Литература

1. Фендри Фредж. Обессоливание морской воды – перспективы и проблемы : наук.-техн. журн. / Фендри Фредж, Т.Е.Митченко, И.М.Астрелин // Екологія, довкілля та безпека життєдіяльності – 2008. – №6. – С. 48-54.
2. Jamal K. Mathematical modeling of reverse osmosis systems / K. Jamal, M. A. Khan, M. Kamil // Desalination. – 2002. – Vol. 160. – C. 29-42.
3. Zhao Yu. Incorporation of osmotic pressure in an integrated incremental model for predicting RO or NF permeate concentration / Yu Zhao, S. Taylor // Desalination. – 2004. – Vol. 174 – C. 145-149.
4. Kahdim, A.S. Modeling of reverse osmosis systems / Abdul Sattar Kahdim, Saleh Ismail, Alaa' Abdulrazaq Jassim // Desalination. – 2003. – Vol. 158 – C. 323-329.
5. Suhan Kim. Mideling concentration polarization in reverse osmosis processes / Suhan Kim, Eric M.V. Hoek // Desalination. – 2005. – Vol. 186 – C. 111-128.
6. FILMTEC Reverse osmosis membranes // Technical Manual / Dow Liquid Separations. – USA, 2004. – 179 c. – C. 91-95.

УДК 662.997

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ В ГЕЛІОСИСТЕМАХ

Я.М. Козлов
Аспірант
Кафедра теплоенергетики*
Контактний тел.: (0562) 47-33-49
E-mail: and8705@yandex.ru

М.П. Сухий
Кандидат технічних наук, професор, завідуючий кафедри
Кафедра енергетики*
Контактний тел.: (0562) 47-33-49

К.М. Сухий
Кандидат хімічних наук, доцент, викладач
Кафедра переробки пласмас та фото- нано- і поліграфічних матеріалів*
Контактний тел.: (0562) 47-05-29
E-mail: ksukhyy@rambler.ru
*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
пр. Гагаріна, 8, м. Дніпропетровськ, Україна, 49005

Вирішені основні задачі оптимального розташування сонячного колектору на місцевості: кут нахилу колектору, вплив азимутального кута розташування колектора на його ККД

Ключові слова: сонячний колектор, кут нахилу до горизонту, азимутальний кут, коефіцієнт пропускання

Решены основные задачи оптимального расположения солнечного коллектора на местности: угол наклона коллектора, влияние азимутального угла расположения коллектора на его КПД

Ключевые слова: солнечный коллектор, угол наклона к горизонту, азимутальный угол, коэффициент пропускания

The primary goals of an optimum arrangement of a solar collector on district are solved: the corner of an inclination of a collector, influence of an azimuthal corner of an arrangement of a collector on its efficiency

Key words: solar collector, corner of an inclination of a solar collector to horizon, azimuthal corner, transparency factor

1. Вступ

Використання сонячної енергії є досить перспективним з точки зору поліпшення екологічної ситуації, зниження витрат органічного палива й залежності багатьох країн світу від імпорту палива, оскільки велика кількість енергії витрачається на покриття таких потреб як виробництво низькопотенційного тепла для

систем гарячого водопостачання, опалення, кондиціювання повітря, технологічних і інших потреб [1–3].

Для найбільш ефективного використання сонячного випромінювання в геліосистемах необхідно щоб площина абсорбера розташовувалась під прямим кутом до сонячного випромінювання. В ідеальному випадку цього можна досягти використовуючи систему спостереження за Сонцем, яка має досить високу вартість [4]. Тому іншим шляхом, для вирішення поставленої проблеми являється знаходження оптимального розташування сонячного колектору, при якому в максимально можливому ступеню абсорбер буде сприймати сонячне випромінювання при певних умовах.

При визначенні термодинамічної ефективності сонячного колектора необхідно мати відомості про кількість сонячного випромінювання, яке надходить на його поверхню, а для цього необхідно знати кути падіння сонячного випромінювання на горизонтальну та похилу поверхню у деякій точці розташування сонячного колектора на земній поверхні.

Розглянемо деяку точку А на земній поверхні в деякий момент часу відносно деякого розташування Сонця (рис. 1).

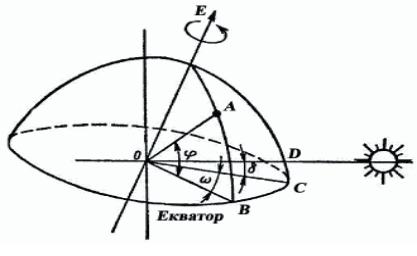


Рис. 1. Схема руху Сонця по небозводу

Положення точки А буде визначатися трьома головними кутами: широтою місцевості φ; схилення Сонця δ та годинним кутом ω.

