

## ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ГЕЛІОУСТАНОВОК

*Проведено аналіз можливості застосування геліоустановок для теплопостачання з енергетичного, економічного та екологічного боку. Наведена оцінка та проаналізовані можливі варіанти комбінювання геліоустановок з іншими джерелами теплової енергії.*

*Ключові слова: геліоустановка, теплопостачання, життєвий цикл.*

NATALIJA DMYTRIVNA STEPANOVA, TARAS IVANOVYCH PYLYPENKO

Vinnitsia national technical university

### ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASPECTS OF HEAT SUPPLY ON THE BASIS OF SOLAR POWER PLANTS

*Abstract - In connection with increase of consumption of thermal energy, increasing prices of fossil fuels, increase the environmental requirements for the production of thermal energy rose, the need to use energy of the sun for heat supply purposes.*

*Evaluated the potential total solar energy during the year for the city of Kyiv, choose the best angle of the solar collectors to ensure hot water supply. As to ensure year-round hot water supply and heating of the solar energy is not enough, explores options for an additional source of heat. The analysis of combining solar power plants with other sources of thermal energy with the use of environmental indicators on the basis of the life cycle and technical-economic indicators.*

*It is established that environmental indicators are the best option to heat supply is a combination of solar collectors with heat pump, and on the techno-economic - solar collectors with a gas boiler.*

*Keywords: solar power plant, heat supply, life cycle.*

### Вступ

Нині комунальне господарство України споживає щороку на потреби теплопостачання близько 74 млн т.у.п. Щорічно потреба в тепловій енергії збільшується на 1,5–2%. Є думки, що з поновленням економічного зростання рівень споживання може істотно зрости. З другого боку, потенціал енергоефективності та енергозбереження в комунальному господарстві України становить, за різними оцінками, не менше ніж 50%. У разі використання цього потенціалу економічне зростання не повинне призвести до суттєвого збільшення споживання теплової енергії.

За кліматичними умовами Україна належить до регіонів із середньою інтенсивністю сонячної радіації. Кількість сонячної енергії, що припадає на одиницю площі земної поверхні впродовж року, становить приблизно 1000–1350 кВт·год/м<sup>2</sup> [1]. За рівнем інтенсивності сонячного випромінювання країну можна поділити на чотири регіони – Західний, Центральний, Південно-Східний і Південний. Київ можна віднести до центрального регіону.

В результаті аналізу наявної літератури встановлено, що реалізовані впродовж останніх років експериментальні проекти засвідчили, що річне виробництво теплової енергії із сонячної енергії в умовах України становить 500 – 600 кВт·год/м<sup>2</sup>. Враховуючи загальноприйнятий на Заході потенціал використання сонячних колекторів для розвинених країн, що дорівнює 1 м<sup>2</sup> на одну людину, а також коефіцієнт корисної дії (ККД) сонячних установок для умов України, щорічні ресурси сонячного гарячого водопостачання та опалення можуть становити 28 кВт·год/м<sup>2</sup> теплової енергії. Реалізація цього потенціалу дозволила б заощадити 3,4 млн тонн умовного палива на рік. Тобто реалізація геліоустановок як джерела теплопостачання є актуальним.

### Аналітичні дослідження

Оскільки ефективність роботи сонячного колектора залежить від орієнтації батареї, кута нахилу його поверхні, географічної широти, висоти над рівнем моря а також забруднення повітря [2], нами було обрано методику розрахунку величини сумарної сонячної енергії наведену у [3] та побудовані характеристики сонячного випромінювання на 1 м<sup>2</sup> поверхні нахиленої до горизонту під кутами 35°, 50° та 65° для умов Київської області (рис. 1, а). За результатами розрахунків було проведено аналіз інтенсивності випромінювання на протязі доби і встановлено, що інтенсивність сонячного випромінювання для Київської області у опалювальний період досить невисока, як видно із рис. 1, можливість використання геліоколекторів для опалення будівель очевидно виключається.

Як видно із рис. 1, а, максимальну величину сумарної сонячної енергії для літнього періоду можна отримати із поверхні, нахиленої на 35°, тому далі для аналізу прийнятий саме цей кут нахилу геліоколектора.

