

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

На правах рукопису

ШНЕРХ ОЛЕКСАНДРА СЕРГІЙВНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕЛІОСИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
ДИСКРЕТНОЮ ОРІЄНТАЦІЄЮ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

Спеціальність 11.00.11 -

Охорона навколишнього середовища та
раціональне використання природних ресурсів

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 1994

Дисертація є рукопис.

Робота виконана у Державному науково-дослідному інституті санітарної техніки та обладнання будівель і споруд.

Науковий керівник: кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Остапушенко Павло Григорович.

Офіційні опоненти: 1. доктор технічних наук, професор
Кісіль Ігор Степанович,
2. кандидат технічних наук, доцент
Грінченко Дмитро Микитович.

Провідна організація: Українське державне науково-виробниче
об'єднання "Енергопрогрес",
підприємство "ЛьвівОРТРЕС", м. Львів.

Захист відбудеться "13" 06 1994 р. о 14⁰⁰ год. на
звіданні спеціалізованої ради Д.09.02.02 в Івано-Франківському
державному технічному університеті нафти і газу за адресою:
284018, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Івано-Франків-
ського державного технічного університету нафти і газу за адресою:
284018, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий "13" 05 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради *Б. Валерій* Навроцький Б.І.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00756421 (P)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Роль енергетики в розвитку суспільства є визначальною. Вдосконалення виробничих процесів, покращення комфортності побуту людини передбачає зростання енергоспоживання. Останнім часом темпи витрат видобувних енергетичних ресурсів такі, що запаси деяких з них обчислюються тільки десятиліттями. Крім того, розвиток промисловості привів до порушення існуючої в природі рівноваги і питання захисту навколишнього середовища дуже загострилося. Тому актуальним є питання прискореного розвитку альтернативних джерел енергії, серед яких одним з перспективних вважається застосування енергії Сонця.

Україна – це держава, яка тільки частково забезпечена власними енергоносіями, а більшість мусить імпортувати. Для економічної та політичної безпеки їй потрібно мати власну енергетичну базу, основою якої може стати і енергія нетрадиційних джерел. На даний час частка відновлюваних джерел у загальному виробництві енергії в країні становить майже 3 відсотки. В майбутньому їй треба збільшувати, виходячи хоча б з того, що економічно розвинуті країни передбачають уже в 2000 році до 7...8 % річної суми споживання енергії компенсувати альтернативними джерелами енергії, а клімат України є для цього сприятливим.

Підвищення ефективності геліосистем теплопостачання є складовою частиною напряму 5.21.04 "Нетрадиційні джерела енергії, включаючи сонячні, вітрові та електрохімічні" ДНДТ України, згідно з яким виконувалася дисертація. В роботі систематизований досвід використання сонячних енергетичних установок, зокрема у теплопостачанні житла, комунальних та промислових підприємств, обґрунтовані та подані реальні рекомендації впровадження дискретного способу орієнтації сонячних колекторів, що веде до розширення можливостей застосування низькопотенційного тепла геліосистем. Робота має екологічне та енергозберігаюче спрямування.

Наукові дослідження проводились в інституті ДНДІСТ, на кафедрі теплогазопостачання та вентиляції Державного університету "Львівська політехніка" та на Центральній базі виробничого обслуговування Управління магістральних нафтопроводів "Дружба" (тепер Науково-виробниче підприємство "Транспілад УМІ "Дружба").

Мета роботи — розробка науково-методичних основ вдосконалення технологічних прийомів інтенсифікації використання сонячної енергії геліосистемами, яка базується на принципі дискретної орієнтації сонячних колекторів.

Задачі дослідження:

сформулювання принципів і вироблення науково обґрунтованих критеріїв вибору вихідних даних для теоретичних досліджень надходження сонячної радіації на геліоколектори;

розробка методики і алгоритму розрахунку надходження сонячної енергії на колектори при їх дискретній орієнтації;

визначення методологічних принципів вибору оптимальних рішень просторового розміщення колектора та проведення теоретичних досліджень при різних варіантах його орієнтації;

експериментальне підтвердження теоретичних принципів оптимізації дискретного орієнтування приймачів сонячної енергії;

розробка принципів визначення доцільності використання дискретного способу орієнтації колекторів у випадках цілорічної і сезонної експлуатації геліосистем;

розробка методики визначення оптимальних кутів просторового положення колектора при щоденному, щомісячному, щоквартальному, сезонному і т.п. коректуванні його орієнтації;

вивчення впливу затінення колекторів один одним при розташуванні їх на площині обмежених розмірів на роботу цілої системи.

Методи вирішення поставлених задач. Поставлені задачі вирішені на базі теоретичних та натурних досліджень і з застосуванням методів математичної статистики та обчислювальної техніки. Об'єктом досліджень обрано практично всі регіони Європи та колишнього СРСР (від 35° до 60° п.ш.). Особлива увага зверталась на можливість використання запропонованих методів на території України, а також сусідніх з нею країн.

Наукова новизна роботи.

1. Застосований новий підхід до вирішення задачі підвищення ефективності геліосистем теплопостачання за рахунок дискретної орієнтації сонячних колекторів.

2. Побудована математична модель надходження сонячної енергії на колектори різної просторової орієнтації.

3. Розроблена методика розрахунку дискретного способу орієнта-

ції, яка базується на принципах максимізації надходження енергії сонячного випромінювання на поверхню прийняття геліоколектора.

4. Розроблена методика порівняльних досліджень дискретного способу орієнтації колекторів на спеціально створеній випробувальній дослідній установці.

5. Проведено порівняння кількаразової орієнтації (2, 3, 4 повороти за добу) зі стаціонарною та стежною орієнтацією колектора на Сонце та узгодження отриманих результатів з дослідними. Визначена ефективність дискретного способу орієнтації.

6. Розроблена методика розрахунку геліосистем теплопостачання з дискретно орієнтованими сонячними колекторами, розташованими на місцевості з географічними координатами від 35° до 60° пн.ш., що відповідають координатам Європи та більшості районів колишнього СРСР, для різних періодів їх роботи.

Наукова новизна роботи підтверджена технічними розробками, захищеними 2 авторськими свідоцтвами на винаходи.

Практична цінність роботи полягає у створенні ефективного методологічного підходу до вибору і прийняття раціональних рішень при проектуванні геліокомплексів, які можуть споруджуватись у кліматичних регіонах Європи і колишнього СРСР в межах від 35° пн. ш. до 60° пн. ш. Ефективність реального використання дискретної орієнтації підтверджена при проведенні натурних дослідів на ЦЕВО УМН "Дружба".

Запропонована методика прийнята при проектуванні систем низькопотенційного теплопостачання, зокрема Інститутом КиївЗНДІЕП запроєктована система гарячого водопостачання санаторію "Гірський" в м. Ялті. Метод дискретної орієнтації, який базується на викладених засадах, впроваджений також іншими проектними та експлуатаційними організаціями України.

Апробація роботи. Основні результати досліджень, викладені у дисертації, доповідались на міжнародних та республіканських конференціях та семінарах: республіканському семінарі "Використання сонячної енергії в народному господарстві", Київ, 1987 р.; науково-виробничій нараді з обміну досвідом "Агрометеорологічне забезпечення агропромислового комплексу України", Львів, 1987 р.; республіканському семінарі "Проектування, спорудження та експлуатація установок сонячного теплохолодопостачання", Київ, 1988 р.; респуб-

ліканські науково-практичній конференції "Основні напрями та досвід використання сонячної енергії в народному господарстві", Карші (Узбекистан), 1988 р.; семінарі молодих вчених за фахом "Теплогазопостачання і вентиляція" Київського інженерно-будівельного інституту, Київ, 1989 р.; Третьому Жешувсько-Львівському симпозіумі на тему "Проблеми будівництва та інженерії середовища", Жешув (Республіка Польща), 1993 р.; міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України", Івано-Франківськ, 1993 р.

Матеріали за темою дисертації доповідались також на щорічних науково-технічних конференціях Інституту НДІСТ (1986...1990 рр.) та Державного університету "Львівська політехніка" (1991...1994 рр.).

Публікації. За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 14 робіт, з них 2 авторські свідоцтва на винаходи.

На захист вносяться такі основні положення:

- доцільність вибору кількості орієнтаційних дискретних поворотів сонячного колектора протягом доби;
- визначення оптимальних азимутальних кутів повороту колектора протягом доби;
- визначення оптимальних кутів нахилу колектора до горизонту протягом доби;
- порівняння надходження добової (чи за інший період часу) сонячної енергії на колектори при певній кількості дискретних орієнтацій з надходженням енергії на колектори зі стаціонарним та стезним способами їх орієнтацій;
- ув'язка графіку надходження енергії сонячного випромінювання на колектори з дискретно змінною орієнтацією з графіком використання теплової енергії різними споживачами;
- визначення сумарної площі енергоприймальної поверхні установки з заданою дискретною орієнтацією колекторів.

Обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаної літератури із 115 найменувань та додатків. Викладена на 152 сторінках машинописного тексту, враховуючи 4 таблиці та 39 рисунків.

У вступі обґрунтована актуальність роботи та дана її коротка характеристика.

У першому розділі проведений огляд робіт вітчизняних та за кордонних авторів, присвячених вивченню питання підвищення ефективності геліосистем енергопостачання, який показав, що, не дивлячись на велику кількість досліджень, більшість з них спрямовані на вдосконалення окремих елементів геліосистем (сонячного колектора, акумулятора енергії тощо). Особливо багато розробок відноситься до покращення конструкцій самих сонячних колекторів (матеріалу, форми, способів виготовлення і експлуатації тощо). Поряд з тим, мало уваги звертається на їх орієнтацію. Відомі постійно стежна орієнтація сонячного колектора за Сонцем, яка застосовується, переважно, у високопотенційних геліосистемах енергопостачання. У низькопотенційних використовується фіксована стаціонарна орієнтація на південь з оптимальним для даного періоду роботи кутом нахилу до горизонту. Денна зміна просторового положення колектора значно збільшує надходження сонячної радіації на площину прийняття, хоча вважається, що затрати на орієнтування у таких системах не окупаються отриманою кількістю енергії. Це справедливо при застосуванні відомих способів орієнтації з дорогими стежними пристроями. У зв'язку з цим виникла потреба розробки простого та економічного способу орієнтації сонячних колекторів на Сонце, який при мінімальних затратах на повороти дозволив би отримати максимально можливу кількість енергії, яка надходить на земну поверхню.

При частковому (дискретному) орієнтуванні сонячного колектора протягом доби кількість енергії, яка надходить на нього, майже рівна кількості енергії, що падає на постійно стежний колектор, а затрати на орієнтацію при цьому значно менші. Але в існуючій літературі відсутні відомості про те скільки саме разів за добу треба переорієнтувати колектор для отримання оптимального енергозбирання з одиниці поверхні. Тому перед нами поставлене завдання проведення дослідження роботи геліосистем теплопостачання з дискретно орієнтованими колекторами, створення математичної моделі надходження сонячної радіації на площини змінної орієнтації, оптимізація просторового положення колектора, кількості переорієнтацій, ув'яз-

ка режимів надходження та споживання енергії при роботі таких систем, визначення економічної ефективності дискретного способу орієнтації.

У другому розділі розглянуте питання вихідних параметрів при розрахунку основного елементу геліосистеми – сонячного колектора.

Інтенсивність радіації на поверхню прийняття сонячного колектора, що орієнтований у довільному напрямку, визначають за відомою формулою:

$$S = S_n \cos i, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{де} \quad \cos i = & \cos \alpha (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau) + \\ & + \sin \alpha [\cos \psi_n (\sin \varphi \cos \delta \cos \tau - \cos \varphi \sin \delta) + \\ & + \sin \psi_n \cos \delta \sin \tau]. \end{aligned} \quad (2)$$

За час існування актинометрії проведено багато досліджень і запропоновані різноманітні формули для подання денного перебігу радіації. Аналіз літератури показав, що теоретичні методи для розрахунку радіаційних характеристик, які б виявляли фізичну суть процесу, не були знайдені, а на практиці використовуються рівняння емпіричного чи напівемпіричного походження. У них використовуються значення сонячної сталої, маси атмосфери і в різній формі характеристика прозорості. Остання, як і ув'язуючі коефіцієнти, в більшості подається у вигляді табличних даних. Тому певний практичний інтерес має розробка методу визначення кореляційних залежностей надходження сонячної радіації від відомих (або тих, що легко знаходяться) характеристик денного перебігу Сонця.