Широта місцевості φ – це кут між відрізком 0А, який з'єднує точку А з центром Землі 0 та відрізком 0В, який являється проекцією відрізка 0А на площину екватора. Схилення Сонця δ – це кут між прямою 0D, яка проходить через центри Землі та Сонця, та її проекцією на площину екватора 0С. Годинний кут ω – це кут між відрізками 0В та 0С у площині екватора.

В деяких випадках при розрахунках сонячної радіації крім основних кутів використовують також такі кути: зенітний кут Θ_z, кут висоти γ та азимут $\alpha_{пр}$ Сонця (рис. 2).

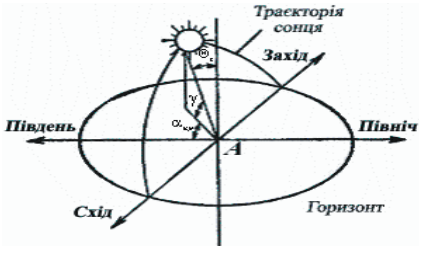


Рис. 2. Схема положення точки А на земній поверхні відносно сонячних променів

Згідно наведеної схеми (рис. 2) зенітний кут Θ_z – це кут між сонячним променем та нормаллю до горизонтальної поверхні в точці А. Кут висоти Сонця γ – кут у вертикальній площині між сонячним променем та його проекцією на горизонтальну площину. Азимут Сонця $\alpha_{пр}$ – це кут в горизонтальній площині між південним напрямком сторони світу та проекцією сонячного променя на горизонтальну площину. Азимут поверхні $\alpha_П$ визначається як кут між нормаллю до поверхні та південним напрямком [5–7].

2. Постановка завдання дослідження

Виходячи з цього, сонячний колектор може орієнтуватися відносно горизонтального положення та відносно півдня. Тож необхідно розглянути вплив цих факторів на ККД геліосистем. Крім цього, третім впливовим фактором, який також визначає можливі межі розташування колекторів, з точки зору ефективності геліосистем, є фотометричні характеристики систем прозорих покриттів, що також необхідно врахувати у дослідженні.

3. Ціль та задачі дослідження

Теоретичне обґрунтування оптимального розташування сонячного колектора на місцевості. Для досягнення вказаної цілі, були поставлені наступні задачі:

– знаходження оптимального кута нахилу сонячного колектору, при якому спостерігається максимальне надходження сонячної радіації на його поверхню для різних пір року;

– виявленя впливу азимутального кута розташування сонячного колектора на його ККД;

– знаходження меж зміщення кута нахилу сонячного колектору, в яких система прозорих покриттів володіє достатньою пропускною здатністю.

4. Виклад матеріалів досліджень

Істотний вплив на межі ефективного розташування сонячних колекторів мають фотометричні властивості системи прозорих покриттів [5], оскільки очевидно, що при певному куті падіння сонячного випромінювання пропускна здатність системи прозорих покриттів буде знижуватися, а при досягненні деякої критичної величини остання буде працювати як дзеркало. Тож моделлю передбачено виявлення межі кутів нахилу сонячного колектору, в яких система прозорих покриттів володіє достатньою пропускною здатністю.

З метою спостереження зміни коефіцієнта пропускання прозорих покриттів сонячних колекторів від кута нахилу до горизонту, були розраховані і побудовані залежності пропускної здатності різних систем прозорих покриттів від кута падіння сонячного випромінювання.

Коефіцієнт пропускання прозорої ізоляції грає важливу роль при визначенні кількості сонячного випромінювання, поглиненого поверхнею сонячного колектора. Значення сумарної радіації у площині сонячного колектора виражається наступною формулою [5]:

$$E_s = (E_П \cdot R_П + E_р) \cdot (\tau\alpha)', \quad (1)$$

де $R_П$ – коефіцієнт перерахунку прямого потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора; $E_П$ та $E_Р$ – пряма та розсіяна складові сонячної радіації яка надходить на горизонтальну поверхню, Вт/м^2; $(\tau\alpha)'$ – наведена поглинаюча здатність системи прозорих покриттів, яка розраховується за формулою:

$$(\tau\alpha)' = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\cdot\rho_d}, \quad (2)$$

де τ – пропускна здатність системи покриттів для розглянутого кута падіння сонячного випромінювання; α – поглинаюча здатність поглинаючої поверхні; ρ_d – дифузійна відбиваюча здатність системи прозорих покриттів.

Пропускна здатність системи покриттів для розглянутого кута падіння сонячного випромінювання розраховується за формулою:

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_a, \quad (3)$$

де τ_r – пропускна здатність системи прозорих покриттів без урахування поглинання; τ_a – пропускна здатність системи прозорих покриттів з урахуванням тільки поглинання.