Для аналізу систем теплопостачання взято дошкільний навчальний заклад (ДНЗ), який приблизно розрахований на 330 дітей. Максимальна потужність системи опалення ДНЗ, визначена за [4], складає 145,75 кВт, потужність системи гарячого водопостачання, визначена за [5], – 361,6 кВт. Використовуючи математичну модель, що побудована на основі рівнянь теплопередачі та випромінювання і реалізована в середовищі Matchcad, визначена необхідна кількість теплоти на підігрів гарячої води та співставлена із кількістю теплоти, яка надходить від геліоколектора для однакового періоду часу. Результати даного

моделювання представлені на рис. 1, б.

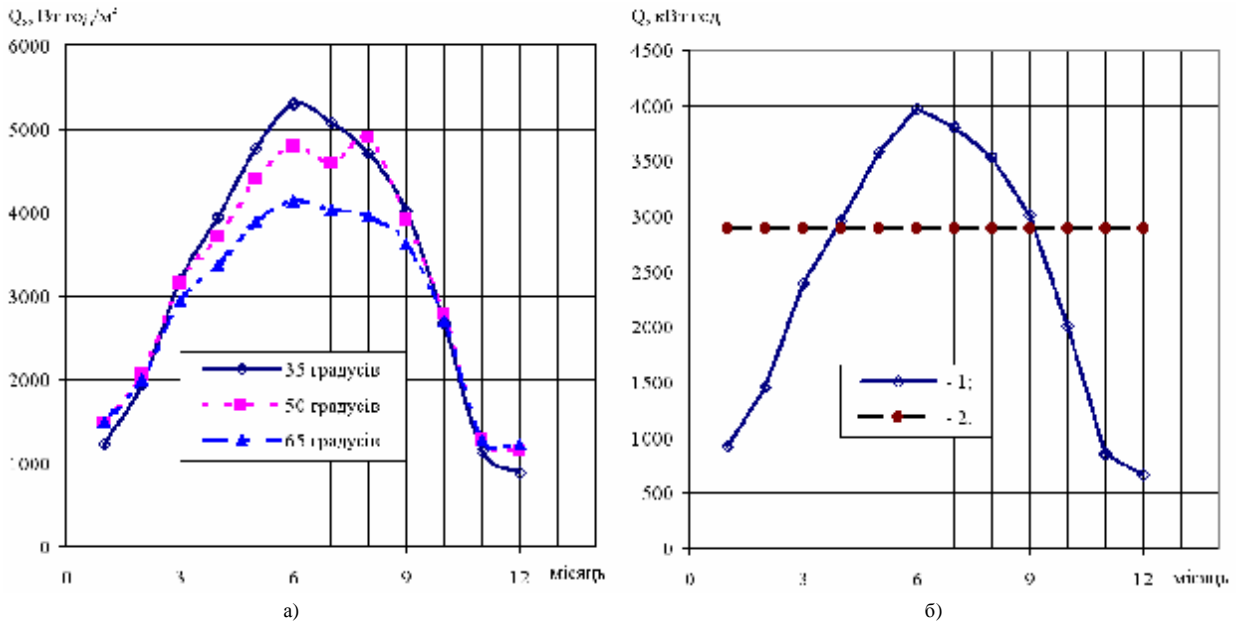


Рис. 1. Величина сумарної сонячної енергії для умов Київської області за добу (а) та кількість теплоти для умов Київської області протягом доби, що надходить: 1 – від геліоколектора, 2 – на підігрів гарячої води (б)

Як свідчать проведені оцінки, для забезпечення потреб гарячого водопостачання даного дитячого садка необхідно встановити геліоколектори площею  $750 \text{ м}^2$  тобто 300 геліоколекторів по  $2,5 \text{ м}^2$ . Отже, як видно із рис. 1, б, встановлена кількість геліоколекторів може забезпечити 100 % потужності гарячого водопостачання з квітня по вересень місяць, у березні 83%, в жовтні 70%, у лютому 50%, в листопаді 29%, у грудні 23%, у січні майже 32%. В цілому за рік встановлення даної кількості геліоколекторів може заощадити приблизно 79,1 тони умовного палива.

