q=10кг/(год.·м²); ▬ ▪ ▬ - q=20кг/(год.·м²) ; ▬ ▬ ▬ - q=30кг/(год.·м²); ▬▬▬ - q=40кг/(год. м²).

Графічними даними на рис. 2 ілюструється ефективність зростання виробки теплоти, q Вт / м^2, з застосуванням теплонасосних технологій в умовах низькотемпературного нагріву первинного енергоносія. Тут показано збільшення корисної виробки теплоти колектором з наближенням до нульової різниці аналізованих температур ($t^{н}_{гел}$- $t_{ос}$) ≈0^0С (точка А) щодо аналогічних значень при роботі традиційних систем, для яких [5] при $t^{н}_{гел}$ = (35 ÷ 45)^{0}С та $t_{ос}$ = (10 ÷ 30)^{0}С розглядається ($t^{н}_{гел}$-$t_{ос}$) ≈20^0С, (точка Б). З наведених графіків випливає, що для традиційних умов роботи колектора при осередненому значенні аналізованої різниці температур (точка Б), значення теплових потоків складають 220 і 370 Вт / м^2 відповідно при $I_{\perp}$ = 400 Вт / м^{2}та $I_{\perp}$ = 600 Вт / м^2. З наближенням зазначеної різниці температур до нульового значення (точка А) відповідні теплові потоки в колекторі геліоконтура запропонованої системи зростають до 305 і 485 Вт / м^2.

Висновки. Порівняльний аналіз наведених теплових потоків підтверджує можливість (30 ÷ 40) відсоткового збільшення ефективності використання потоку сонячного випромінювання при низькотемпературному нагріві енергоносія з підвищеною його витратою при розширеному періоді роботи геліоконтура в запропонованій системі теплопостачання на основі парокомпресійної трансформації інтегрованої енергії характерних низькотемпературних джерел.

Література.

1. Патент России №2350847 Система автономного теплоснабжения потребителей с использованием низкопотенциального тепла и электроснабжения от возобновляемых источников энергии, МПК F24D3/08, Стребков Д.С., Харченко В.В., Чемеков В.В. 10.09.2007 г.

2. *Амерханов Р.А.* Петротермальная энергия в системах теплоснабжения. ж. Промышленная теплотехника,. т.28, №2, 2006 г. ИТТФ, с.28-34

3. *Васильев Г.П.* Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной энергии поверхностных слоев земли. Монография. Москва. Издательский дом «Граница» 2006 г., с. 176

4. *Петраш В.Д., Басист Д.В.* Условия энергоэффективной работы теплонасосной системы солнечного теплоснабжения ж. Промышленная теплотехника, т.30 №2 , 2008 г. ИТТФ с. 86-89

5. Эффективные системы отопления здания./ В.Е. Минин, В.К. Аверьянов, Е.А. Белинкий, и др.; под общей ред. В.Е. Минина. – Л.: Стройиздат Ленингр. Отд-ние, 1988. – 216с.

6. *Петраш В.Д.* Теплонасосные системы теплоснабжения,- Одесса: типография «ВМВ», 2014, с. 421-450.

7. Система теплохолодопостачання на основі геліогрунтової енергії та утилізованої теплоти витяжного вентиляційного повітря і стічних вод. Петраш В.Д., Поломанний О.А., Висоцька М.В., Заявка на винахід за № а 201404674, ДП «Український інститут промислової власності» від 30.04.2014.

8. *Валов М.И.* Системы солнечного теплоснабжения. М.: МЭИ, 1991.- 140 с.

9. *Даффи Дж. А., Бекман У.*: Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. «Мир», М. 1977, 420 с.

10. *Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. А.*,: Расчет систем солнечного теплоснабжения. М: Энергоиздат, 1982, 80 с.

Эффективность использования солнечного излучения в системе теплоснабжения на основе трансформации интегрированной энергии характерных низкотемпературных источников

В. Д. Петраш, А. А.Поломанный

Установлена возможность(30÷40) процентного увеличения эффективности использования потока солнечного излучения при нагреве энергоносителя с повышенным его расходом при расширяющемся периоде работы гелиоконтура в предложенной системе теплоснабжения на основе парокомпрессионной трансформации интегрируемой энергии характерных низкотемпературных источников.

Ключевые слова: гелиоконтур, теплонасосное оборудование, форконденсатор, низкотемпературные источники энергии

Calculating the efficiency of solar radiation energy usage in the heating systems based on the transformation of the integrated energy in typical low-temperature energy sources

V. Petrash, A.Polomannuy

The possibility to increase the effectiveness of the solar radiation energy usage up to 30÷40 percent was established. This result was achieved by heating the energy source with increased flow rate during the expanding operational period in the proposed heating system based on vapor compression transformation of the integrated energy in typical low-temperature energy sources

Keywords:solar circuit, heat pumpequipment, forcondensator, lowenergy.

Надійшла до редакції 18.12.2014 р.