

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В ЧОРНОМОРСЬКОМУ ДЕРЖАВНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Описано застосування енергії сонця для отримання гарячого водопостачання у закладах освіти на прикладі геліоустановок, установлених у Чорноморському державному університеті імені Петра Могили.

Ключові слова: геліоустановка, сонячний колектор, сонячний контролер.

Описано применение энергии солнца для получения горячей воды в учреждениях образования на примере гелиоустановок, установленных в Черноморском государственном университете имени Петра Могили.

Ключевые слова: гелиоустановка, солнечный коллектор, солнечный контроллер, схемы гелиоустановок.

Described the use of solar energy for hot water in educational institutions for example, solar power plants installed in the Black Sea state university named after Peter Graves.

Key words: solar power plant, solar collector, solar controller, solar power plants scheme.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Людство вже прийшло до розуміння гострої необхідності дбайливого ставлення до природи. Все ширше впроваджуються у життя ноотехнології («ноо» – мудрі), які не шкодять біосфері й людині, на основі яких буде ліквідовано екологічні загрози прогресу людства й здійсниться мрія про «сталий розвиток», перетворення всієї планети у «ноосферу» В. Вернадського [1]. Шлях, що дозволяє уникнути забруднення навколишнього середовища – це використання у промисловості, закладах освіти та побуті відновлювальних джерел енергії замість традиційних, які шкодять докільню викидами двоокису сірки, окислами азоту, важкими металами тощо. Ще жахливіші наслідки, так званої, «чистої альтернативи» – атомної енергетики, яка є смертоносною, знищувальною для усього живого. Це науково доведено багатьма небайдужими та сумлінними вченими світу [2; 3].

Досить актуальною на сьогодні постає економічна складова впровадження відновлювальних джерел енергії. У ХХ столітті традиційні джерела енергії були доступними по ціні, багато їх використовувалось для важкого машинобудування, забезпечення населення теплом і мало хто замислювався над їх шкідливістю для людства. На початку ХХІ століття економіка України опинилась під впливом світової економічної кризи, ціни на традиційні енергоносії катастрофічно зростають, складова важкого машинобудування зменшується,

кількість енергоспоживаючих підприємств значно скорочується. Існує багато споживачів, які використовують низькі концентрації енергії, тому виробництво великої кількості енергії, зосередженої у одному місці, не завжди корисне. В таких випадках у закладах освіти раціональніше використовувати відновлювальні джерела енергії, які знаходяться поряд зі споживачем і не потребують передачі енергії на відстань.

Особливо корисним є використання сонячних променів для отримання теплової енергії, яка підігріває воду, що використовується для господарчих потреб адміністративних будівель і гуртожитків у закладах освіти. В такий спосіб можливо скоротити платіжну складову комунальних платежів, що йде на оплату гарячої води у вищих навчальних закладах, заощадити державні кошти і спрямувати їх на потреби навчального процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Держава приділяє багато уваги стану справ з енергоощадження в закладах освіти. Затверджено наказом МОН України від 26.02.2010 р. № 147 «Програму щодо зменшення енергоресурсів навчальними закладами та установами освіти на 2010-2014 рр.» [4]. Декілька закладів освіти в Україні вже використовують сонячну енергію для потреб гарячого водопостачання: Національний технічний університет України «Київський

політехнічний інститут», Харківський національний університет, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, Одеська Національна академія харчових технологій, Севастопольський національний технічний університет [5]. Але значного поширення це не набуло у зв'язку з тим, що такі проекти потребують немалих капітальних вкладень. Інформація про результати впровадження сонячних систем у закладах освіти та публікації про дослідження майже відсутня, тому досвід нашого університету в цій справі буде корисним для споживачів.

Враховуючи основні засади державної політики у сфері альтернативних джерел енергії в Чорноморському державному університеті імені Петра Могили, послідовно здійснюється науково-технічне забезпечення розвитку альтернативної енергетики, популяризація та впровадження науково-технічних досягнень у цій сфері, а також проводиться підготовка відповідних фахівців при викладанні предметів «Системи енергозбереження», «Технічна термодинаміка і теплотехніка», «Екологічна безпека». В роботі [6] було розглянуто впровадження енергозберігаючих технологій у Чорноморському

державному університеті імені Петра Могили. На базі університету розгорнуто постійно діючу виставку «Застосування енергії сонця для гарячого водопостачання». Ця стаття продовжує цю тему.

