

Селіхов Ю.А., к.т.н, професор, Коцаренко В.О., к.т.н, професор,
Горбунов К.О., к.т.н., професор

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
м. Харків, Україна

Ключові слова: теплова енергія, органічне паливо, електроенергія, теплове навантаження, забруднення навколишнього середовища, тепловий насос, двоконтурна сонячна установка, тепловий контур, поновлювані джерела.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні установки сонячного тепло- та холодопостачання, теплові насоси та вітроелектрогенератори на об'єктах цивільного і промислового будівництва поки не отримали широкого впровадження, що пов'язано з відносно низькими, у порівнянні з іншими країнами, цінами на енергоносії і недостатньою підготовленістю ринку. Чималу роль у цьому процесі грає висока металоємність та собівартість сонячних колекторів і теплових насосів, а також не підготовленість нашого ринку до випуску вітроелектрогенераторів. Тому актуальною є концепція створення нових теплоенергетичних установок, які будуть використовувати поновлювані джерела енергії. Для таких установок будуть розроблені нові конструкції сонячних установок, теплових насосів і вітроелектрогенераторів. Витрати на вироблення теплової та електричної енергії за допомогою цих установок будуть нижче рівня сумарних витрат на отримання теплової та електричної енергії традиційними засобами (зокрема, в котельних установках).

Одночасно з цим, термін окупності таких теплоенергетичних установок повинен бути співмірним з гарантійним терміном їх експлуатації.

Це може досягатися за рахунок використання дешевих вітчизняних матеріалів, випуск яких гарантовано в достатніх обсягах протягом тривалого строку. [1, с. 70].

Тому використання поновлюваних джерел енергії, економія органічного палива, яке необхідно для нагріву теплоносія, поліпшення екологічної обстановки району споживання теплової енергії за рахунок зниження обсягів викидів забруднюючих речовин, до яких відносяться продукти згоряння традиційних видів енергії – органічного палива, що використовується для виробництва теплової енергії в котельному обладнанні, виробництво електроенергії за допомогою вітроелектрогенераторів – є актуальними завданнями.

Мета статті. У даній роботі авторами пропонується енергетична установка для постачання: електроенергією, гарячою водою, гарячим повітрям і опаленням, що була змонтована на одному приватному підвір'ї в Харківській області при будівництві котеджу. Для вирішення вищезазначених завдань нами була розроблена схема попереднього нагріву теплоносія за рахунок застосування двоконтурної сонячної установки [2, с.

2054], теплового насосу [3, с. 10] і вітроелектрогенератору [4, с. 27], який виробляє електроенергію для роботи всього електрообладнання в котеджі.

Енергетична установка використовується круглий рік. Її робота дає можливість економити органічне паливо, яке пішло б на нагрівання теплоносія до необхідної температури в котельні малої потужності. В геотермальних ґрунтових теплових насосах використовується тепла енергія [5, с. 35], накопичена в ґрунті за рахунок нагрівання її сонцем або іншими джерелами. Ґрунт має властивість зберігати сонячне тепло протягом тривалого часу, веде до відносно рівномірному розподілу температури джерела тепла протягом всього року [6, с. 206]. Це забезпечує експлуатацію теплового насосу з високим коефіцієнтом потужності. Нами був проведений розрахунок потужності теплового насоса [5, с. 36] для системи опалення приватного будинку. Був обраний тепловий насос «ґрунт–вода» з горизонтальною схемою розташування теплового колектора [7, с. 318]. Замість батарей опалення застосовуємо теплу підлогу [8, с. 42].

Також була розроблена нова технологічна схема енергетичної установки для гарячого водопостачання та опалення приватного будинку [9, с. 18]. Зробимо опис роботи нової технологічної схеми, яка представлена на рис. 1.