Пропускна здатність системи прозорих покриттів без урахування поглинання, яке складається з декількох листів розраховується як:

$$\tau_r = \frac{1-\rho}{1+(2n_л-1)\rho}, \quad (4)$$

де $n_л$ – кількість листів прозорого покриття; ρ – відбиваюча здатність системи прозорих покриттів, яку можна розрахувати за формулою:

$$\rho = \frac{1}{2}\cdot\left[\frac{\sin^2(\Theta_2-\Theta_1)}{\sin^2(\Theta_2+\Theta_1)}+\frac{tg^2(\Theta_2-\Theta_1)}{tg^2(\Theta_2+\Theta_1)}\right], \quad (5)$$

де Θ_1, Θ_2 – кути падіння сонячного випромінювання й заломлення на поверхні розподілу середовищ (рис. 3), які пов'язані з показниками заломлення законом Снелліуса:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\Theta_2}{\sin\Theta_1}, \quad (6)$$

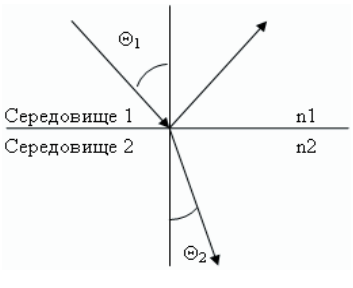


Рис. 3. Кути падіння й заломлення сонячного випромінювання на поверхні розподілу середовищ із показниками заломлення n_2 і n_1

Пропускна здатність системи прозорих покриттів з урахуванням тільки поглинання:

$$\tau_a = e^{-KL/\cos\Theta_2}, \quad (7)$$

де K – коефіцієнт ослаблення, см$^{-1}$; L – фактична довжина шляху випромінювання через середовище, см.

В якості найбільш перспективних та найбільш розповсюджених прозорих покриттів, за даними робіт [8,9], були розглянуті скляні та полікарбонатні листи (рис. 4–6).

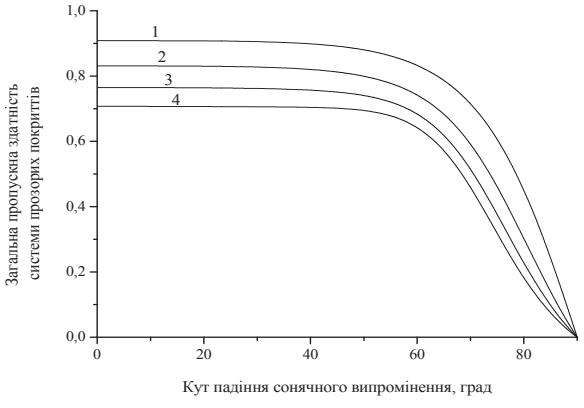


Рис. 4. Загальна пропускна здатність системи прозорих покриттів з високопрозорого скла (товщиною 0,23 см) для системи: 1 — з одного скляного листа; 2 — з двох листів; 3 — з трьох листів; 4 — чотирьох листів

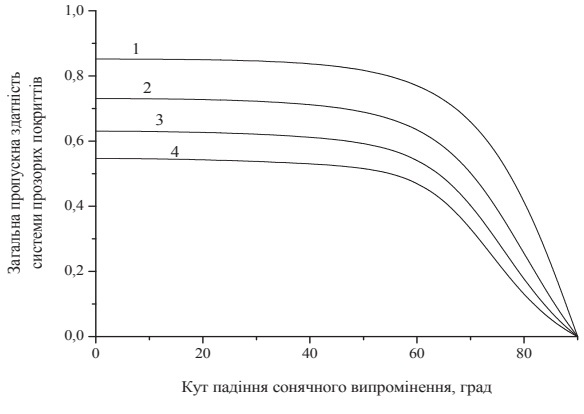


Рис. 5. Загальна пропускна здатність системи прозорих покриттів зі скла з низькою прозорістю(товщиною 0,23 см) для системи: 1 — з одного скляного листа; 2 — з двох листів; 3 — з трьох листів; 4 — чотирьох листів

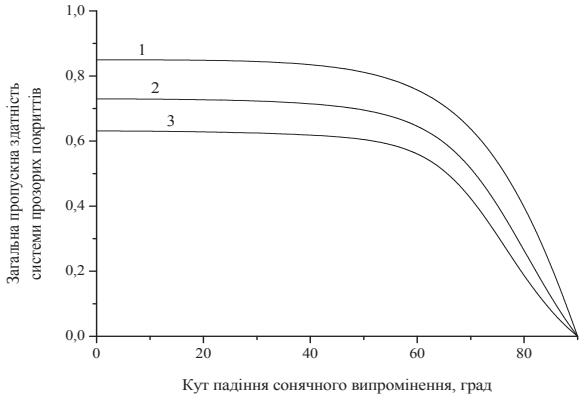


Рис. 6. Загальна пропускна здатність системи прозорих покриттів з полікарбонату (товщиною 0,05 см) для системи: 1 — з одного полікарбонатного листа; 2 — з двох листів; 3 — з трьох листів