Ціль статті. Описати принципові схеми та використане обладнання сонячних систем гарячого водопостачання ЧДУ імені Петра Могили, проаналізувати переваги та недоліки працюючих геліосистем, запропонувати шляхи їх вдосконалення, показати доцільність їх впровадження, визначити теплопродуктивність та економічну ефективність.

Виклад основного матеріалу. З метою скорочення витрат традиційних паливно-енергетичних ресурсів в університеті встановлено сонячні системи гарячого водопостачання (СС ГВП) на головному корпусі та гуртожитках, які частково забезпечують потреби у гарячій воді. Використовується безкоштовна сонячна енергія сезонно – у період з березня до листопада. Дослідження проводиться на геліоустановці, що встановлена у головному корпусі університету та призначена для подачі гарячої води у душові кімнати спортивного залу, медпункт та вбиральню (рис. 1).

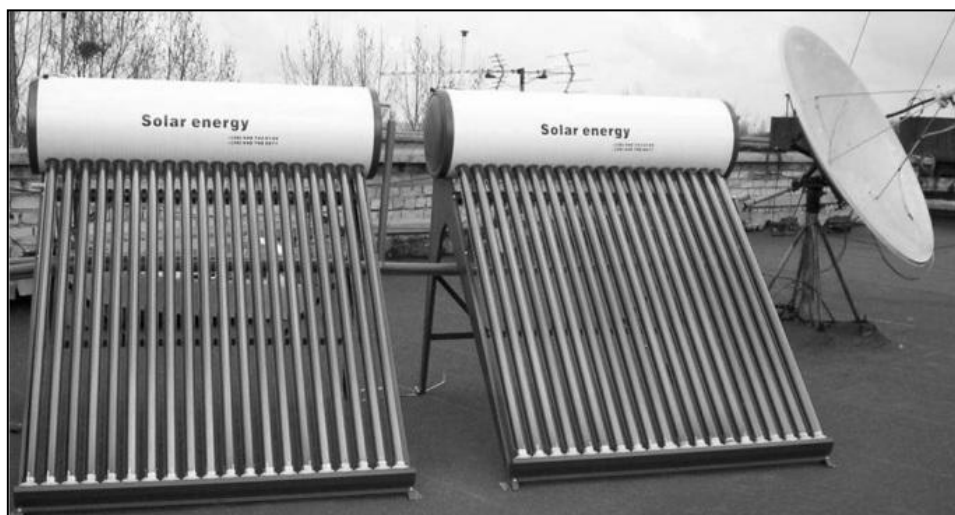


Рис. 1. Геліоустановка на даху головного корпусу Чорноморського державного університету імені Петра Могили

Системи сонячного гарячого тепlopостачання поділяють на активні та пасивні. У нашому випадку використані активні системи прямої дії. СС ГВП на двох гуртожитках частково забезпечують покриття навантаження ГВП кухонь та деяких душових. Система за технічним рішенням є одноконтурною, безнасосною з пасивною циркуляцією теплоносія, яким є вода з міської мережі водопостачання. Система складається з чотирьох сонячних трубчастих вакуумних колекторів, у кожного з яких об'єм інтегрованого баку 235 л, кількість вакуумних трубок – 30 шт. Автоматизоване регулювання подачі гарячої води здійснюється контролерами, електромагнітними клапанами, датчиками температури та рівня води. Сонячні колектори встановлено на даху. Принципову схему наведено на рис. 2. Максимальна продуктивність гарячої води з 4-х сонячних колекторів становить 1600 л на добу.

СС ГВП у головному корпусі університету призначено для забезпечення гарячою водою душових

кабінок спортзалу, рукомийників медпункту, крану для споживання води прибиральницями. Сонячна система складається з трьох сонячних колекторів, які встановлено на даху, кількість вакуумних трубок на кожному – 20 шт. Бак – акумулятор бойлерного типу, встановлено на горищі, призначений для догріву води у похмурі дні. Відбір нагрітої води з баку-акумулятору виконується у верхній точці баку. Система працює з примусовою циркуляцією теплоносія (вода з міської мережі водопостачання), у контурі якої є насоси гарячої та холодної води. Автоматизоване регулювання подачі гарячої води здійснюється: водяними контролерами типу ТК-5 (фірма DIGITAL), електромагнітними клапанами, датчиками температури та рівня води, ручним вентилям управління режимів (ВУР). Сонячні колектори і бак-акумулятор поєднуються трубопроводами гарячої та холодної води. Принципову схему СС ГВП головного корпусу наведено на рис. 3.