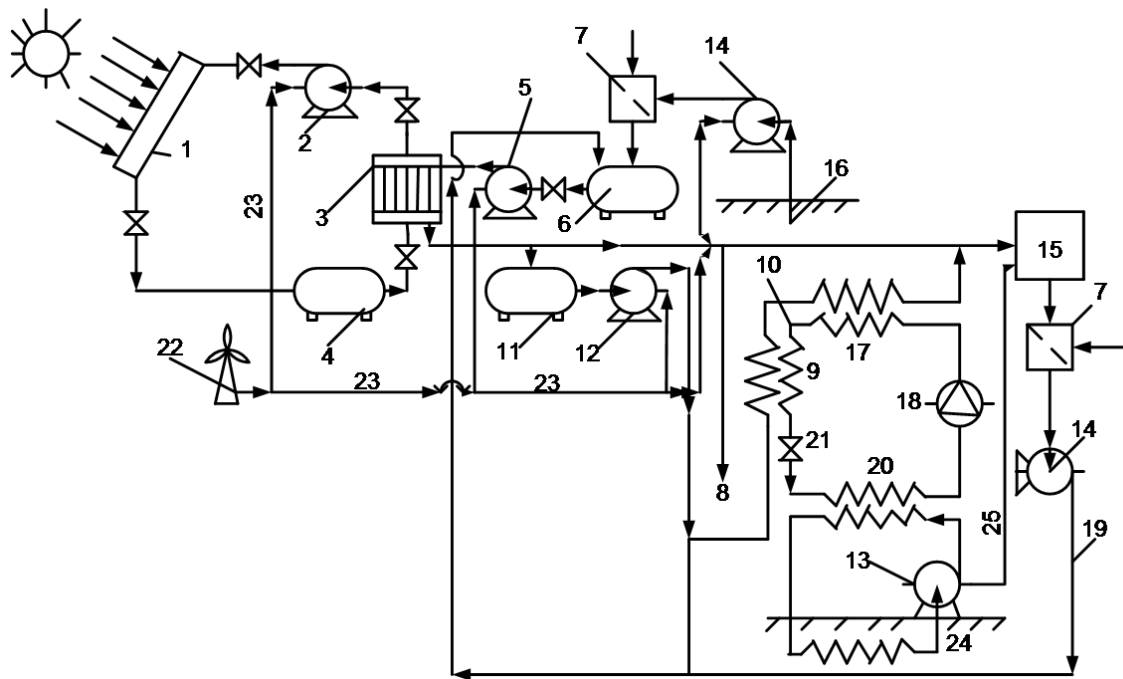


Рисунок 1 – Технологічна схема енергетичної установки для гарячого водопостачання та опалення приватного будинку

- 1 – двоконтурна сонячна установка; 2, 5, 12, 13, 14 – відцентрові насоси; 3 – двоконтурний теплообмінний апарат; 4, 6 – бак-акумулятор; 7 – установки хімоводоочищення; 8 – аварійний злив теплоносія з установки; 9 – охолоджувач; 10 – ґрунтовий тепловий насос (ґрунт-вода); 11 – бак-акумулятор; 15 – приватний будинок; 16 – артезіанська свердловина; 17 – конденсатор; 18 – компресор; 19 – трубопровід оборотної води; 20 – випарник; 21 – дросельний вентиль; 22 – вітроелектрогенератор; 23 – лінії електропередач; 24 – тепловий контур ґрунтового теплового насоса; 25 – трубопровід подачі холодного теплоносія (режим кондиціонування)

