

Селіхов Ю.А., к.техн.н., професор, Горбунов К.О., к.техн.н., професор

ІНТЕГРАЦІЯ РОБОТИ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

Постановка задачі. Загальновідомо, що людство на свої потреби використовує переважно традиційні (не відновлювані) енергетичні ресурси (ЕР), запаси яких обмежені. До них належать: газ, нафта, вугілля, уран. Ці джерела енергії дешевші порівняно з іншими джерелами енергії тому, що вартість видобутку та транспортування їх значно дешевша. Світова спільнота почала усвідомлювати, що запаси викопних енергоносіїв не безмежні. Останні 30 років помітно посилилася увага до пошуку та освоєння нетрадиційних джерел енергії, які відрізняються від копалин органічних ресурсів своїми величезними запасами. Поруч із невичерпністю для нетрадиційних джерел характерне різке скорочення шкідливого на екологію таких викидів: діоксиду вуглецю CO_2 , оксидів сірки, азоту, твердих частинок та інших. [1–4].

Тому застосування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, економія органічного палива, яке потрібне для нагрівання теплоносія до $95\text{ }^\circ\text{C}$, покращення екологічної ситуації району споживання теплової енергії за рахунок зниження обсягів викидів забруднюючих речовин, до яких належать продукти згоряння традиційних видів енергії, – органічного палива, яке використовується для виробництва теплової енергії в котельному устаткуванні, виробництво електроенергії за допомогою вітроелектрогенераторів є актуальними завданнями.

Ключові слова: енергетичні ресурси, відновлювані джерела енергії, органічне паливо, автоматизована теплоенергетична установка, електроенергія, гаряча вода, гаряче повітря, опалення, приватне домоволодіння, електричний водонагрівник, геотермальний тепловий насос, вітроелектрогенератор, котельня малої потужності.

Мета роботи. У цій роботі авторами пропонується розроблена та впроваджена вдосконалена автоматизована теплоенергетична установка для постачання: електроенергією, гарячою водою, гарячим повітрям та опаленням приватного домоволодіння. Для вирішення вищевказаних завдань нами було розроблено схему попереднього нагріву теплоносія за рахунок застосування електричного водонагрівника з тепловою потужністю 54 кВт , теплового насоса [5, 6], вітроелектрогенератора [7] з електричною потужністю 50 кВт , який виробляє електроенергію для роботи всього електрообладнання у приватному домоволодінні та акумуляторів [8, 9] електроенергії та теплоти.

Матеріали та методи. Застосування електричного водонагрівника дозволило збільшити швидкість подачі гарячої води до будинку. У геотермальних ґрунтових теплових насосах використовується тепла енергія, накопичена в ґрунті за рахунок нагрівання його сонцем або іншими джерелами енергії. Ґрунт має властивість зберігати сонячне тепло протягом тривалого часу, що веде до відносно рівномірного рівня температури джерела тепла протягом усього року. Це забезпечує експлуатацію теплового насоса із високим коефіцієнтом потужності. Нами було здійснено розрахунок потужності теплового насоса для системи опалення приватного будинку. Було обрано тепловий на-

сос «грунт – вода» [5, 6] із горизонтальним розташуванням теплового колектора. Замість батарей опалення застосовуємо теплу підлогу (труби ПВХ). Авторами була розроблена нова технологічна схема теплоенергетичної установки для гарячого водопостачання та опалення [10–13] приватного домоволодіння. Зробимо опис роботи нової технологічної схеми, яка представлена на рис. 1. Нова теплоенергетична установка може працювати цілий рік. У холодну пору року установка працює в такий спосіб. Вода з температурою 5–7 °С теплового контуру теплового насоса циркуляційним насосом 17 подається в другий контур випарника теплового насоса, де нагріває холодоагент першого контуру, який перетворюється на пару. Пара холодоагенту надходить у компресор, де стискається до високого тиску та температури 160 °С. Далі пара надходить у конденсатор теплового насоса, де віддає своє тепло другому контуру конденсатора, в який подається вода циркуляційним насосом 9 з бака-акумулятора 8 або циркуляційним насосом 6 від користувача 20.