Оскільки у із травня по серпень місяці прийнята кількість геліоколекторів вироблятиме більше теплової енергії, ніж потрібно для ГВП, то наявний пік можна використати на підвищення умов комфорту.

Річне споживання теплоти на гаряче водопостачання дитячого садку складає  $5,056 \cdot 10^6$  МДж. Але повністю на весь рік сонячного випромінювання не досить для забезпечення гарячого водопостачання, тому взимку необхідно застосовувати додатково інше джерело енергії, що повинно забезпечити 584150 МДж теплоти в рік на ГВП і повністю потреби опалення, що складає  $1,21 \cdot 10^6$  МДж. Нами були проаналізовані наступні можливі варіанти: газовий котел, котел на пелетах, котел на вугіллі, котел на рідкому паливі, тепловий насос та електрокотел. Вибір найбільш оптимального варіанту виконувався з врахуванням двох аспектів: екологічного та економічного.

Для оцінки екологічного впливу виробництва теплової енергії протягом життєвого циклу системи (прийнято 15 років) використано метод "Eco-indicator 99"[5], який реалізований у програмному продукті SimaPro 7.3.3.

За методом Eco-indicator 99 (Ei-99) для оцінки техногенного навантаження системи використовується безрозмірна величина Eco-indicator point (Pt).

Для оцінювання техногенного навантаження на навколишнє середовище протягом життєвого циклу системи з використанням Sima Pro 7.2 нами сформовано початкові дані, що враховують усі етапи життєвого циклу виробництва енергії від видобутку корисних копалин до отримання із них різними способами теплової енергії. Результати проведених розрахунків представлені на рис. 2.

Якщо провести аналіз вибраних варіантів по екологічним показникам, то можна прийти до висновку:

- вплив на здоров'я людини
  - найменший – сонячний колектор + тепловий насос (5182 Pt);
  - найбільший – сонячний колектор + котел на пелетах (47621 Pt);
- вплив на якість екосистеми
  - найменший – сонячний колектор + газовий котел (1578 Pt);
  - найбільший – сонячний колектор + котел на пелетах (21864 Pt);
- вплив на вичерпання ресурсів
  - найменший – сонячний колектор + котел на пелетах (4110 Pt);
  - найбільший – сонячний колектор + котел на рідкому паливі (125084 Pt).

За загальними показниками найкращий варіант – сонячний колектор + тепловий насос (13026 Pt), найгірший – сонячний колектор + котел на рідкому паливі (158994 Pt.)