При розрахунку пропускної здатності системи прозорих покриттів τ бралися наступні коефіцієнти: показник заломлення для скла n_2=1,5, для полікарбонату – n_2=1,6, показник заломлення для повітря – n_1=1,0; коефіцієнт ослаблення для високопрозорого скла K=0,04 см$^{-1}$, для скла звичайної прозорості K=0,32 см$^{-1}$, для

листів стільникового полікарбонату (K =1,19 см$^{-1}$) розраховувався за формулою:

$$K = \ln\left(\sqrt[L]{\frac{\tau_r}{\tau}}\right), \quad (8)$$

де τ_r – коефіцієнт пропускання (без урахування поглинання) розраховувався за рівняням (4); τ – загальний коефіцієнт пропускання ($\tau \approx 0{,}85$ вимірювався за допомогою фотокалориметра "КФК-3"); L – фактична довжина шляху випромінювання через середовище (для скла L=0,23 см, а для полікарбонату – 0,05 см).

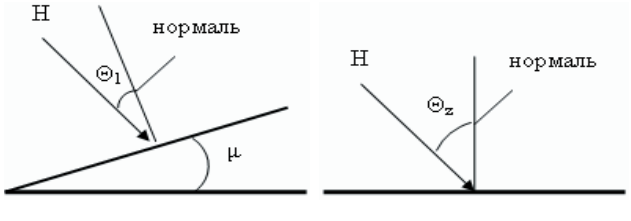
З наведених залежностей пропускної здатності системи прозорих покриттів з високопрозорого скла від кута падіння сонячного випромінювання (рис. 4) видно, що в інтервалі кутів падіння сонячного випромінювання від 0^0 до 50^0 пропускна здатність практично постійна і складає для одного скляного листа 0,91, для двох скляних листів – 0,83, для трьох та чотирьох – відповідно 0,76 та 0,71. При подальшому збільшенні кута падіння сонячного випромінювання спостерігається суттєве зниження пропускної здатності.

Що стосується системи прозорих покриттів зі скла з низькою прозорістю (рис. 5), то в інтервалі кутів падіння сонячного випромінювання від 0^0 до 45^0 її пропускна здатність практично постійна і складає для одного скляного листа 0,85, для двох скляних листів – 0,73, для трьох та чотирьох – відповідно 0,63 та 0,55. Подальше збільшення кута падіння сонячного випромінювання призводить до суттєвого зниження пропускної здатності.

Залежності пропускної здатності системи прозорих покриттів з полікарбонату від кута падіння сонячного випромінювання (рис. 6), показують, що в інтервалі кутів падіння сонячного випромінювання від 0^0 до 40^0 пропускна здатність практично постійна і складає для одного полікарбонатного листа 0,85, для двох та трьох листів – 0,73 та 0,63. При подальшому збільшені кута падіння сонячного випромінювання спостерігається суттєве зниження пропускної здатності.

Кут нахилу сонячного колектора до горизонту μ пов'язаний з зенітним кутом Θ_z та кутом падіння сонячного випромінювання Θ_1 наступною залежністю (рис. 2, 7):

$$\mu = \Theta_z - \Theta_1, \quad (9)$$



а) б)

Рис. 7. Кути падіння сонячних променів: а – на похилу поверхню; б – на горизонтальну поверхню

Виходячи з аналізу пропускної здатності системи прозорих покриттів з різного матеріалу можна стверджувати, що при визначенні оптимального кута нахилу для тих типів сонячних колекторів у яких прозора ізоляція виконана на основі скла необхідно враховувати, те що їх кут нахилу до горизонту не повинен бути менш ніж 28^0–34^0, в залежності від кількості прозорих покриттів та їх сорту, а для системи прозорих покриттів на основі полікарбонату – 31^0.