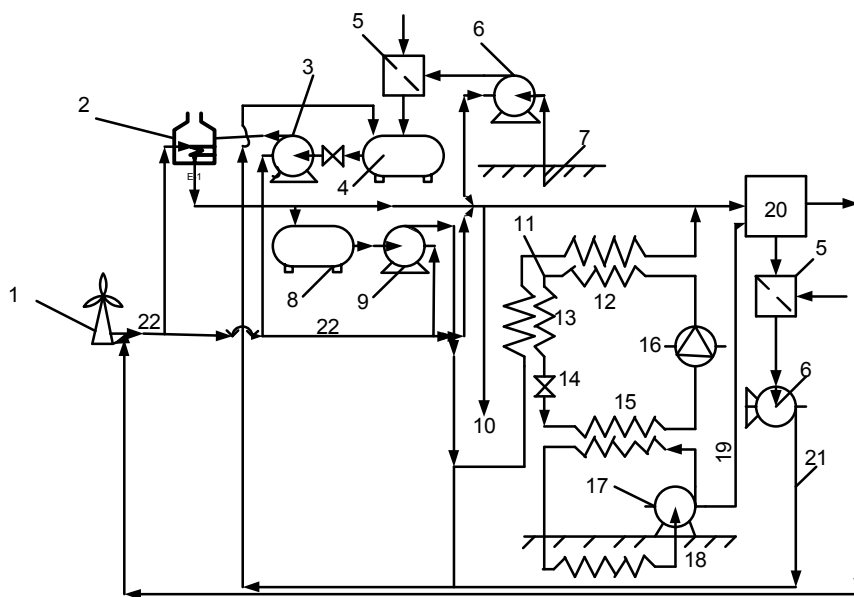


Рисунок 1 – Технологічна схема теплоенергетичної установки

- 1 – Вітроелектрогенератор; 2 – Електричний водонагрівник;
 3 – Відцентровий насос; 4 – Бак-акумулятор; 5 – Установки хімоводоочищення;
 6 – Відцентровий насос; 7 – Свердловина; 8 – Бак-акумулятор; 9 – Відцентровий насос;
 10 – Аварійний злив теплоносія з установки; 11 – Грунтовий тепловий насос («грунт-вода»);
 12 – Конденсатор; 13 – Охолоджувач; 14 – Дросельний вентиль; 15 – Випарник;
 16 – Компресор; 17 – Відцентровий насос; 18 – Тепловий контур ґрунтового теплового насоса;
 19 – Трубопровід подачі холодного теплоносія (режим кондиціонування);
 20 – Приватне домоволодіння; 21 – Трубопровід оборотної води; 22 – Лінії електропередач

Таким чином, вода нагрівається спочатку у другому контурі охолоджувача, а потім у другому контурі конденсатора і надходить до користувача з температурою 75 °С. У разі аварійної ситуації є можливість випустити теплоносії у каналізацію (злив води із системи). Таким чином, теплова енергія енергетичної установки гарячого водопостачання [14, 15] складалася з теплової енергії встановленої електричним водонагрівником, 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, $\text{м}^3/\text{с}$; ρ_B – щільність води, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_B – питома теплоємність води, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$; t_B' , t_B'' – температура холодної та підігрітої води, відповідно, $^\circ\text{C}$.

Значення кількості використаної теплоти в тепловому насосі визначали за формулою

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

де ξ – коефіцієнт перетворення теплового насоса; $N_{\text{ЕЛ}}$ – енергія, витрачена для реалізації циклу теплового насоса.

Економію палива у котлоагрегатах за рахунок використання такої системи можна розрахувати за допомогою рівнянь теплового балансу (1–3). Річна економія умовного палива становитиме, 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; $Q_{\text{рік}}$ – річна кількість утилізованої теплоти, МДж/рік; η_K – коефіцієнт корисної дії котла.

Економія органічного палива дорівнює, т/рік (тис. $\text{м}^3/\text{рік}$):

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

Річна економія за рахунок скорочення витрати первинного палива для підігріву води складе для котельні, грн/рік

$$E_{\text{П}} = \Delta B \cdot \text{Ц}_{\text{П}}, \quad (6)$$

де $\text{Ц}_{\text{П}}$ – вартість первинного палива, грн/т (грн/1000 м^3).

Термін окупності енергетичної установки гарячого водопостачання та опалення приватного будинку становитиме, рік.

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

S_C – питома вартість теплоенергетичної системи гарячого водопостачання, грн./м²;
 Q_T – річна кількість теплоти, яка вироблена теплоенергетичною установкою, Гкал/м²;
 C_T – вартість теплоти від традиційного енергоджерела, грн/Гкал.

Висновки. Нова теплоенергетична установка забезпечує приватне домоволодіння електроенергією, гарячим водопостачанням, опаленням та гарячим повітрям у необхідному діапазоні температур для комфортного проживання. Спільно з вітроелектрогенератором, електричним водонагрівником використовується тепловий насос, акумулятори електроенергії та теплоти, що дозволяє: зменшити собівартість теплової енергії за рахунок зниження матеріаломісткості та витрат на обладнання, економити органічне паливо, виробляти електроенергію та надлишок її віддавати в державну електромережу; зменшити теплове навантаження та забруднення навколишнього середовища. Термін окупності теплоенергетичної установки становив 1,6 року. Система автоматизації дозволяє керувати установкою без втручання людини

Література

1. Лосюк Ю.А., Кузьмич В.В. Нетрадиционные источники энергии – Мн.: УП «Технопринт», 2005. – 234 с.
2. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экотехнологии 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. Ветошкин А.Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы) / А.Г. Ветошкин, Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. – 398 с.
5. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы: Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
6. Овчаренко В.А. Овчаренко А.В. Використання теплових насосів //Холод М+Т, 2006, №2 С. 34–36.
7. Вітроенергетика [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Головка В. М. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с.
8. Накопители энергии: учеб. пособие для вузов / Д.А. Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин, П.В. Васюкевич: Под ред. Д.А. Бута. – М.: Энергоатомиздат. 1991. – 400 с.
9. Хрусталева Д.А. Аккумуляторы. – М.: Изумруд, 2003. – 224 с.
10. Отопление / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава, Изд-во – М.: Стройиздат, 1991. – 736 с.
11. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення. – К.: П ДП «Такі справи», 2003. – 176 с.
12. Klemeš J.J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyansky L. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2015; pp. 11–112.

13. Selikhov Yu.A., 2006, Helios water heater. Patent of Ukraine #75178, Bulletin #3. (in Ukrainian).
14. Yuriy A. Selikhov, Jiří Jaromír Klemeš, Petro Kapustenko, Olga Arsenyeva/ The study of flat plate solar collector with absorbing elements from a polymer material/ *Energy* Volume 256, 1 October 2022, 124677, pp. 2056–2071 © 2022 ООО «Эльзевир».
15. Даффи Дж., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. –М.: Мир, 1977. – 420 с.

Bibliography (transliterated)

1. Losiuk Yu.A., Kuzmych V.V. Netradytsyonnie ystochnyky enerhyy – Mn.: UP «Tekhnoprynt», 2005. – 234 p.
2. Selykhov Yu.A., Ved V.E., Bukhhalo S.Y., Kostyn V.M. Konstruktsyonnie osobennosti uvelycheniya efektyvnosti raboti helyoustanovok. Ekotekhnolohyy y resursoberezhnye.– Kyev: Typohrafiya NAN Ukrayni, № 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. Vetoshkyn A.H. Protsessi ynzhenernoї zashchyti okruzhaiushchei sredi (teoretycheskiye osnovi) / A.H. Vetoshkyn, Uchebnoe posobyе. – Penza: Yzd-vo Penz. tekhnol. un-ta, 2004. – 398 p.
5. Rei D., Makmaikl D. Teplovie nasosi: Per. s anhl. – M.:Enerhoizdat, 1982. – 224 p.
6. Ovcharenko V.A. Ovcharenko A.V. Vykorystannia teplovykh nasosiv //Kholod M+T, 2006, №2 P. 34–36.
7. Vitroenerhetyka [Elektronnyi resurs] : navch. posib. / Holovko V. M. ; KPI im. Ihoria Sikorskoho. – Elektronni tekstovi dani (1 fail: 5,5 Mbait). – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2019. – 88 p.
8. Nakopytely enerhyy: ucheb. posobyе dlia vuzov / D.A. But, B.L. Alyevskiy, S.R. Myziuryn, P.V. Vasiukevych: Pod red. D.A. Buta. – M.: Enerhoatomyzdat. 1991. – 400 p.
9. Khrustalev D.A. Akkumuliatori. – M.: Yzumrud, 2003. – 224 p.
10. Otoplenye / V.N. Bohoslovskiy, A.N. Skanavy, Yzd-vo – M.: Stroiyzdat, 1991. – 736 p.
11. Osoblyvosti proektuvannia suchasnykh system vodianoho opalennia. – K.: II DP «Taki spravy», 2003. – 176 p.
12. Klemeš J.J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyanskyy L. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2015; pp. 11–112.
13. Selikhov Yu.A., 2006, Helios water heater. Patent of Ukraine #75178, Bulletin #3. (in Ukrainian).
14. Yuriy A. Selikhov, Jiří Jaromír Klemeš, Petro Kapustenko, Olga Arsenyeva/ The study of flat plate solar collector with absorbing elements from a polymer material/ *Energy* Volume 256, 1 October 2022, 124677, pp. 2056–2071 © 2022 ООО «Elzevir».
15. Daffy Dzh., Bekman U.A. Teplovie protsessi s yspolzovanyem solnechnoi enerhyy. –М.: Мир, 1977. – 420 p.

УДК 662.997

Селіхов Ю.А., к.техн.н., професор, Горбунов К.О., к.техн.н., професор

ІНТЕГРАЦІЯ РОБОТИ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Основним мотивом прискореного розвитку відновлюваної енергетики в Європі, США та багатьох інших країнах є прагнення держав до енергетичної незалежності та екологічної безпеки. Поштовхом до використання нових технологій у застосуванні енергії нетрадиційних джерел послужили два фактори: енергетична криза початку 70-х років та підвищення вимог до охорони навколишнього середовища. Досвід, накопичений різними країнами у використанні електричних нагрівників, теплових насосів та вітроелектрогенераторів, демонструє високі можливості простого перетворення цих видів енергії на теплову енергію та електроенергію, які можуть успішно використовуватися для постачання: електроенергії, гарячою води, гарячого повітря, опалення у приміщеннях державних та приватних будівель, а також забезпеченню різноманітних технологічних та побутових потреб не тільки в різних галузях промисловості, а й у тому числі на підприємствах агропромислового комплексу України.

У цій роботі авторами пропонується розроблена та впроваджена вдосконалена автоматизована теплоенергетична установка для постачання: електроенергією, гарячою водою, гарячим повітрям та опаленням приватного домоволодіння. Для вирішення вищевказаних завдань була розроблена схема попереднього нагріву теплоносія за рахунок застосування: електричного водонагрівника з тепловою потужністю 54 кВт, теплового насоса та вітроелектрогенератора з електричною потужністю 50 кВт, який виробляє електроенергію для роботи всього електроустаткування в приватному домоволодінні та акумуляторів електроенергії та теплоти. Система автоматизації дозволяє керувати установкою без втручання людини. Робота цієї установки дає змогу економити органічне паливо, яке пішло б на нагрівання теплоносія до необхідної температури в котельні малої потужності.

Ключові слова: енергетичні ресурси, відновлювані джерела енергії, органічне паливо, автоматизована теплоенергетична установка, електроенергія, гаряча вода, гаряче повітря, опалення, приватне домоволодіння, електричний водонагрівник, геотермальний тепловий насос, вітроелектрогенератор, котельня малої потужності.

Селихов Ю.А., к.техн.н., професор, Горбунов К.А., к.техн.н., професор

ИНТЕГРАЦИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Основным мотивом ускоренного развития возобновляемой энергетики в Европе, США и многих других странах является стремление государств к энергетической независимости и экологической безопасности. Толчком к использованию новых технологий в применении энергии нетрадиционных источников послужили два фактора: энергетический кризис начала 70-х годов и повышение требований к охране окружающей среды. Опыт, накопленный разными странами в использовании тепловых насосов и ветроэлектрогенераторов, демонстрирует высокие возможности простого превращения этих видов энергии в тепловую энергию и электроэнергию, которые могут успешно использоваться для снабжения: электроэнергией, горячей водой, горячим воздухом, отоплением в помещениях государственных и частных домовладений, а также обеспечению раз-

ного рода технологических и бытовых потребностей не только в разных отраслях промышленности, но и в том числе на предприятиях агропромышленного комплекса Украины.

В данной работе авторами предлагается разработанная и внедренная усовершенствованная автоматизированная теплоэнергетическая установка для снабжения: электроэнергией, горячей водой, горячим воздухом и отоплением частного домовладения. Для решения вышеуказанных задач была разработана схема предварительного нагрева теплоносителя за счет применения: электрического водонагревателя с тепловой мощностью 54 кВт, теплового насоса и ветроэлектрогенератора с электрической мощностью 50 кВт, который производит электроэнергию для работы всего электрооборудования в частном домовладении и аккумуляторов электроэнергии и теплоты. Система автоматизации позволяет управлять установкой без вмешательства человека. Работа этой установки дает возможность экономить органическое топливо, которое пошло бы на нагрев теплоносителя до необходимой температуры в котельной малой мощности.

Ключевые слова: энергетические ресурсы, возобновляемые источники энергии, органическое топливо, автоматизированная теплоэнергетическая установка, электроэнергия, горячая вода, горячий воздух, отопление, частное домовладение, электрический водонагреватель, геотермальный тепловой насос, ветроэлектрогенератор, персональный компьютер, котельная малой мощности.

Selikhov Yu.A., Gorbunov K.A.

INTEGRATION OF THE OPERATION OF A HEAT AND POWER PLANT

The main motive for the accelerated development of renewable energy in Europe, the United States and many other countries is the desire of states for energy independence and environmental security. The impetus for the use of new technologies in the use of energy from non-traditional sources was two factors: the energy crisis of the early 70s and the increasing requirements for environmental protection. The experience gained by different countries in the use of heat pumps and wind power generators demonstrates the high possibilities of easily converting these types of energy into thermal energy and electricity, which can be successfully used to supply: electricity, hot water, hot air, heating in the premises of public and private households, and as well as providing various kinds of technological and domestic needs not only in different industries, but also at the enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine. In this paper, the authors propose a developed and implemented improved automated heat and power plant for supplying: electricity, hot water, hot air and heating for private households. To solve the above problems, a scheme was developed for preheating the coolant through the use of: an electric water heater with a thermal power of 54 kW, a heat pump and a wind power generator with an electrical power of 50 kW, which produces electricity for the operation of all electrical equipment in private households and batteries of electricity and heat. The automation system allows you to control the installation without human intervention. The operation of this installation makes it possible to save organic fuel, which would be used to heat the coolant to the required temperature in a low-power boiler house.

Keywords: energy resources, renewable energy sources, fossil fuel, automated thermal power plant, electricity, hot water, hot air, heating, private household, electric water heater, geothermal heat pump, wind power generator, personal computer, low power boiler house.