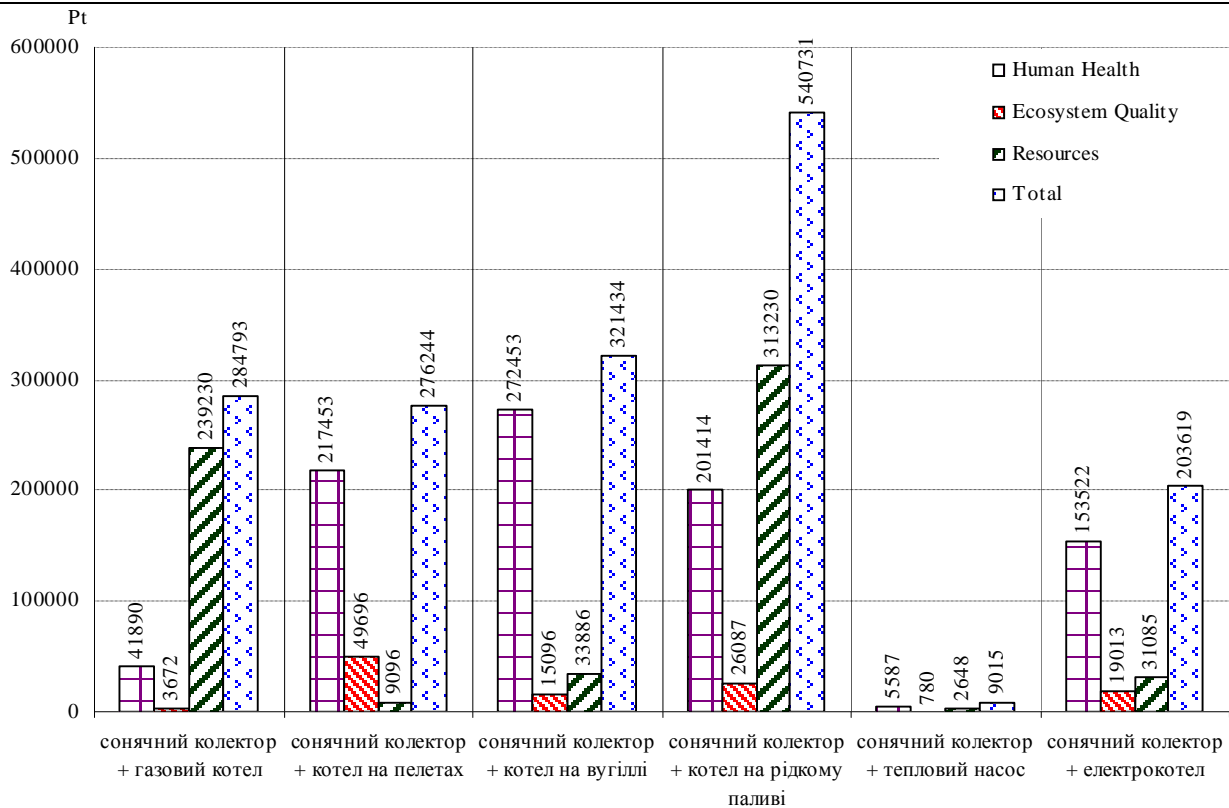


Рис. 3. Порівняння варіантів теплопостачання на базі геліоколекторів за екологічними показниками

Для порівняння техніко-економічних показників (ТЕП) було прийнято, що тепла схема системи теплозабезпечення однакова для усіх шести вищенаведених варіантів, а відмінність системи полягає лише у додатковому (піковому) джерелі теплової енергії, тому оцінено: загальні капіталовкладення у додаткове теплогенератор, витрати коштів на паливо та електроенергію, витрати коштів на воду, амортизаційні відрахування, витрати на поточний ремонт, витрата на заробітну плату, інші витрати, загальні річні експлуатаційні витрати, собівартість відпущеної теплоти, термін окупності капіталовкладень у додаткове теплогенератор. Аналіз ТЕП наведений у табл. 1.

Таблиця 1

## Техніко-економічні показники влаштування системи теплопостачання

Показник	Розмірність	Варіанти систем теплопостачання					
		газовий котел	котел на пелетах	котел на вугіллі	котел на мазуті	тепловий насос	електрокотел
Загальні капіталовкладення	млн грн.	0,251	0,64	0,59	0,251	2,87	0,153
Загальні річні експлуатаційні витрати	млн грн.	1,12	0,51	0,44	1,43	0,63	2,56
Собівартість відпущеної теплоти	грн./ГДж	158,5	71,8	62,4	202,1	208,6	362,5
Термін окупності додаткових капіталовкладень	років	0,71	0,66	0,57	5,57	2	-0,14

Отже, із табл. 1, видно, що найдешевше виробляти теплоту за допомогою котлів на вугіллі, електрокотел є економічно недоцільним варіантом додаткового теплогенератора, газовий котел, котел на пелетах та на вугіллі мають приблизно однакові терміни окупності. Враховуючи те, що для функціонування пелетних та вугільних котелів необхідне влаштування складу для палива, а природний газ практично не потребує підготовки перед спалюванням, от за нинішніх цін на природний газ варіант теплопостачання на базі геліоколекторів із газовим котлом є найбільш оптимальним за техніко-економічними показниками.

Аналізуючи в цілому варіанти теплопостачання як за техніко-економічними, так і за екологічними показниками, можна зробити висновок комбінування геліоколекторів та газових котлів є доцільним варіантом за нинішніх умов.

