

В. М. Желих, О. В. Омельчук, С. П. Шаповал, І. І. Венгрин  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

© Желих В. М., Омельчук О. В., Шаповал С. П., Венгрин І. І., 2015

Сонячна радіація – це невичерпне джерело відновлюваної енергії. Енергія сонячного проміння може бути використана як теплова. Вчені дослідили, що  $\frac{3}{4}$  від усієї споживаної енергії суспільством становить теплова енергія. Сонячні установки, призначені для перетворення сонячної енергії в інші види енергії та передавання її для подальшого використання. Ефективність геліоустановок залежить переважно від обсягу надходження сонячної енергії, яка залежить від географічних особливостей регіону, де планується встановлення геліоустановок. У статті розглянуто можливість використання сонячної енергії геліоустановками. Зокрема проаналізовано потенціал сумарної, прямої та розсіяної сонячної радіації на території України залежно від пори року та в опалювальний період. Показано зміни цих величин на території України, отримано емпіричні функціональні залежності для обрахунку сонячної енергії, що потрапляє на поверхню Землі. Надходження сонячної енергії на територію України було проаналізовано за географічним положенням – по широтах. Отримані результати дослідження можливо використати під час проектування та вибору місця розташування систем сонячного теплопостачання на території України. Наголошується на доцільності та перспективності використання цього виду відновлюваної енергії в умовах дефіциту традиційних енергоносіїв. Встановлено, що територіальні та кліматичні умови України загалом сприяють використанню сонячної енергії в системі енергозабезпечення країни.

**Ключові слова:** сонячна енергія, пряма сонячна радіація, розсіяна сонячна радіація, геліоустановки, опалювальний період.

**Solar radiation – is an inexhaustible source of renewable energy. The energy of sunlight can be used as heat. Scientists have studied that  $\frac{3}{4}$  of the total energy consumed by society is the heat energy. Solar installations designed to convert solar energy into other forms of energy and transfer it for future reference. The efficiency of solar installation depends largely on the amount of incoming solar energy, which depends on the geographical characteristics of the region for which planned to install solar installation. This paper deals with the use of solar energy solar installation. In particular, analysis of potential cumulative, direct, diffuse solar radiation on the territory of Ukraine according to the period of the year and during the heating season. Shows the change in these variables in Ukraine received empirical functional relationship to calculate the solar energy. The incoming solar energy in Ukraine has been analysed according to its geographical position (i.e. latitudes). These research results may be used in the design and choice of location solar heating in Ukraine. Emphasized on the feasibility and prospects of using this type of renewable energy in a shortage of traditional energy sources. Established that territorial and climatic conditions of Ukraine in general promote the use of solar energy in the power supply system of the country.**

**Key words:** solar energy, direct solar radiation, diffuse solar radiation, solar installation, the heating period.

### Вступ

“Теплове забруднення” планети, “парниковий ефект”, “кисневе голодування”, масштабні забруднення токсичними хімічними речовинами тощо – це важливі актуальні проблеми сьогодення, якими людство розплачується за комфорт цивілізації. Однією із альтернатив для вирішення цих

проблем є відновлювані джерела енергії. Сонячна енергія як енергоресурс майбутнього має безліч переваг, переважно вона не шкодить здоров'ю людей та довкіллю, не спотворює ландшафт, її не потрібно експортувати та імпортувати, сама енергія є безкоштовним ресурсом, а головною перевагою є те, що вона відновлювана.

Альтернативна енергетика покликана сприяти вирішенню, передусім, двох важливих проблем – екологічної безпеки та енергоефективності. Питання енергоефективності альтернативних видів палива в Україні є найактуальнішим, ніж у світі. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсів використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів викидів шкідливих речовин. Значні втрати під час транспортування, розподілу та використання енергоресурсів, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більше ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках України.

Як відомо, сонячні установки часто відрізняються складністю конструкції або низьким коефіцієнтом використання корисної площі, потребують складних електромеханічних систем та механізмів наведення. Актуальним питанням сьогодення, крім вибору альтернативних джерел енергії, на протигагу традиційному паливу, є завдання інтегрувати ці сонячні установки в простіші конструкції, при цьому не втративши набутого ККД, але водночас і підвищивши його за рахунок максимального використання сонячної енергії.

### **Постановка проблеми**

На ефективність геліоустановок насамперед впливає рівень сонячної енергії, який своєю чергою залежить від географічного положення території. Метою дослідження є аналіз рівня сонячної енергії на території України. Зокрема оцінка варіації прямої, розсіяної та сумарної сонячної радіації посезонно та в опалювальний період.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Останніми роками публікується значна кількість наукових і практичних робіт, в яких висвітлюється питання ефективного використання енергії [1–5]. Формування енергетичної безпеки держави у контексті енергозбереження присвячено праці [6–8]. Зокрема перспективи заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів за рахунок використання альтернативних джерел енергії здійснено в наукових працях [9, 10]. Однак більшість цих праць присвячено ефективності та раціональному використанню відновлюваних джерел енергії, а питання потенціалу вивчено недостатньо.

Аналітичні та експериментальні дослідження розподілу сонячної енергії впродовж дня та року наведені в монографії [11], але тут не порашовані дані щодо обсягу надходження сонячної енергії на територію України.

Кліматичні дані, що використовують для розрахунку і проектування геліоустановок, наведені у Державних будівельних нормах України [12]. Проте ці норми не мають підрахунку кількості посезонної сонячної енергії залежно від географічної широти.

В Інституті відновлюваної енергетики НАН України розраховано резерв основних видів альтернативних джерел енергії. На основі отриманих результатів створено “Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні”, але ці дослідження не містять класифікації кількості сонячної енергії в опалювальний період [13].

### **Виклад основного матеріалу**

Важливим фактором у разі вибору місця розташування геліоустановки є оцінка енергетичного потенціалу сонячної енергії. На ефективність геліосистем впливає рівень сонячної енергії, який своєю чергою залежить від географічної широти. Тому надходження сонячної енергії на територію України було проаналізовано за географічним положенням – по широтах.

Річна середньомісячна сумарна сонячна енергія, що надходить на горизонтальну поверхню (рис. 1), має спадаючу тенденцію з півдня на північ України. Мінімальна середньомісячна сумарна сонячна енергія на горизонтальну поверхню становить 85 кВт·год на один м<sup>2</sup> території нашої держави, а максимальна – 103,5 кВт·год на один м<sup>2</sup>, що на 18 % більше.

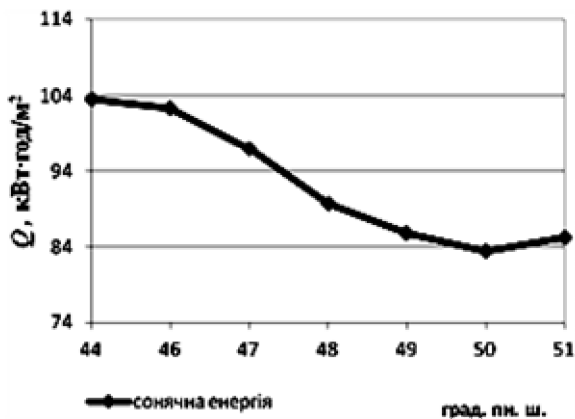


Рис. 1. Річна середньомісячна сумарна сонячна енергія, що надходить на горизонтальну поверхню на території України

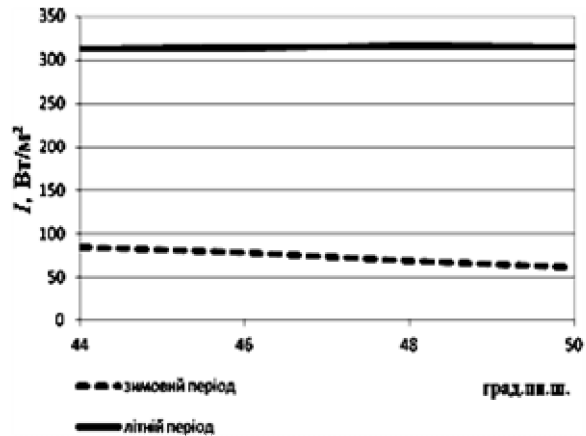


Рис. 2. Середньодобова сумарна густина сонячної енергії за розрахунковий період, що надходить на горизонтальну поверхню на території України

На основі даних рис. 1 було отримано емпіричну функціональну залежність  $Q=f(\varphi)$ :

$$Q=900-11,84 \cdot \varphi, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \quad (1)$$

де  $Q$ —річна середньомісячна сумарна сонячна енергія, кВт·год/м<sup>2</sup>;  $\varphi$ — географічна широта, у град. пн. ш.

Середньодобова сумарна густина сонячної енергії у зимовий (грудень, січень, лютий) та літній період (червень, липень, серпень) має спадний характер і поступово змінюється з півдня на північ. На півдні України у літній період середньодобова сумарна густина сонячної енергії є більшою від зимової на 73 %, а на півночі показник зменшується на 8 % у зимовий період відносно півдня.

На основі даних рис. 2 отримано емпіричні функціональні залежності  $I=f(\varphi)$  в зимовий (2) та у літній періоди (3):

$$I=295,7+0,4 \cdot \varphi, \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (2)$$

$$I=263,6-4,05 \cdot \varphi, \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (3)$$

де  $I$ —середньодобова сумарна густина сонячної енергії у зимовий або літній період, Вт/м<sup>2</sup>;  $\varphi$ — географічна широта, у град. пн. ш.

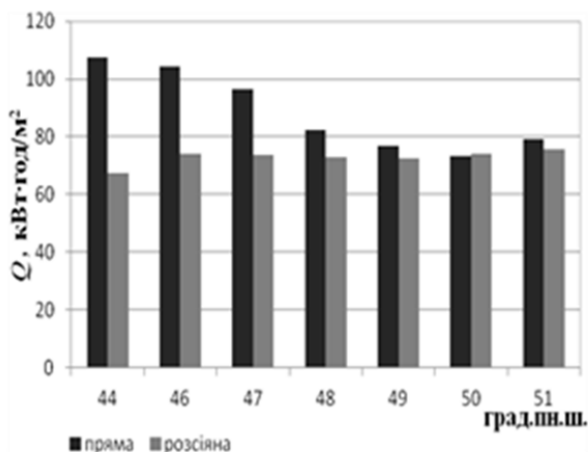
У результаті аналізу посезонних коливань сонячної енергії на території України (рис. 3) можна стверджувати, що відбувається зменшення рівня сонячної енергії по широтах з півдня на північ. Потенціал розсіяної сонячної радіації менший відносно прямої ~ вдвічі. Розсіяна радіація переважає над прямою на усіх широтах України лише взимку, а навесні та восени – на північних територіях. Влітку спостерігається збільшення надходження прямої сонячної радіації ~ в 10 разів відносно зимового періоду, тому ефективність плоских сонячних колекторів збільшується у літній період.

На основі наведеного вище можна стверджувати, що ефективність інсоляції по території України зменшується посезонно від: 1 – літнього, 2 – весняного, 3 – осіннього, 4 – зимового періоду. Певна річ, за територіальним розташуванням на півдні України умови кращі для використання сонячної енергії, проте географічне положення неістотно впливає на кількість сонячної енергії, яку можна отримати.

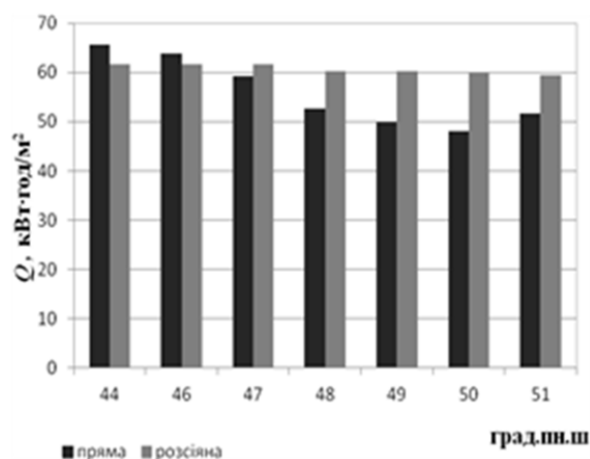
Тому для ефективною реалізації інноваційних геліотехнологій у промисловості та житлово-комунальному господарстві важливим показником є рівень надходження сонячної енергії в опалювальний період на територію України. Встановлення сонячних колекторів потребує додаткового дослідження кількості сонячної енергії для можливості їх використання саме в опалювальний період.

Середньомісячна сумарна сонячна енергія в опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню має спадний характер (рис. 4). У північних регіонах України вона є мінімальною відносно південних та становить 45,5 кВт·год/м<sup>2</sup>. Середньомісячна розсіяна сонячна

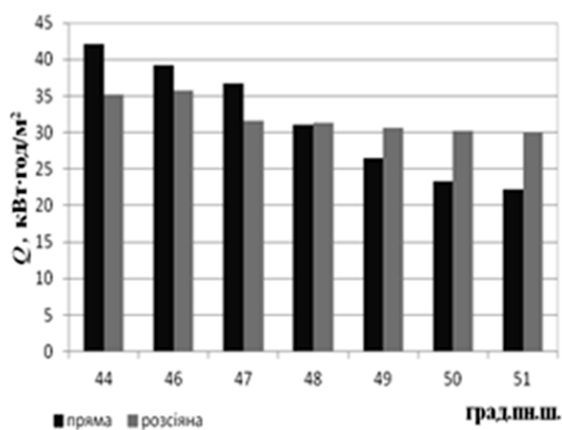
радіація в опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню (рис. 5) є більшою від прямої в 1,2–1,6 разу.



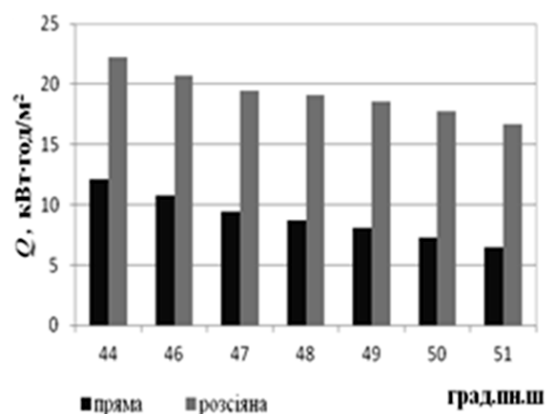
а



б



в



г

Рис. 3. Посезонні коливання прямої та розсіяної сонячної енергії на території України:  
а – літній сезон; б – весняний сезон; в – осінній сезон; г – зимовий сезон

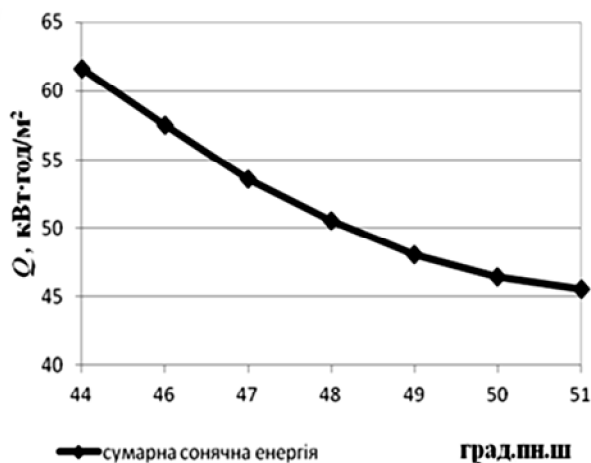


Рис. 4. Середньомісячна сумарна сонячна радіація в опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню на території України

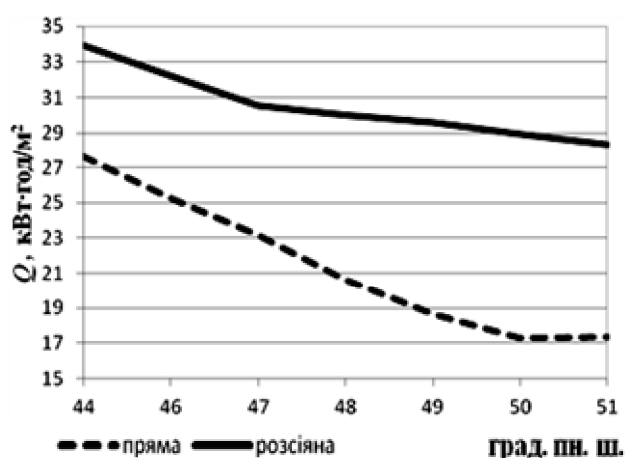


Рис. 5. Середньомісячна пряма та розсіяна сонячна радіація в опалювальний період, що надходить на горизонтальну поверхню на території України

Графіки сумарної сонячної енергії, прямої та розсіяної в опалювальний період свідчать про те, що рівень сонячної інсоляції для забезпечення побутових енергетичних потреб населення достатній для впровадження геліоустановок у енергетичну сферу України.

### Висновки

Підсумовуючи вищенаведені дані, можемо стверджувати, що кількість сонячної енергії достатньо надходить на територію України для забезпечення енергетично-залежних потреб населення. Тому в перспективі галузь традиційної енергетики поступово зменшуватиме свій потенціал, тоді як потенціал відновлюваної енергетики, зокрема галузь сонячної енергетики розвиватиметься.

Використання сонячної енергетики в Україні зменшить її залежність від коливання цін на паливні ресурси.

Зважаючи на те, що територіальні та кліматичні умови України загалом сприяють освоєнню цього виду альтернативного джерела енергії, то цей напрямок розвитку має ставати пріоритетним у модернізації базової платформи виробничо-економічної сфери усіх видів галузей інфраструктури держави.

Отже, використання нетрадиційних джерел енергії має великий потенціал на території України і за кількістю, і за можливістю впровадження їх у систему енергозабезпечення країни.

1. Аналітична записка [Електронний ресурс] // Національний інститут стратегічних досліджень при Президентові України. – Режим доступу: [www.niss.gov.ua/articles/1174](http://www.niss.gov.ua/articles/1174).
2. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного комплексу України [Електронний ресурс] // Промислова екологія. – Режим доступу: [www.eco.com.ua](http://www.eco.com.ua).
3. Сонячна енергія. Чому це вигідно для України [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <http://teplovam.com/index.php/opalennya/4-soniachni-systemy?showall=&start>
4. Сонячна радіація і радіаційний баланс. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://geografica.net.ua/publ/galuzi\\_geografiji/meteorologija/](http://geografica.net.ua/publ/galuzi_geografiji/meteorologija/)
5. Використання сонячної енергії для теплопостачання – перший крок до енергетичної незалежності [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://pda.Aratta-ukraine.com/text\\_ua.php?id=1639](http://pda.Aratta-ukraine.com/text_ua.php?id=1639)
6. Вербинський В. Регіональна енергетична політика України: цілі та шляхи реалізації / В. Вербинський, М. Земляний; за ред. А. І. Шевцова. – Д.: Національний інститут стратегічних досліджень, 2003. – С. 64.
7. Матвєєв Ю. Світова енергетика. Актуальний статистичний огляд / Ю. Матвєєв // Зелена енергетика. – 2003. – № 3. – С. 4–6.
8. Малярєнко В. Енергетика довкілля. Енергозбереження / В. Малярєнко, Л. Лисак – Х. : Рубікон, 2004. – С. 360
9. Гелетуха Г. Україна: нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / Г. Гелетуха, С. Кудря // Зелена енергетика. – 2005. – № 2. – С. 8–10.
10. Петрук В. Г. Енергетичний потенціал альтернативної енергетики в Україні / В. Г. Петрук, С. С. Коцюбинська, Д. В. Мацюк // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. – 2007. – № 4. – С. 90–93.
11. Мисак Й. С. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 340 с.
12. Будівельна кліматологія. ДСТУ-Н Б В. 1.1 – 27:2010. – К.: Мінрегіонбуд, 2011 — 123 с.
13. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. – К., 2005. – 36 с.