Для збільшення ефективності роботи сонячних колекторів, їх розташовують під деяким кутом нахилу до горизонту, що пов'язано з тим, що в такому положенні поглинаюча поверхня сонячного колектора дозволяє приймати максимальну кількість сонячного випромінювання. Величина сонячної радіації відіграє суттєву роль в інженерних розрахунках при визначені термодинамічної ефективності сонячного колектора, тобто його ККД. Її значення вимірюють за допомогою спеціальних пристроїв (піргеліометр, піранометр) [10,11] або користуються середньостатистичними довідниковими даними [12–14] для певного регіону, але в обох випадках мають справу з величинами сонячної радіації, що надходить під прямим кутом на горизонтальну поверхню. При розташуванні абсорбера під певним кутом до горизонту значення сонячної радіації, яка надходить на поверхню абсорбера змінюється. При визначенні надходження сонячного випромінювання на площину абсорбера сонячного колектора, розташованого під певним кутом нахилу до горизонту, використовується коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора R. Тому для визначення оптимального кута нахилу сонячного колектору до горизонту, який би відповідав максимальному надходженню щільності потоку сонячного випромінювання на площу абсорбера, нами в даній роботі складено математичну модель, яка дозволяє прослідкувати як змінюється коефіцієнт перерахунку на похилу поверхню в залежності від місяця року та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту, та від географічного розташування.

Сонячна радіація складається з прямого та дифузійного випромінювання. Дифузійне сонячне випромінювання не має визначеного напрямку, воно по різному розподіляється по небозводу за всіма напрямками, та його інтенсивність залежить від стану атмосфери, від географічних факторів та змінюється на протязі року. Для умов ясного неба найбільш виправдано інтенсивність сонячного випромінювання, у площині колектора, розраховувати за рівнянням (1).

Коефіцієнт перерахунку прямого потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на поверхню колектора $R_П$ (при постійній орієнтації сонячного колектора на південь т.б. азимут $\alpha_П = 0^0$), розраховується, як відношення кількості прямої сонячної радіації, яка надходить на похилу поверхню сонячного колектора, до кількості прямої сонячної радіації, яка надходить на цю горизонтальну поверхню:

$$R_П = \frac{\cos\Theta_1}{\cos\Theta_z} = \frac{\cos(\varphi-\mu)\cdot\cos(\delta)\cdot\cos(\omega)+\sin(\varphi-\mu)\cdot\sin(\delta)}{\cos(\varphi)\cdot\cos(\delta)\cdot\cos(\omega)+\sin(\varphi)\cdot\sin(\delta)}, \quad (10)$$

де Θ_1, Θ_z – кути падіння сонячного випромінювання для похилої та горизонтальної поверхонь (рис. 7,а та 7,б); δ – кутове положення Сонця щодо площини екватора, тобто схилення сонця, яке можна визначити за наближеною формулою Купера [5]:

$$\delta = 23{,}45\cdot\sin\left[360\cdot\frac{284+n_д}{365}\right], \quad (11)$$

де $n_д$ – порядковий номер дня року; φ – широта місцевості; ω – годинний кут, який дорівнює нулю в сонячний полудень (розрахунки велись о полудні):

$$\omega = 180 - 15 \cdot \tau_ч \ , \qquad (12)$$

де $\tau_ч$ – проміжок часу між показаннями експериментальної установки, за який виконуються вимірювання, год.

При визначенні оптимального кута нахилу сонячного колектора до горизонту істотне значення має його географічне розташування.

Результати математичного моделювання, на прикладі міста Київ, наведені у таблиці, у якій представлено середньомісячні суми сонячної радіації, які падають на похилу поверхню сонячних колекторів, а на рис. 8 представлена залежність коефіцієнта перерахунку на похилу поверхню від місяця року та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту.

Оптимальний кут нахилу сонячного колектора до горизонту залежить від призначення системи сонячних колекторів.

Так, наприклад, в м. Київ, для геліосистем, які працюють цілорічно оптимальний кут нахилу становить 45^0–50^0.

Для систем, які працюють у теплу половину року, з квітня по вересень, якщо врахувати швидке забруднення прозорих покриттів при малому куті нахилу (20^0–25^0) та отримані данні о пропускній здатності систем прозорих покриттів колекторів (рис. 4–6), оптимальний кут нахилу слід вважати діапазон 30^0–42^0.

А для систем, що працюють в холодну половину, з жовтня по березень, необхідно врахувати кількість середньомісячних опадів (снігу) в даній місцевості, кількість ясних днів та тривалість сонячної радіації у період з середини листопада по середину січня, він складає 60^0–72^0.

Таблиця

Середньомісячні суми сонячної радіації (кВт·год/м^2), які падають на похилу поверхню сонячних колекторів

Місяць року	Кут нахилу сонячного колектору										Розсіяна складова сонячної радіації, $E_р$	Пряма складова сонячної радіації, $E_п$
	0^0	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0	80^0	90^0		
1	1,07	1,26	1,43	1,59	1,71	1,80	1,86	1,89	1,88	1,83	0,70	0,37
2	1,87	2,15	2,40	2,61	2,77	2,87	2,93	2,92	2,86	2,74	1,05	0,82
3	2,95	3,26	3,51	3,71	3,84	3,90	3,89	3,80	3,65	3,44	1,53	1,42
4	3,96	4,22	4,42	4,55	4,59	4,56	4,46	4,27	4,02	3,71	2,02	1,94
5	5,25	5,53	5,70	5,77	5,74	5,60	5,35	5,02	4,60	4,11	2,26	2,99
6	5,22	5,42	5,53	5,55	5,47	5,31	5,06	4,73	4,34	3,89	2,51	2,71
7	5,25	5,47	5,61	5,64	5,59	5,43	5,19	4,86	4,46	4,00	2,47	2,78
8	4,67	4,96	5,17	5,28	5,29	5,21	5,04	4,77	4,43	4,01	2,10	2,57
9	3,12	3,41	3,64	3,81	3,90	3,93	3,87	3,75	3,56	3,31	1,50	1,62
10	1,94	2,20	2,43	2,62	2,76	2,84	2,87	2,84	2,75	2,62	1,01	0,93
11	1,02	1,18	1,32	1,44	1,53	1,61	1,65	1,66	1,65	1,60	0,67	0,35
12	0,86	1,02	1,16	1,28	1,39	1,47	1,52	1,55	1,55	1,52	0,59	0,27
1–12	37,18	40,08	42,32	43,84	44,58	44,53	43,69	42,08	39,75	36,77		
4–9	27,47	29,01	30,07	30,60	30,59	30,04	28,97	27,41	25,41	23,03		
10–3	9,71	11,07	12,26	13,24	14,00	14,49	14,72	14,66	14,33	13,74		

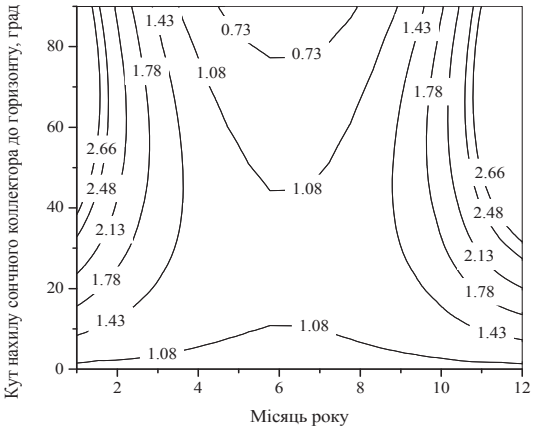


Рис. 8. Залежність коефіцієнта перерахунку прямої складової сонячної радіації з горизонтальної площини на поверхню колектора від місяця року та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту (м. Київ)

Виходячи з загальних міркувань, сонячні колектори найбільш ефективно розташовувати строго на південь, але в деяких випадках це не представляється можливим, що пов'язано з рельєфом місцевості, умовами забудови площадок для розміщень геліосистем та іншими факторами.

Тому для того, щоб вироблення тепла в геліосистемах було максимально ефективним, за допомогою математичної моделі нами визначено, в яких межах можливо відхилятися від південної орієнтації без суттєвої втрати ККД, тобто прослідковано, як азимутальний кут розташування колектору впливає на коефіцієнт перерахунку на похилу поверхню для різних кутів нахилу сонячного колектору до горизонту та для різних пір року.

Для довільної орієнтації сонячного колектора, який має азимут $\alpha_П$ та кут нахилу μ до горизонту, коефіцієнт перерахунку на горизонтальну поверхню для прямого сонячного випромінення $R_П$ розраховується за наступною формулою:

$$R_{П} = \frac{\cos\Theta_1}{\cos\Theta_z} = \frac{\left[\begin{array}{l}\sin\mu\left[\cos\delta\left(\sin\varphi\cos a_{П}\cos\omega+\sin a_{П}\sin\omega\right)-\sin\delta\cos\varphi\cos a_{П}\right]+\\ +\cos\mu\left(\cos\delta\cos\varphi\cos\omega+\sin\delta\sin\varphi\right)\end{array}\right]}{\cos\delta\cos\varphi\cos\omega+\sin\delta\sin\varphi}, \quad (13)$$

На рис. 9–12 представлені залежності коефіцієнта перерахунку на похилу поверхню від азимутального кута та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту для чотирьох місяців, до яких припадають дати та час сонцестоянь і рівнодень (березень, червень, вересень, грудень).

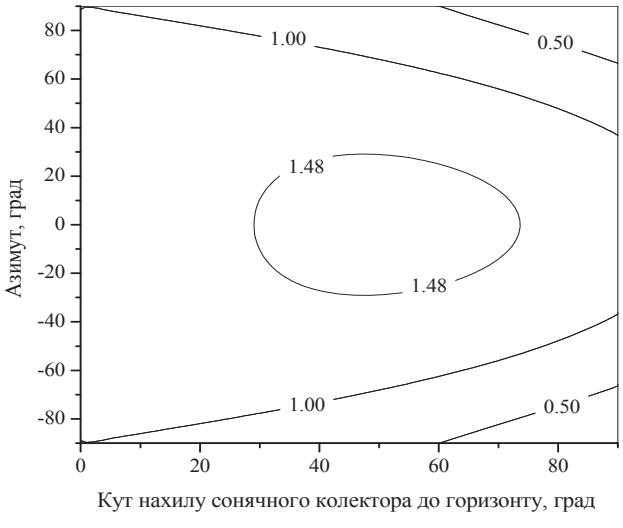


Рис. 9. Залежність коефіцієнта перерахунку на похилу поверхню від азимутального кута та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту (м. Київ; місяць — березень)

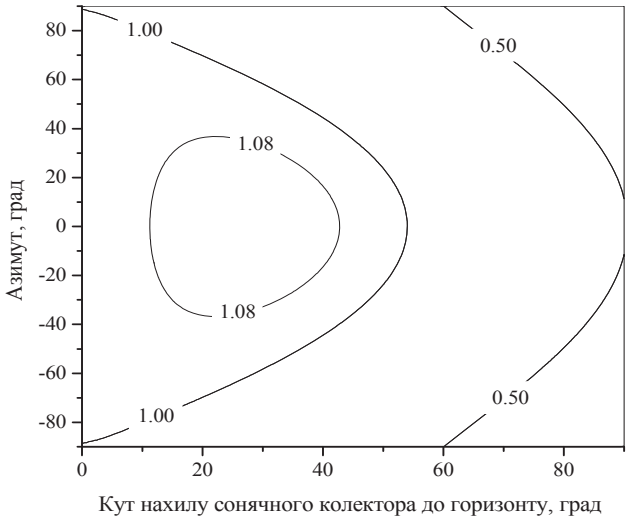


Рис. 10. Залежність коефіцієнта перерахунку на похилу поверхню від азимутального кута та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту (м. Київ; місяць — червень)

За результатами математичного моделювання на вибір максимального азимутального кута, на який можна відхилити сонячний колектор при якому він не суттєво втрачає свою теплопродуктивність впливає пора року.

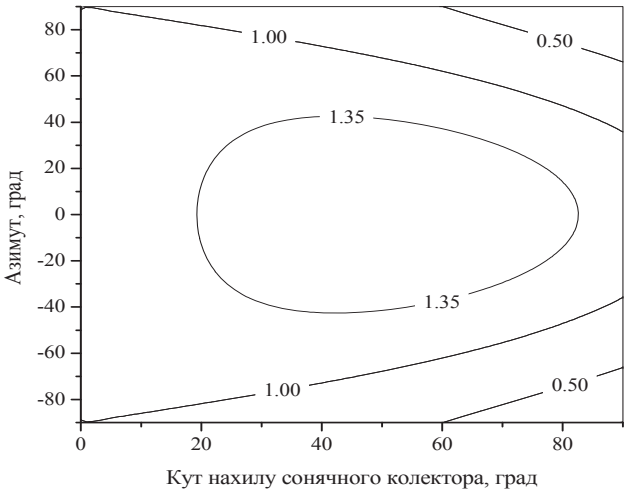


Рис. 11. Залежність коефіцієнта перерахунку на похилу поверхню від азимутального кута та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту (м. Київ; місяць — вересень)

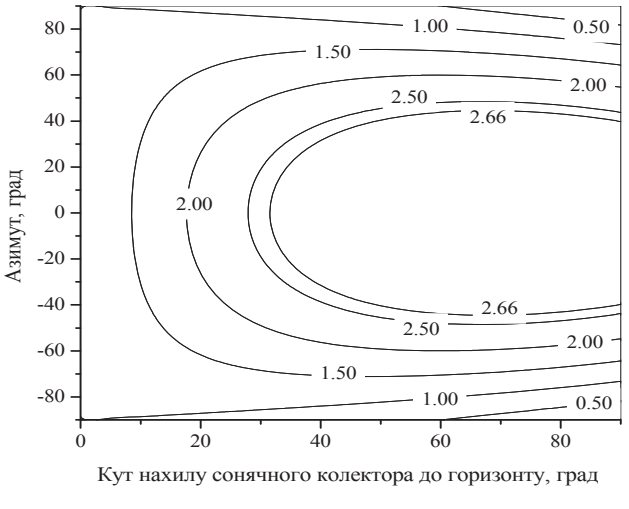


Рис. 12. Залежність коефіцієнта перерахунку на похилу поверхню від азимутального кута та від кута нахилу сонячного колектора до горизонту (м. Київ; місяць — грудень)

Для цілорічних геліосистем, наприклад які працюють в м. Київ, кут на який допускається відхилення від південної орієнтації сонячного колектора, при якому коефіцієнт перерахунку на похилу поверхню $R_{П}$ змінюється в межах 5% складає $\pm(23^0–24^0)$.