Нова енергетична установка може працювати як сезонно, так і цілий рік. Принцип дії установки при сезонній роботі – в теплу пору року: антифриз (тепловий агент) з бака-акумулятора 4 через перший контур теплообмінного апарату 3 циркуляційним насосом 2 подається в колектор сонячної установки 1, де нагрівається до необхідної температури і назад надходить в бак-акумулятор 4. Нагрітий антифриз в другому контурі теплообмінника 3 віддає своє тепло теплоносію (вода), що подається циркуляційним насосом 5 з бака-акумулятора 6, і підігрітим поступає в бак-акумулятор 11. Артезіанська вода зі свердловини 16 насосом 14 подається в установку хімовдоочищення 7, де відбувається очищення від багатьох солей і далі надходить в бак-акумулятор 6. Підігріта до необхідної температури, вода з другого контуру теплообмінника 3 подається в приватне домоволодіння 15 на гаряче водопостачання. Коли температура води не задовольняє користувача 15, остання з бака-акумулятора 11 циркуляційним насосом 12 подається в другий контур охолоджувача 9 і далі в другий контур конденсатора 17 ґрунтового теплового насосу 10, де догрівається до необхідної температури і надходить до користувача 15. Оборотна вода від користувача 15 подається в установку хімовдоочищення 7, де очищається, і циркуляційним насосом 14 подається в бак-акумулятор 6, або, в разі недостатньої кількості води, подається в другий контур охолоджувача 9 і далі в другий контур конденсатора 17 ґрунтового теплового насоса 10, де догрівається і знову надходить користувачеві 15. У разі аварійної ситуації є можливість випустити теплоносій в каналізацію 8 (спорожнення системи). У разі підвищення температури повітря на вулиці до некомфортної позначки, відключається сонячна установка і включається в тепловому насосі режим кондиціонування 25. Вода з ґрунтового теплового контуру циркуляційним насосом 13 подається в контур теплої підлоги, охолоджує площу підлоги і повітря в кімнатах будинку до комфортної температури.

Принцип дії установки для цілорічної роботи. У теплу пору року принцип роботи установки наведений вище. А в холодну пору року установка працює наступним чином: вода з температурою $5 \div 7$ °С циркуляційним насосом 13 подається в другий контур випарника теплового насосу, де нагріває холодоагент першого контуру, який перетворюється в пар. Пар холодоагенту надходить в компресор, де стискається до високого тиску. При цьому його температура досягає 160 °С. Далі пар надходить до конденсатора теплового насосу, де віддає своє тепло другому контуру конденсатора, в який подається вода циркуляційним насосом 12 з бака-акумулятора 11 або циркуляційним насосом 14 від користувача 15. Таким чином, вода нагрівається спочатку в другому контурі охолоджувача, а потім в другому контурі конденсатора і надходить до користувача з температурою 75 °С. У разі аварійної ситуації є можливість випустити теплоносій в каналізацію (спорожнення системи).

Отже, тепла енергія енергетичної установки гарячого водопостачання складалася з теплової енергії встановленої двуконтурної сонячної установки і теплової енергії теплового насоса і розраховувалася за рівнянням

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

Значення кількості використаної теплоти для попереднього підігріву води визначали за формулою

$$Q_1 = G_B \cdot \rho_B \cdot c_B \cdot (t_B'' - t_B'), \quad (2)$$

де G_B – загальна витрата води, що підігрівається, м³/с; ρ_B – щільність води, кг/м³; c_B – питома теплоємність води, кДж/(м³·К); t_B', t_B'' – температура холодної та підігрітої води, відповідно, °С.

Значення кількості використаної теплоти в тепловому насосі визначали за формулою

$$Q_2 = \xi \cdot N_{\text{эл}}, \quad (3)$$

де ξ – коефіцієнт перетворення теплового насоса; $N_{\text{эл}}$ – енергія, витрачена для реалізації циклу теплового насоса [3, с. 162].

Економію палива в котлоагрегатах [10, с. 87] за рахунок використання такої системи можна розрахувати за допомогою рівнянь теплового балансу (1–3).

Річна економія умовного палива складе, т.у.п./рік

$$\Delta B_{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{Q_H^P \cdot \eta_K}, \quad (4)$$

де $Q_H^P = 29,33$ МДж/кг – теплотворна здатність умовного палива [11, с. 231]; $Q_{\text{рік}}$ – річна кількість утилізованої теплоти, МДж/рік; η_K – коефіцієнт корисної дії котла.