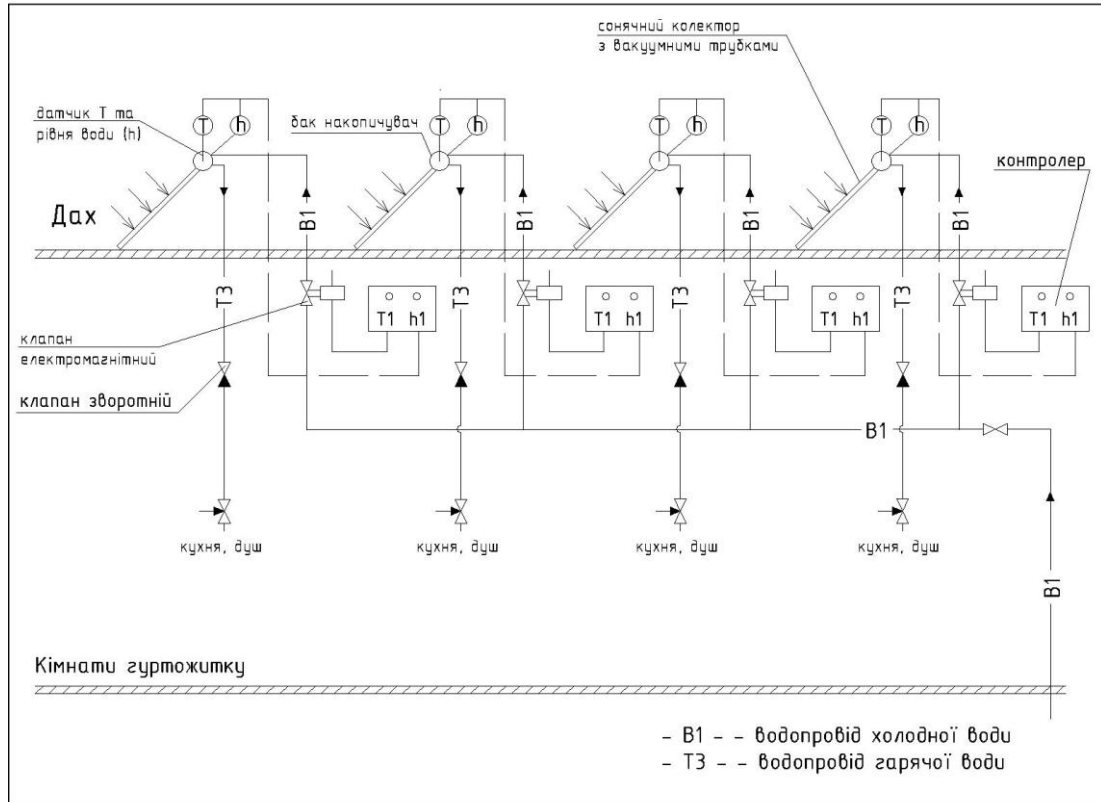


Рис. 2. Схема принципова гарячого водопостачання гуртожитку
Чорноморського державного університету імені Петра Могили

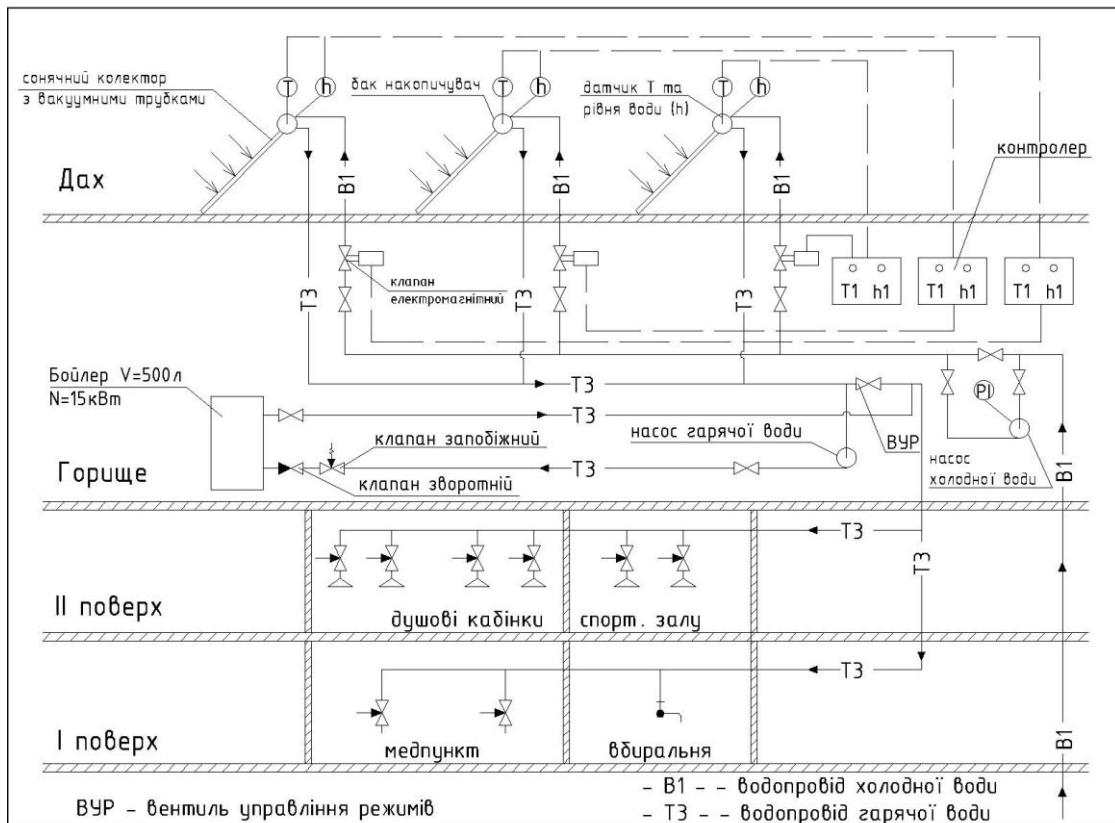


Рис. 3. Схема принципова гарячого водопостачання головного корпусу
ЧДУ імені Петра Могили

Більш детально розглянемо комплектуючі СС ГВП. Основним елементом системи є сонячний колектор з вакуумними трубками. Він складається з алюмінієвого каркасу, на якому змонтовано скляні вакуумні трубки та інтегрований бак – накопичувач. Інтегрований бак є теплоаккумулятором, має два баки – зовнішній та внутрішній, поміж якими є пінополіуританова теплоізоляція товщиною 55 мм, бокові пластикові заглушки з отворами для подачі та зливання води, у нижній частині баку вмонтовано вакуумні скляні трубки в отвори з сіліконовими прокладками. Теплоакмулюючий бак сонячного колектора має накопичувальний об'єм 150 л.

У сонячному колекторі застосовано вакуумні скляні трубки коаксіальної конструкції. Вакуумна трубка – пристрій для перетворення всього спектру сонячного випромінювання (ультрафіолетового, інфрачервоного і видимого світла) в теплову енергію, шляхом поглинання прямого та розсіяного сонячного світла і складається з 2-х трубок, зроблених із спеціального боросилікатного скла, вставлених одна в іншу, між якими створений вакуум. Зовнішня скляна трубка захищає абсорбер від конвекційних витрат тепла, а внутрішня трубка вкрита селективним шаром поглинаючого покриття та абсорбує сонячну енергію. Отримана теплота відводиться від її внутрішньої поверхні завдяки природній конвекції води. Висока ефективність абсорбуючої поверхні (до 93 %) і низькі теплові витрати через вакуумну оболонку (8 %) забезпечують кращі характеристики таких сонячних колекторів порівнянно з плоскими. Вакуумні трубки з боросилікатного скла витримують дію граду діаметром до 35 мм. Розташування вакуумних трубок під кутом 45° дає змогу максимально поглинати сонячну енергію, а сама поверхня трубки враховує кут падіння променів сонця впродовж дня. Такі переваги є суттєвими і дозволяють отримати до 50 % більше енергії за рік ніж плоскі колектори, за рахунок роботи їх у холодний період. Максимальна продуктивність гарячої води з 3-х сонячних колекторів становить 900 л на добу.

Окрім цього, на горищі встановлено ще бак-аккумулятор українського виробництва «Титан» – бойлерного типу $V = 500$ л (достатній об'єм для зберігання та нагрівання води з трьох сонячних

колекторі), електричним ТЕНом з нержавіючої сталі потужністю 15 кВт, призначений для донагріву води у похмурі дні. «Титан» також укомплектований терморегулятором, показчиком температури, термообмежувачем, клапанами зворотнім і запобіжним, клавішею включення - виключення. Водонагрівач працює в автоматичному режимі. Терморегулятор забезпечує захист від закипання і підтримує задану температуру води в межах від 0 °С до 90 °С, а вмонтований в нього термообмежувач аварійно відключає водонагрівач від мережі, після досягнення температури 100 °С. Запобіжний клапан встановлено на вхідному патрубку, забезпечує скидання надмірного тиску в резервуарі, а вбудований в нього зворотній клапан залишає резервуар завжди заповненим водою, що виключає вихід з ладу ТЕНів від перегріву. Контроль за температурою води здійснюють датчик температури.

Насоси гарячої та холодної води забезпечують необхідну циркуляцію теплоносія, бо тиск води у міській мережі водопостачання не достатній для підняття її на дах. Насос холодної води італійського виробництва MARINA CAM 80 – HL, додатково обладнаний автоматикою керування Brio 2000, що дозволяє автоматизувати пуск та зупинку електронасоса залежно від зниження тиску (відкриття – закриття крану), а також виконує важливу функцію зупинки насоса за відсутності води, захищаючи його від шкідливої роботи в суху. За допомогою таймера, Brio 2000 автоматично запускає насос після перевірки присутності води. Насос гарячої води італійському фірми Speroni RXM 40 потужністю двигуна 1,05 кВт встановлено для подачі води з водонагрівача бойлерного типу у похмурі дні.

Автоматизоване регулювання системи здійснюється контролерами типу ТК-5 (фірма DIGITAL), датчиками температури та рівня води, які йдуть у комплекті з контролером та електромагнітними клапанами. Контролер ТК-5, який зображено на рис.4, показує на дисплеї температуру та рівень води, крім того, він забезпечує можливість встановлювати рівень води у баку 25 %, 50 %, 75 %, 100 %, подає звуковий сигнал про недостатній рівень води, має три режими налаштування: автоматичне заповнення, ручне заповнення, примусове заповнення води.



Рис. 4. Сонячний водяний контролер типу ТК-5 (фірма DIGITAL)

Роботу системи гарячого водопостачання від сонячних колекторів можна поділити на два режими: коли достатньо сонячного сьйва (за даними спостережень – це травень-вересень) та другий, коли сонячного сьйва недостатньо (квітень, жовтень, листопад та зтяжні похмурі дні), тоді необхідно догрівати воду в електричному водонагрівачі. Перший режим роботи системи починається з обробки даних контролером про кількість рівня води та температури в баку сонячного колектора, який фіксується датчиком рівня і температури води. Якщо рівень води достатній, вода нагрівається, коли рівень води недостатній (контролер показує значення менше 25 %), відкривається електромагнітний клапан, тиск у трубопроводі води падає і включається насос холодної води. Це призводить до наповнення баку сонячного колектора (контролер фіксує значення 100 %), після чого насос холодної води вмикається і відбувається нагрівання води за присутності сонячних променів. Нагріту воду використовує споживач. Якщо вода нагрілась до температури вищої за 35°C, відбувається змішення її з холодною водою у крані-змішувачі до достатньої температури. Другий режим теж починається з показників контролерів, коли вода нагрівається до $T \leq 35^\circ\text{C}$ і рівень води менше 25 %, тоді необхідно спрямувати воду з сонячних колекторів насосом гарячої води через бак водонагрівач бойлерного типу та виставити температуру нагріву води 40 °C терморегулятором бойлера. Повноцінна працездатність системи можлива в тому випадку, коли кожен елемент системи справляється з поставленими йому задачами.

Робота СС ГВП показала переваги сонячної системи, зумовлені використанням наведеної принципової схеми, взаємодії комплектуючих елементів системи, що дає змогу досягти її стабільного функціонування, універсальності і простоти експлуатації. При справній роботі усіх елементів автоматики СС ГВП вона майже не потребує постійного догляду і обслуговування. Але виявлено певні недоліки, що виникають у процесі експлуатації дослідної СС ГВП головного корпусу, які потребують доопрацювання:

1. Датчик рівня води та температури, який постачається в комплекті з контролером, є конструктивно не досконалий, часто псується у водному середовищі (порушується ізоляція термостатів), тому показники контролера невірні, що призводить до перетікання води в інтегрованому баку через повітряний клапан.

2. Контролер сонячного колектору досить інерційний, тому виникає ситуація, коли вода з баку сонячного колектору повністю витекла (при одночасному споживанні води усіма споживачами), а контролер не дає сигнал на включення насосу холодної води. Інтегрований бак порожній, насос гарячої води підсмоктує повітря, яке потрапляє у трубопровід гарячої води системи та призводить до відключення насоса гарячої води (спрацьовує захист насоса від «холостого ходу»), тоді треба повністю перезапустити систему.

3. Система працює сезонно, бо теплоносій – вода – в морозну погоду замерзає у трубопроводах, що

проходять на даху, а ще небезпечніше ситуація, коли виникає перетікання води через повітряний клапан на інтегрованому баку сонячного колектора (у разі виходу з ладу датчика рівня води контролера), що призводить до обмерзання зовнішнього та внутрішнього кожухів колектора та їх розриву.

Шляхи подолання недоліків при роботі СС ГВП. З метою удосконалення роботи сонячної системи запропоновано наступне:

1. Замінити датчики температури та рівня води сонячного контролера більш надійними: поплавковим з кабельним з'єднанням або багатостержневим кондуктивним сигналізатором рівня.

2. Перепрограмувати контролер, щоб він забезпечив включення насоса холодної води при значенні рівня води в інтегрованому баку 50 %, або замінити контролер.

3. Для забезпечення роботи СС ГВП у ціло-річному режимі треба додатково встановити сонячну установку з двоконтурною схемою: у першому колекторному контурі теплоносієм буде незамерзаюча рідина – антифриз, що постійно циркулюватиме і віддаватиме тепло через теплообмінник воді у бак-акумулятор, у другому контурі гаряча вода з баку-акумулятору подаватиметься до споживачів.

Розрахунок корисної теплопродуктивності сонячних систем гарячого водопостачання університету: Для розрахунку було використано методики [7; 8], за якими теплопродуктивність $Q_{ск}$ (Вт) визначається за формулою (1):

$$Q_{ск} = \eta_{ск} \cdot E_{ск} \cdot A, \quad (1)$$

де $\eta_{ск}$ – коефіцієнт корисної дії сонячного колектору;

$E_{ск}$ – кількість сонячної енергії, що потрапляє на 1 м^2 поверхні сонячного колектора, $\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$;

A – площа адсорбуючої поверхні колектора, м^2 .
Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора:

$$\eta_{ск} = \eta_0 - \frac{K_k \cdot (T_{Т1} - T_{\epsilon})}{I_k}, \quad (2)$$

де η_0 – ефективний оптичний ККД сонячного колектору, для скляних вакуумних трубок дорівнює 0,82;

K_k – середній коефіцієнт теплових витрат, дорівнює 0,8;

I_k – інтенсивність потоку сонячної енергії, що потрапляє на поверхню СК, $\text{Вт} / \text{м}^2$;

$T_{Т1}$ – температура води на вході СК, °C;

T_{ϵ} – температура зовнішнього повітря, °C.

$$E_{ск} = I_k \cdot \tau, \quad (3)$$

де τ – тривалість роботи сонячного колектору за сезон, год (середня тривалість сонячного сяння на території Миколаївської області за період квітень-жовтень становить 1852 год; $I_k = 1448 \text{ Вт} / \text{м}^2$ (інтенсивність потоку сонячної радіації в регіоні 45°–50° північної широти [7]).

Площа адсорбуючої поверхні геліосистем ЧДУ імені Петра Могили

Місце розташування СС ГВП	Кількість сонячних систем, шт.	Кількість сонячних колекторів (СК) у одній системі, шт.	Кількість вакуумних трубок на одному СК, шт.	Кількість вакуумних трубок, у СС ГВП, шт.	Абсорбуюча поверхня однієї вакуумної трубки, А тр, м ²	Абсорбуюча поверхня СС ГВП, А, м ² Разом:
Гуртожиток	2	4	30	240	0,1231	29,544
Головний корпус	1	3	20	60	0,1231	7,386
Разом:	3	X	X	300	0,1231	36,93

Відповідно до розрахунків за сезон роботи геліосистем університету отримуємо 66,35 тис.кВт год безкоштовної сонячної енергії, яка витрачається на підігрів води об'ємом 4,58 м³ на добу. Вартість підігріву 1 м³ води міською мережею теплопостачання для бюджетних установ станом на 28.12.2011 року становить – 43,57 грн [9]. Таким чином, за сезон роботи СС ГВП в університеті маємо економію теплової енергії у сумі 36,9 тис. грн. Використання сонячної енергії замість електроенергії для гарячого водопостачання дозволяє знизити споживання електроенергії в університеті за рік на 4,6 %. Ця цифра будуть збільшуватися, бо ціни на традиційні енергоносії постійно зростають.

Крім того, економія традиційного палива, що досягається при експлуатації СС ГВП орієнтовно складає 0,1-0,2 т умовного палива на 1 м² площі поверхні сонячного колектору [7], для наших систем це дорівнює 7,34 т.у.п.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корсак К. І. Технології майбутнього – «ноотехнології» / К. І. Корсак // Журнал «Науковий світ». – № 10. – К., 2010. – С. 2–4.
2. Зайфрід, Дитер. Энергия : веские аргументы / Пер. с нем. – К. : Информ. агентство «Эхо-Восток», 1994. – 154 с.
3. Томілін Ю. А. Динаміка радіаційного стану в ставках – відстійниках очисних споруд Південно-Української АЕС і прилеглих до них річкових систем / Ю. А. Томілін // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Т. 73. Вип. 60. Техногенна безпека. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2007. – С. 57–61.
4. Програма щодо зменшення енергоресурсів навчальними закладами та установами освіти на 2010-2014 рр., затверджено наказом МОН України від 26.02.2010 р. № 147 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mon.gov.ua>.
5. Досвід українських університетів в енергоощадності [Електронний ресурс]. – Режим доступу : uk.wikibooks.org.
6. Клименко Л. П. Энергозбереження в Чорноморському державному університеті імені Петра Могили / Л. П. Клименко, Н. О. Воскобойнікова // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Т. 73. Вип. 60. Техногенна безпека. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2007. – С. 77–82.
7. Валов М. М. Системы солнечного теплоснабжения / М. М. Валов, Б. И. Казанджан. – М. : Издательство МЭИ, 1991. – 140 с.
8. ВСН 52-86 Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dbn.at.ua/load/normativy/vsn.52-86/28-0-619>.
9. Рішення виконкому Миколаївської міськради від 22.01.2010 р № 46 для ВАТ «Миколаївська ТЕЦ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gorsovnet.mk.ua/home.ua>.

Рецензенти: **Кутковецький В. Я.**, д.т.н., професор;
Сирота О. А., к.т.н., доцент.

© Клименко Л. П., Мещанинов О. П.,
Андреев В. И., Щесюк О. В.,
Щесюк Л. В., 2012

Дата надходження статті до редколегії 17.11.2012 р.

КЛИМЕНКО Л. П. – д.т.н., професор, ректор Чорноморського державного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: трибологія механічних систем, композитні матеріали, енергозаощадження.

МЕЩАНИНОВ О. П. – д.пед.н., професор, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: сталий розвиток екологічної освіти, альтернативна енергетика, дистанційна освіта.

АНДРЕЄВ В. І. – к.т.н., в. о. доцента, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: композиційні матеріали, ливарне виробництво, відновлювальні джерела енергії.

ЩЕСЮК О. В. – к.т.н., в. о. доцента, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: теплоенергетика, холодильна та кондиціонуюча техніка, відновлювальні джерела енергії.

ЩЕСЮК Л. В. – провідний фахівець, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: відновлювальні джерела енергії, енергозощадження.