Для сезонних геліосистем, які працюють у теплу половину року з квітня по вересень цей кут складає $\pm(28^0–38^0)$, при цьому найбільше відхилення від південної орієнтації, при якому коефіцієнт перерахунку на похилу поверхню $R_{П}$ змінюється в межах 5%, спо-

стерігається у червні – $\pm 41^0$, а для сезонних геліосистем, які працюють у холодну половину, з жовтня по березень, кут на який допускається відхилення становить $\pm(19^0–21^0)$.

Отже азимутальний кут відіграє суттєву роль для сезонних геліосистем, які працюють в осінньо-зимовий період, допустиме значення якого $\pm(19^0–21^0)$, а для літнього періоду $\pm(28^0–38^0)$. Із зростанням широти місцевості, в літній період, значення азимутального кута на який допускається відхилення від південної орієнтації сонячного колектора, без значної зміни його теплопродуктивності, суттєво знижується.

5. Висновки

Для цілорічних геліосистем, які працюють в м. Київ, оптимальний кут нахилу складає $45^0–50^0$, а кут на який допускається відхилення від південної орієнтації сонячного колектора знаходиться в межах $\pm(23^0–24^0)$. Оптимальний кут для сезонних геліосистем, які працюють у теплу половину року, з квітня по вересень, складає $30^0–42^0$, причому допустима межа відхилення від південної орієнтації становить $\pm(28^0–38^0)$, а для систем, що працюють в холодну половину, з жовтня по березень, цей кут складає $60^0–72^0$, з допустимим відхиленням від південної орієнтації сонячного колектора $\pm(19^0–21^0)$.

Література

1. Попель, О. С. Возобновляемые источники энергии: роль и место в современной и перспективной энергетике [Текст] / О. С. Попель // Журн. всесоюзн. хим. общества им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т.LII. – № 6. – С.95-106.
2. Борисов, С. А. Экологические аспекты энергообеспечения северных территорий в контексте устойчивого развития [Текст] / С. А. Борисов, Е.С. Мартемьянова // Вестник МГТУ. – 2006. – Т.9. – № 3. – С.486-497.
3. Черевко, Г. Альтернативна енергетика агропромислового комплексу України [Текст] / Георгій Черевко, Тетяна Кохань, Ігор Магійовіч // MOTROL. Сер. 8А. – 2006. – С.106-116.
4. Мак-Вейг, Д. Применение солнечной энергии [Текст] : пер. с англ. / Ред. Б. В. Тарнижевского. – М. : Энергоиздат, 1981. – 216 с.
5. Даффи, Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст] / Дж. А. Даффи, У. А. Бекман. – М. : Мир, 1977. – 354 с.
6. Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки [Текст] / Н. В. Харченко. – М. : Энергоатомиздат, 1991. –209 с.
7. Валов, М. И. Использование энергии в системах теплоснабжения [Текст] : монография / М. И. Валов, Б. И. Казанджан. – М. : Изд-во МЭИ, 1991. – 140 с.
8. Сонячні колектори на основі стільникових полікарбонатних пластиків [Текст] / М. П. Сухий, Я. М. Козлов, К. М. Сухий та ін. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2009. – № 1. – С. 146-149.
9. Воробьев, В. М. Использование полимерных материалов в солнечной энергетике [Текст] / В. М. Воробьев, Ю. А. Селихов, С. И. Бухкало // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – № 6. – С. 31-34.
10. Кондратьев, К. Я. Актинометрия [Текст] / К. Я. Кондратьев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1965. – 692 с.
11. Янишевский, Ю. Д. Актинометрические приборы и методы наблюдений [Текст] / Ю. Д. Янишевский. – Л. : Гидрометеоиздат, 1957 – 415 с.
12. Surface meteorology and Solar Energy [Электронный ресурс] / A renewable energy resource web site (release 6.0) sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program. – Режим доступа : \www/ URL: http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?uid=3030/ - 06.11.2009 г. – Загл. с экрана.
13. Климатический справочник Западной Европы (Climatic Reference Book of West Europe) [Текст] : справочник / под ред. А. Н. Лебедева. – Л. : Гидрометеоиздат, 1979. – 678 с. – (Глав. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова).
14. Научно-прикладной справочник по климату СССР [Текст]. Серия 3. Многолетние данные. Часть 1. Выпуск 13. Солнечная радиация и солнечное сияние. – Л. : Гидрометеоиздат, 1990. – 724 с.