Економія органічного палива дорівнює, т/рік (тис.м³/рік) [12, с. 156]:

$$\Delta B = \Delta B_{\text{рік}} \cdot \frac{29,33}{1000 \cdot Q_H^P}. \quad (5)$$

Річна економія за рахунок скорочення витрат первинного палива для підігріву води складе для котельної, грн/рік

$$E_{\text{п}} = \Delta B \cdot C_{\text{п}}, \quad (6)$$

де $C_{\text{п}}$ – вартість первинного палива, грн/т (грн/1000 м³).

Термін окупності енергетичної установки гарячого водопостачання та опалення приватного будинку складе, років [13, с. 264]

$$T = S_C / (Q_T \cdot C_T), \quad (7)$$

де S_C – питома вартість теплоенергетичної системи гарячого водопостачання, грн./м²; Q_T – річна кількість теплоти, яке вироблене енергетичною установкою, Гкал/м²; C_T – вартість теплоти від традиційного енергоджерела, грн/Гкал.

Висновки. Таким чином, застосування енергетичної установки для забезпечення електроенергією, гарячою водою, гарячим повітрям і опаленням, в якій спільно з вітро-електрогенератор, двухконтурної сонячною установкою використовується тепловий насос, акумулятори електроенергії і теплоти дозволяє зменшити собівартість теплової енергії за рахунок зниження матеріаломісткості і витрат на устаткування, економити органічне паливо; виробляти електроенергію і надлишок її віддавати в державну електромережу; зменшити теплове навантаження і забруднення навколишнього середовища.

Література

1. Концепция государственной энергетической политики Украины на период до 2020 г. // Информационное приложение. – 2001. – № 10. – 8 с.
2. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экотехно-логии и ресурсосбережение. – Киев: Типография НАН Украины, № 3, 2004. – с. 70–75.
3. Yuriy A. Selikhov, Victor A. Kotsarenko, Jiří J. Klemeš, Petro O. Kapustenko/ The Performance of Plastic Solar Collector as Part of Two Contours Solar Unit/ CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS VOL. 70, 2018, С. 2053-2058, Copyright © 2018, AIDIServizi S.r.l.
4. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы: Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
5. Овчаренко В.А. Овчаренко А.В. Використання теплових насосів // Холод М+Т, 2006, №2 с. 34–36.
6. Дикий М.О. Поновлювані джерела енергії: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 351 с.: іл.
7. Даффи Дж. А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с.
8. Волеваха Н.М., Волеваха В.А. Нетрадиционные источники энергии. – К.: Вища шк., 1988. – 58 с.
9. Щербина О. Сонячна енергія. Енергія для всіх: Техн. довідник. – Ужгород, 2000. – Розд. 1. – С. 9-32.
10. Валов М.И., Казанджан Б.И. Системы солнечного теплоснабжения. – М.: Изд-во МЭИ, Б.г.(1991). – 137 с.
11. Бринкворт Б. Дж. Солнечная энергия для человека. – М.: Мир, 1976. – 288 с.
12. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
13. Сарнацкий Э.В. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. – М.: Стройиздат, 1990 – 324 с.

Bibliography (transliterated)

1. Konczepczyia gosudarstvennoj energeticheskoy politiki Ukrainy na period do 2020 g. // Informaczionnoe prilozhenie. – 2001. – # 10. – 8 p.
2. Selikhov Yu.A., Ved V.E., Bukhhalo S.I., Kostin V.M. Konstrukcionnye osobnosti uvelicheniya effektivnosti raboty gelioustanovok. Ekotekhno-logii i resur-sosberezhenie. – Kiev: Tipografiya NAN Ukrainy, # 3, 2004. – p. 70–75.
3. Yuriy A. Selikhov, Victor A. Kotsarenko, Jiří J. Klemeš, Petro O. Kapustenko/ The Performance of Plastic Solar Collector as Part of Two Contours Solar Unit/ CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS VOL. 70, 2018, P. 2053-2058, Copyright © 2018, AIDIServizi S.r.l.
4. Rej D., Makmajkl D. Teplovye nasosy: Per. s angl. – M.:Energoizdat, 1982. – 224 p.
5. Ovcharenko V.A. Ovcharenko A.V. Viktoristannya teplovikh nasosiv //Kholod M+T, 2006, #2 P. 34–36.
6. Dikij M.O. Ponovlyuvani dzherela energiyi: Pidruchnik. – K.: Vishha shk., 1993. – 351 p.: il.
7. Daffi Dzh. A., Bekman U.A. Teplovye proczessy s ispolzovaniem solnechnoj energii. – M.: Mir, 1977. – 420 p.
8. Volevakha N.M., Volevakha V.A. Netradiczionnye istochniki energii. – K.: Vishha shk., 1988. – 58 p.
9. Shherbina O. Sonyachna energiya. Energiya dlya vsikh: Tekhn. dovidnik. – Uzhgorod, 2000. – Rozd. 1. – P. 9–32.
10. Valov M.I., Kazandzhan B.I. Sistemy solnechnogo teplosnabzheniya. – M.: Izd-vo MEI, B.g.(1991). – 137 p.
11. Brinkvort B. Dzh. Solnechnaya energiya dlya cheloveka. – M.:Mir, 1976.–288 p.
12. Kharchenko N.V. Individualnye solnechnye ustanovki.–M.:Energoatomizdat, 1991. – 208 p.
13. Sarnaczkiy E.V. Sistemy solnechnogo teplo- i khladosnabzheniya. – M.: Stroj-izdat, 1990 – 324 p.

УДК 662.997

Селіхов Ю.А., к.т.н, професор, Коцаренко В.О., к.т.н, професор,
Горбунов К.О., к.т.н., професор

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Поновлювані джерела енергії (ПДЕ) не обмежені геологічно накопиченими запасами. Їх використання і споживання не призведе до неминучого вичерпання запасів Землі, і вони не забруднюють навколишнє середовище. Основним мотивом прискореного розвитку відновлюваної енергетики в Європі, США і багатьох інших країнах є турбота про енергетичну незалежність і екологічну безпеку. Так, в країнах ЄС прийня-

то програму досягнення вкладу ПДЕ в енергетичний баланс до 2020 року до 20%, а до 2040 р – до 40%. Відновлювана енергетика характеризується багатогранністю, різноманітністю. У переліку завдань, що виникають при реалізації проектів відновлюваної енергетики (ВЕ) (крім технологічних і технічних), залишаються питання оцінки можливості та ефективності використання ПДЕ для енергозабезпечення регіонів. Одночасно слід враховувати, що найчастіше користувача цікавлять комплексні оцінки з різних видів джерел енергії. У конкретних регіонах найбільш ефективним може стати або використання гібридних енергоустановок, або створення теплоенергетичних установок на різних типах відновлюваної енергії. У зв'язку з комплексністю даної проблеми, а також географічною «регіональністю» відновлюваної енергетики, стає можливим і актуальним тема цієї статті. Пропонується теплоенергетична установка для постачання: електроенергією, гарячою водою, гарячим повітрям і опаленням, в якій спільно з вітроелектрогенератором, двухконтурною сонячною установкою, використовується тепловий насос, акумулятори електроенергії і теплоти. Ця установка дозволяє зменшити собівартість теплової енергії за рахунок зниження матеріаломісткості і витрат на обладнання, економити органічне паливо; виробляти електроенергію і надлишок її віддавати в державну електромережу; зменшити теплове навантаження і забруднення навколишнього середовища.

Ключові слова: тепла енергія, органічне паливо, електроенергія, теплове навантаження, забруднення навколишнього середовища, тепловий насос, двоконтурна сонячна установка, тепловий контур, поновлювані джерела.

УДК 662.997

Селихов Ю.А., к.т.н, професор, Коцаренко В.А., к.т.н, професор,
Горбунов К.А., к.т.н., професор

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) не ограничены геологически накопленными запасами. Их использование и потребление не приведет к неизбежному исчерпанию запасов Земли, и они не загрязняют окружающую среду. Основным мотивом ускоренного развития возобновляемой энергетики в Европе, США и многих других странах является забота об энергетической независимости и экологической безопасности. Так, в ЕС принята программа достижения вклада ВИЭ в энергетический баланс к 2020 году до 20%, а к 2040 г. – до 40%. Возобновляемая энергетика характеризуется многогранностью, разнообразием. В перечне задач, возникающих при реализации проектов возобновляемой энергетики (ВЭ) (кроме технологических и технических), остаются вопросы оценки возможности и эффективности использования ВИЭ для энергообеспечения регионов. Одновременно следует учитывать, что зачастую пользователя интересуют комплексные оценки по различным видам источников энергии. В конкретных регионах наиболее эффективным может стать либо использование гибридных энергоустановок, или создание теплоэнергетических установок на различных типах во-

возобновляемой энергии. В связи с комплексностью данной проблемы, а также географической «региональностью» возобновляемой энергетики, становится возможным и актуальным тема настоящей статьи. Предлагается теплоэнергетическая установка для снабжения: электроэнергией, горячей водой, горячим воздухом и отоплением, в которой совместно с ветроэлектродгенератором, двухконтурной солнечной установкой, используется тепловой насос, аккумуляторы электроэнергии и теплоты. Эта установка позволяет уменьшить себестоимость тепловой энергии за счет снижения материалоемкости и расходов на используемое оборудование, экономить органическое топливо; производить электроэнергию и избыток ее отдавать в государственную электросеть; уменьшить тепловую нагрузку и загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: тепловая энергия, органическое топливо, электроэнергия, тепловая нагрузка, загрязнение окружающей среды, тепловой насос, двухконтурная солнечная установка, тепловой контур, возобновляемые источники.

Selikhov Yu.A., Kotsarenko V.A., Gorbunov K.A.

INTEGRATION OF THE HEAT EXCHANGE PROCESS OF POWER PLANT

Renewable energy sources (RES) are not limited by geologically accumulated reserves. Their use and consumption will not lead to the inevitable depletion of the Earth's reserves, and they do not pollute the environment. The main motive for the accelerated development of renewable energy in Europe, the United States and many other countries is concern for energy independence and environmental safety. Thus, the EU has adopted a program to achieve the contribution of renewable energy sources to the energy balance by 2020 up to 20%, and by 2040 – up to 40%. Renewable energy is characterized by versatility and diversity. In the list of tasks arising in the implementation of renewable energy (RE) projects (except technological and technical), there are issues of assessing the possibility and efficiency of using RES for energy supply to the regions. At the same time, it should be borne in mind that often the user is interested in comprehensive assessments for various types of energy sources. In specific regions, the most effective can be either the use of hybrid power plants, or the creation of thermal power plants using various types of renewable energy. In connection with the complexity of this problem, as well as the geographic “regionality” of renewable energy, the topic of this article becomes possible and relevant. A heat and power plant is proposed for supplying: electricity, hot water, hot air and heating, in which, together with a wind power generator, a double-circuit solar installation, a heat pump, electricity and heat accumulators are used. This installation allows to reduce the cost of heat energy by reducing material consumption and costs of equipment used, to save fossil fuel; produce electricity and supply the surplus to the state power grid; reduce heat load and environmental pollution.

Keywords: heat energy, fossil fuel, electricity, heat load, environmental pollution, heat pump, double-circuit solar installation, heat circuit, renewable sources.