## Висновки

У зв'язку зі збільшенням споживання теплової енергії, підвищення ціни викопного палива, підвищення екологічних вимог до виробництва теплової енергії постала необхідність застосування альтернативних джерел енергії для потреб теплопостачання, а саме – енергії сонця.

За допомогою розробленої математичної моделі та кліматичних даних проведено оцінку потенціалу сумарної сонячної енергії протягом року для міста Київ та Київської області та обрано найбільш оптимальний кут нахилу геліоколекторів для забезпечення потреб гарячого водопостачання, а саме – 35°. Оскільки для забезпечення цілорічних потреб гарячого водопостачання та опалення сонячної енергії не достатньо, розглянуті можливі варіанти додаткового джерела теплоти, таких як газовий котел, котел на пелетах, котел на вугіллі, котел на рідкому паливі, тепловий насос та електрокотел. Проведено аналіз комбінування геліоустановок з іншими джерелами теплової енергії з використанням екологічних показників на основі життєвого циклу та техніко-економічних показників. Встановлено, що за екологічними показниками найоптимальнішим варіантом теплопостачання є комбінування геліоколекторів із тепловим насосом, а за техніко-економічними – геліоколекторів із газовим котлом. Після комплексного порівняння варіантів теплопостачання встановлено найбільш доцільний варіант на теперішній час – комбінування геліоколекторів із газовим котлом.

### Література

1. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового громадського призначення: ДСТУ-Н В.2.5-43:2010. – [Чинний від 2010-09-01]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 32 с. – (Національний стандарт України).
2. Квапневські П. Аналіз результатів функціонування сонячних колекторів у м. Краків / П. Квапневські, В.М. Калініченко // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. – 2009. – №6. – С. 61 – 64.
3. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / [Авезов Р. Р., Барский-Зорин М. А., Васильева И. М. и др.]; под ред. Э. В. Сарнацкого и С. А. Чистовича. – М. : Стройиздат, 1990. – 328 с.
4. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний від 2007-04-01]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2006. – 66 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Внутрішній водопровід та каналізація: ДБН В.2.5-64:2012. – [Чинний від 2013-03-01]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2013. – 113 с.
6. The Eco – indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report. 22 June 2001. Third edition. Mark Goedkoop, Renilde Spriensma. Режим доступу: <http://www.pre.nl>.

### References

1. Nastanova z ulashtuvannia system soniachnoho teplopostachannia v budynkakh zhytlovoho hromadskoho pryznachennia: DSTU-N B V.2.5-43:2010. – [Chynnyi vid 2010-09-01]. – K. : DP «Ukrarkhbudinform», 2010. – 32 s. – (Natsionalnyi standart Ukrainy).
2. Kvapnievski P. Analiz rezultativ funktsionuvannia soniachnykh kolektoriv u m. Krakiv / P. Kvapnievski, V.M. Kalinichenko // *Ekotekhnolohyy u resursosberezhennye*. – 2009. – #6. – s. 61 – 64.
3. Systemy solnechnoho teplo- y khladosnabzheniia / [Avezov R. R., Barskyi-Zoryn M. A., Vasyleva Y. M. y dr.]; pod red. Э. В. Sarnatskoho y S. A. Chystovycha. – M. : Stroiizdat, 1990. – 328 s.
4. Konstruktsii budynkiv i sporud. Teplova izoliatsiia budivel: DBN V.2.6-31:2006. – [Chynnyi vid 2007-04-01]. – K. : DP «Ukrarkhbudinform», 2006. – 66 s. – (Derzhavni budivelni normy Ukrainy).
5. Vnutrishnii vodoprovid ta kanalizatsiia: DBN V.2.5-64:2012. – [Chynnyi vid 2013-03-01]. – K. : DP «Ukrarkhbudinform», 2013. – 113 s.
6. The Eco – indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report. 22 June 2001. Third edition. Mark Goedkoop, Renilde Spriensma. Режим доступу: <http://www.pre.nl>.

Рецензія/Peer review : 12.7.2013 р.

Надрукована/Printed : 26.9.2013 р.

Рецензент: д.т.н., Ткаченко С. Й.

завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет