

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.047

*Проф. І.М. Озарків, д-р техн. наук; мол. наук. співроб.
В.Я. Озарків; студ. О.І. Озарків; асист. О.М. Левчунець –
НЛТУ України, м. Львів*

СОНЯЧНЕ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ: ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ТА ОЦІНКА ДЛЯ УКРАЇНИ

Розкрито особливості використання сонячної радіації в промисловості. Дано шляхи оцінки його значення в теплопостачанні.

*Prof. I.M. Ozarkiv; eng. V.Ya. Ozarkiv; stud. O.I. Ozarkiv;
assist. O.M. Levchunec – NUFWT of Ukraine, Lviv*

Solar heat supply: aspects of development and assessment for Ukraine

The features of sun radiation utilization in industry have been described. The ways of its role in head supply represented.

Високі темпи росту витрат енергетичних ресурсів, вичерпання запасів традиційних видів палива визначили на сьогодні два основні шляхи заміни дефіцитних технічних видів енергії (пари, електроенергії) відновлюваними джерелами енергії (сонячною та вітровою енергією й енергією геотермальних джерел), а саме:

- виробництво низько-потенційного тепла для опалення та гарячого водопостачання, що базується на застосуванні енергії Сонця і геотермальних джерел;
- виробництво електроенергії, що потребує використання вітрової енергії, гідроенергії малих водотоків, а також фотоелектричних перетворювачів.

Водночас, техніко-економічні характеристики установок, робота яких базується на використанні сонячної енергії випромінювання, залежать, в основному, від таких чинників:

- природно-кліматичних умов даної місцевості, які визначають кількість виробленої теплової енергії (рівень сонячного випромінювання, хмарність, кількість сонячних днів у році тощо);
- питомі капіталовкладення в геліоустановку;
- наявність та вартість палива та енергії.

Адже, мала питома густина розподілення сонячної енергії по території, непостійність надходження сонячної енергії в часі, залежність її від природно-кліматичних умов і зумовлюють збільшення розмірів геліоустановок та ускладнюють їхні конструкції, що, своєю чергою, спричиняються до підвищення питомих капіталовкладень і витрат матеріалів в споруду (огорож) геліоустановок.

Таким чином, завдання досліджень і робіт щодо ефективного використання енергії сонячного випромінювання полягає саме в тому, щоб домогтися економічно та технічно прийнятних рішень використання геліоустановок і цим самим забезпечити відчутний внесок в паливо-енергетичний баланс України.

Використання сонячної енергії для теплопостачання споживачів полягає в заміщенні палива в енергетичних установках, що зумовлює саме розроблення та створення нових конструктивних та схемних розв'язків щодо концентраторів сонячної енергії. Тому саме сонячна енергія найбільш раціонально може бути використана безпосередньо у споживачів за рахунок локальних та автономних геліоустановок.

Широке впровадження геліоустановок потребує розроблення нових типів сонячних елементів (сонячних колекторів) і виробництва їх на підприємствах держави. Крім цього, варто провести низку досліджень зі захисту металоконструкцій сонячних установок від корозії, з розроблення нових методів та способів акумулювання теплової енергії Сонця (грунтових акумуляторів, акумуляторів із речовин із фазовим переходом тощо). Для надійної роботи в похмурі безсонячні дні, а також у холодну пору року потрібно вмонтувати в конструкціях геліоустановок додаткові підігрівальні елементи (теплові насоси, теплообмінники термальних вод, теплообмінники із використанням солей-кристалогідратів тощо). Ефективним може виявитися і спорудження сонячно-паливних котелень, що надалі дало б змогу використовувати цілорічно обладнання із значною економією палива.

У сучасних умовах із врахуванням економічного становища України зростає все більше зацікавлення до геліоустановок посилюється. Це потребує аналізу вітчизняного та закордонного досвіду щодо розроблення й експлуатації самих геліоустановок [1]. Адже, економічна доцільність спорудження геліоустановок визначається здебільшого інтенсивністю сонячного випромінювання, вартістю сонячних колекторів і вартістю замінюваної теплової енергії.

У більшості країн використання відновлюваних джерел енергії стимулює держава за рахунок дотації, пільгового кредитування тощо. Очевидно, що найближчими роками такої державної підтримки чекати не доводиться. Тому визначальним чинником була, є і буде тільки економічна доцільність.

У загальному випадку розрахунок інтенсивності сонячного випромінювання базується на моделі багаточисельної регресії, що враховує наявні дані гідрометеопостів (атмосферний тиск, загальна хмарність, тривалість світлового дня тощо), тобто

$$y = a_0 \cdot a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4, \quad (1)$$

де: x_1 – тривалість сонячного променіння (освітлення); x_2 – маса атмосфери; x_3 – хмарність; x_4 – атмосферні опади; a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – коефіцієнти, що визначаються методом найменших квадратів під час розв'язку системи із 4-х нормальних рівнянь.

Тобто, знаючи: середньорічну сумарну радіацію, що падає на горизонтальну поверхню Землі (ГДж/м²); середньорічну тривалість сонячного променіння (год); середньорічну продуктивність сонячних колекторів (ГДж/м²), а також середньомісячну тривалість сонячного променіння (год), можна із достатньою ефективністю використати енергію Сонця для забезпечення різних споживачів теплової енергії.

Таким чином, визначення кола споживачів для використання ними сонячної енергії здійснюється шляхом оброблення даних з теплового та елек-

тричного навантаження обладнання, його технічних характеристик для того, щоб на наступних етапах роботи визначити потрібні параметри геліоустановок, що будуть експлуатуватися у вибраних районах або регіонах України.

Сонячні енергетичні ресурси тієї чи іншої території будуть визначатися тривалістю сонячного променіння, яке залежить від географічної широти, хмарності й орографічної захищеності. Точне значення кількості випромінювання, що отримується на Землі, залежить від висоти н.р.м. і розташування Сонця на небі відносно точки спостереження, яке визначає довжину шляху випромінювання крізь атмосферу, коли останню проходить випромінювання, що досягає земної поверхні.

На середніх широтах при ясному небі густина потоку випромінювання, яке отримує площа, розташована перпендикулярно до сонячних променів у межах ± 4 год від полудня, сягає в середньому 70 % сонячної постійної, тобто $\approx 1,0 \text{ кВт/м}^2$. Можливість використання сонячної енергії для промислових потреб (у нашому випадку, сушіння) на землі буде залежати від географічної широти, пори року і погоди.

Прозорість атмосфери (характеризує здатність її пропускати сонячну радіацію) є одним із дуже важливих чинників, які визначають надходження енергії сонячного випромінювання на поверхню опромінення (об'єкт сушіння). Дослідженню інтегральної прозорості атмосфери в Україні досліджували М.І. Гойса (1960), Г.Ф. Приходько, М.І. Гойса і Л.З. Прох (1959, 1960), Л.І. Сакалі (1955-56, 1959, 1970). Розлогі дослідження теплового балансу земної поверхні здійснили Т.Г. Берлянд (1961), К.Я. Кондратьєв (1959, 1965), З.І. Пивоварева (1959), К.С. Шифрін і Г.Л. Шубова (1964, 1965). Залежність напружень прямої і розсіяної радіації від пружності водяної пари біля поверхні Землі для деяких регіонів України розкрита в роботах М.І. Щербаня (1953), Л.С. Березіної і К.І. Пилипенко (1955), Л.І. Сакалі (1963, 1970).

Як зазначали вище, потік сонячного випромінювання, що досягає земної поверхні, залежить від пори року, місця знаходження і часу доби, а також погоди. Тому, практично, є неможливим передбачити заздалегідь величину інсоляції (сонячного випромінювання, яке отримує горизонтальна поверхня) для будь-якого моменту часу. Але можливим є передбачення величини сонячної інсоляції (в середньому) протягом певного періоду (місяця, доби). Для цього метеостанції публікують так звані сонячні карти, на яких нанесено лінії постійного середньодобового повного випромінювання, отримані за допомогою приладів (піранометрів або ін.) протягом заданого місяця на території України.

Основні роботи з дослідження радіаційного режиму території України і Молдови виконав М.С. Гойса. Як показали дані дослідження, добові і місячні суми прямої і сумарної радіації при ясному небі мають широтний розподіл по всій території України, а розподілення розсіяного сонячного випромінювання у межах цієї території не залежить від географічної широти (тільки в окремих пунктах території за рахунок місцевих умов може незначне відхилення розподілу сумарної сонячної радіації від загального).

Аналізуючи отримані результати досліджень робіт, можна констатувати:

- 1) сумарне значення густини сонячної теплової енергії залежить від регіону України та пори року. Наприклад, взимку вона змінюється в межах від 6,28...12,56 кДж/см² за місяць до 33,5...41,9 кДж/см² за місяць, а влітку від 167,5 до 213,5 кДж/см² за місяць;
- 2) перехід від зимових шаруватих форм хмарності до літніх купчастих впливає на температурні перепади розподілу густини сумарного сонячного випромінювання;
- 3) для гірських районів України навесні спостерігаються знижені значення сонячної радіації за рахунок максимальних значень хмарності;
- 4) утворення температурних контрастів, пов'язаних з появою місцевої хмарності, тісно пов'язано з величиною ступеня лісистості та місцевих фізико-географічних особливостей регіону, тобто з особливостями рельєфу;
- 5) ослабле надходження теплової енергії сонячного випромінювання восени пов'язане із зменшенням впливу місцевих фізико-географічних особливостей на формування терморадіаційного режиму території;
- 6) на зміну карти терморадіаційного балансу гірських регіонів впливає висота схилів та їх орієнтація відносно сторін світу;
- 7) наявність близькості моря призводить до ослаблення сонячного випромінювання в прибережних районах Причорномор'я за рахунок водяної пари та аерозолів (краплинки води, що потрапляють в атмосферу при хвилюваннях моря за відносної вологості повітря, меншої як 80 %, швидко випаровуються і збагачують атмосферу частинками солі);
- 8) у весняні місяці, коли на розподіл сумарного сонячного випромінювання впливають бризи збільшується кількість сонячних днів, для Криму максимальні значення густини опромінення досягають 164,54 кДж/см² за місяць.

Ми запропонуємо поділити територію України на чотири кліматологічні зони (табл. 1): А – лісову Атлантико-континентальну, Б – степову Атлантико-континентальну, В – приморську і Г – клімат передгір'я та гір. При цьому чисто атмосферне сушіння в зоні А сповільнюється, що сприяє іноді біологічним пошкодженням матеріалу. У зонах Б, В, Г процес атмосферного сушіння відбувається інтенсивно, але є небезпека появи тріщин. Виходячи із середньої температури і відносної вологості повітря за тривалого витримання деревини в навколишньому середовищі, вона може висохнути в літній період по-різному: наприклад для зони А до кінцевої вологості 10... 12 %, в зоні Б – до 9... 10 %. Тому за правильної організації процесу сушіння за допомогою поєднання чисто атмосферного сушіння із сонячним можна завжди досягнути потрібної кінцевої вологості деревини.

На підставі досліджень можна зробити висновок про те, що для помірних кліматологічних зон України доцільно використовувати теплову енергію Сонця для сушіння деревини. Зауважимо, що зони А та Б займають понад 90 % території України, для яких, передусім, варто досліджувати можливість використання енергії сонячного випромінювання в комбінації із чисто атмосферним сушінням.

Значною мірою, робота геліосушарки буде залежати від кліматичних та погодних умов (табл. 1, 2), тобто її продуктивність є обмеженою і регламентується тривалістю та кількістю сонячних днів в році залежно від регіону

України, то для споживача, для якого річна потреба в сухому матеріалі є обмеженою (10...30 м³ в місяць), а час сушіння є не чітко регламентованим, доцільне використання саме геліосушіння. Інакше кажучи, сонячне сушіння деревини на Україні повинно знайти своє заслужене й постійне місце серед інших відомих традиційних способів сушіння.

Табл. 1. Кліматичні зони та райони території України

№ з/п	Район	Відносна вологість повітря о 13 год. у липні, %	Тривалість періоду із середньою добовою температурою >15°C	Середня добова температура в липні, °C
Зона А. Лісова Атлантико-континентальна				
1.	Західне Полісся	60	100	18
2.	Правобережне Полісся	60	100	18
3.	Лівобережне Полісся	60	103	19
4.	Західний Лісостеп	60	90	18
5.	Подільський Лісостеп	57	100	18
6.	Придністровський Лісостеп	53	130	20
7.	Правобережний Лісостеп	53	112	19
8.	Лівобережний Лісостеп	52	115	20
9.	Східний Лісостеп	54	110	20
Зона Б. Степова Атлантико-континентальна				
10.	Західний Степ	46	135	22
11.	Правобережний Степ	43	130	21
12.	Кримський Степ	44	134	23
13.	Лівобережний Степ	44	128	22
14.	Східний Степ	45	124	21
15.	Донецька Височина	44	126	21
Зона В. Приморська				
16.	Причорноморський Степ	60	140	23
17.	Приазовський Степ	60	138	23
Зона Г. Перед гірська та гірська				
18.	Передгір'я Криму (висота до 500 м)	45...50	108...127	20...21
19.	Закарпаття	55...60	107...129	14...20
20.	Карпатський гірський район	-	-	-
21.	Гірський Крим (>500 м)	60...66	40...106	15...20
22.	Південний берег Криму	58...60	145...165	24

Одним із основних чинників, що визначає тривалість сонячного опромінення, є хмарність. Аналіз результатів досліджень різних вчених показує, що між середньою загальною хмарністю та тривалістю сонячного опромінення за місяцями існує кореляційний зв'язок, тобто є відповідне рівняння регресії.

Як ми вказали вище, інтенсивність сонячного випромінювання залежить від висоти Сонця, яка, своєю чергою, визначається географічною широтою місцевості, порою року і годиною доби, а також від характеристик хмарності та прозорості атмосфери. Якщо параметри висоти Сонця можна вважати завжди відомими, то хмарність та прозорість атмосфери сильно змінюється як

в часі, так і по території місцевості. Тому найвірогідніші за інтенсивністю опромінення можуть дати тільки результати спеціальних вимірювань.

Табл. 2. Значення теплового потоку прямого та розсіяного сонячного випромінювання для території України

Географічна широта, північної широти	Істинний сонячний час, год		Тепловий потік (Вт/м ²) при заповненні світлових отворів із орієнтацією на напрямок*							
	до полудня	після полудня	до полудня							
			Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
			після полудня							
			Пн	ПнЗ	З	ПдЗ	Пд	ПдС	с	ПнС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
44	5...6	18...19	84/38	222/53	292/58	72/40	-/23	-/22	-/22	-/23
	6...7	17...18	42/70	369/98	452/112	209/86	-/55	-/44	-/44	-/33
	7...8	16...17	-/77	357/11С	509/130	333/109	-/71	-/55	-/55	-/55
	8...9	15...16	-/71	256/101	490/121	398/108	66/79	-/60	-/59	-/60
	9...10	14...15	-/64	84/80	371/100	389/101	162/81	-/63	-/60	-/62
	10...11	13...14	-/60	-/71	193/80	305/86	245/84	-/67	-/60	-/64
	11...12	12...13	-/59	-/67	37/72	214/79	288/85	73/77	-/65	-/65
48	5...6	18...19	93/45	256/60	327/65	95/45	-/27	-/26	-/24	-/26
	6...7	17...18	35/69	385/98	472/114	237/87	-/55	-/43	-/44	-/44
	7...8	16...17	-/74	349/107	542/129	363/109	3/73	-/53	-/53	-/53
	8...9	15...16	-/70	222/99	497/121	427/112	80/81	-/60	-/58	-/59
	9...10	14...15	-/64	60/81	372/100	419/107	186/86	-/65	-/58	-/62
	10...11	13...14	-/60	-/71	193/80	352/94	271/87	7/70	-/60	-/64
	11...12	12...13	-/59	-/67	37/72	251/84	317/88	106/78	-/65	-/65
52	5...6	18...19	102/56	301/69	371/73	116/52	-/31	-/28	-/28	-/28
	6...7	17...18	26/69	391/98	497/119	272/91	-/59	-/43	-/44	-/44
	7...8	16...17	-/71	337/106	545/129	398/110	13/76	-/55	-/53	-/53
	8...9	15...16	-/67	197/97	498/123	448/114	94/85	-/63	-/57	-/58
	9...10	14...15	-/63	42/79	374/100	429/110	206/87	-/67	-/59	-/60
	10...11	13...14	-/60	-/69	193/84	363/98	299/90	14/72	-/60	-/62
	11...12	12...13	-/59	-/65	37/72	231/87	344/91	150/78	-/65	-/63
56	4...5	19...20	88/19	165/33	227/27	17/20	-/12	-/13	-/13	-/12
	5...6	18...19	104/56	344/64	423/74	140/57	-/35	-/28	-/30	-/30
	6...7	17...18	17/66	401/93	523/115	287/90	-/58	-/42	-/43	-/44
	7...8	16...17	-/65	340/98	547/122	424/105	22/74	-/53	-/48	-/53
	8...9	15...16	-/62	174/87	504/114	479/108	128/85	-/64	-/55	-/56
	9...10	14...15	-/58	26/71	378/91	479/102	245/88	-/67	-/56	-/57
	10...11	13...14	-/57	-/62	193/76	427/92	347/91	21/72	-/58	-/58
	11...12	12...13	-/55	-/59	37/67	330/79	398/92	175/76	-/63	-/58

Примітка: * – у чисельнику дано величину прямого потоку q_{np} , а в знаменнику – розсіяного потоку q_p , (Вт/м²) для одинарного скла (товщина скла $\delta=2,5...3,5$ мм) за вертикального заповнення світлових отворів. У випадку подвійного скла вводиться поправний коефіцієнт $K_\delta=0,90$; для потрійного скла – $K_\delta=0,80$.

Варто зауважити, що загальні суми сумарної радіації за рік або місяць врахувань за формулою

$$\Sigma Q = A \cdot \Gamma_s^m + B \cdot (\sin h_0)^n, \quad (2)$$

де: A , B – коефіцієнти; Γ_s – тривалість сонячного променіння; h_0 – висота Сонця.

Але з огляду на те, що в розрахунках за формулою (2) бере участь тривалість сонячного променіння, то розрахунок значень Γ_s пов'язують із прямою залежністю між хмарністю та інтенсивністю. Результати досліджень показують, що зв'язок між хмарністю та інтенсивністю є цілком реальним.

Відомо [1], що визначальною умовою використання геліоустановок, крім їхньої технічної надійності, є їх економічна ефективність. Зазначимо, що існує низка методів та методик визначення економічної ефективності використання геліоустановок для теплопостачання споживачів. Практично всі вони базуються на зіставленні розрахункових затрат в новий запропонований варіант (геліотеплопостачання) і базовий (паливні або електричні теплогенеруючі установки).

Проте, варто зазначити, що в зв'язку із багатоманітністю технічних розв'язків і взаємозамінністю енергоносіїв, самі конструкції геліоустановок розробляють на основі варіантних розрахунків. При цьому вибір прийнятного варіанту повинен бути економічно обґрунтованим. Для оцінки ефективності геліоустановок основними для порівняння різних варіантів є техніко-економічні показники традиційних теплопостачальних систем. Критерієм оцінки економічної ефективності цих варіантів є мінімум приведених витрат, тобто

$$B = Z_p + E_H \cdot K \rightarrow \min, \quad (3)$$

де: B – приведені витрати на створення та експлуатацію систем теплопостачання; Z_p – річні експлуатаційні затрати; E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; K – капіталовкладення в систему теплопостачання.

Загалом термін окупності геліоустановки визначили за формулою

$$T = C_c / (Q \cdot C_M), \quad (4)$$

де: C_c – питома вартість геліоустановки, грн/м²; Q – річна кількість теплоти, яку виробляє геліоустановка, Гкал/м²; C_M – вартість від традиційного джерела енергії, грн/Гкал.

Проте у розрахунках вибрані варіанти зводяться до порівняння умов, тобто до тотожності природно-кліматичних чинників та територіального розташування об'єкта, а також рівності розрахункового теплового навантаження і кількості вироблюваного тепла. Облік екологічного та соціального ефекту від використання геліосушарок важливий для екології палива та електроенергії, скорочення трудовитрат і зменшення шкоди навколишньому середовищі.

Отже, на сьогодні і в найближчому майбутньому варто встановлювати геліоустановки для гарячого водопостачання, опалення, а також нові типи сонячних колекторів.

Література

1. Озарків І.М., Мисак Й.С., Копинець З.П. Використання сонячної енергії у промисловості : навч. посіб. – Львів : НВК "Українські технології", 2008. – 276 с.