При розрахунках геліосистем часто потрібні дані про суми радіації при відсутності хмарності, так звані можливі суми. Для таких розрахунків існуючі формули цілком достатні, але при подальшому вивченні впливу надходження енергії Сонця на по-різному орієнтовані поверхні при оптимізаційних задачах дискретної орієнтації ними трудно оперувати. На основі статистичних даних багаторічних спостережень, узагальнених у нормативних документах, нами знайдені залежності надходження прямої сонячної радіації на перпендикулярні до променів поверхні, які для місцевостей з географічними координатами $35 \dots 60^\circ$ пн.ш. описуються рівнянням:

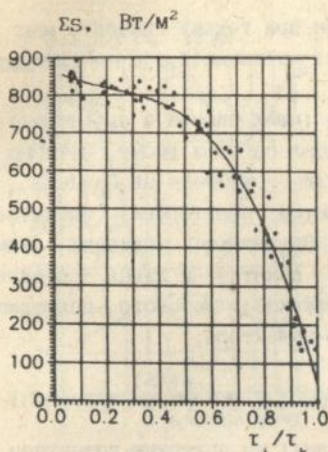


Рис. 1. Денний перебіг прямої сонячної радіації

$$S_m = S_* \left(1 - \frac{\tau^2}{\tau_k^2} \right), \quad (3)$$

Приклад співпадання (погодження) вихідних точок статистичних даних і знайденої залежності для місцевості 50° пн.ш. поданий на рис. 1.

Добове надходження радіації на поверхню ES складається з миттєвих надходжень протягом дня, тобто визначається інтегралом від функції s в інтервалі часу від сходу ($-\tau_1$) до заходу (τ_1) Сонця. Наприклад, для потрійного способу дискретної орієнтації сонячного колектора:

$$\begin{aligned} ES_3 &= \int_{-\tau_1}^{\tau_1} S_1 d\tau + \int_{-\tau_1}^{\tau_1} S_{11} d\tau + \int_{\tau_1}^{\tau_k} S_{111} d\tau = \\ &= \frac{2 S_*}{\tau_k^2} \left(\cos\delta \left[\cos\varphi (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) + \sin\varphi \times \right. \right. \\ &\quad \times (\sin\alpha_1 \cos\psi_1 - \sin\alpha_2) \left. \right] \times [(\tau_k^2 - \tau_1^2 + 6\tau_1) \sin\tau_1 - \\ &\quad - 3(\tau_1^2 - 2) \cos\tau_1] + \sin\alpha_1 \sin\psi_1 [(\tau_k^2 - \tau_1^2 + 6\tau_1) \cos\tau_1 + \\ &\quad + 3(\tau_1^2 - 2) \sin\tau_1] + \sin\delta \left[\sin\varphi (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) - \right. \\ &\quad - \cos\varphi (\sin\alpha_1 \cos\psi_1 - \sin\alpha_2) \left. \right] \times (\tau_k^3 \tau_1 - \tau_1^4 / 4) - \\ &\quad - 6 \cos(\varphi - \alpha_2) \cos\delta + 3 \cos\delta \left[(\cos\alpha_1 \cos\varphi + \right. \\ &\quad + \sin\alpha_1 \sin\varphi \cos\psi_1) \times [2\tau_k \sin\tau_k - (\tau_k^2 - 2) \cos\tau_k] - \\ &\quad - \sin\alpha_1 \sin\psi_1 [2\tau_k \cos\tau_k + (\tau_k^2 - 2) \sin\tau_k] + \\ &\quad \left. + 3 \sin\delta (\cos\alpha_1 \sin\varphi - \sin\alpha_1 \cos\varphi \cos\psi_1) \tau_k^4 / 4 \right). \quad (4) \end{aligned}$$

де S_1 , S_{11} , S_{111} - надходження енергії на колектор орієнтований у трьох напрямках, причому перше і останнє (третє) положення симетричні відносно півдня ($\psi_1 = \psi_3$), а друге направлене строго на

південь ($\psi_2 = 0$). Кут нахилу колектора при такому способі має два положення: α_1 — для першої і третьої орієнтацій, α_2 — для другої (південної).

Аналогічні рівняння отримані для інших способів орієнтації сонячного колектора: стаціонарно встановленого, з двома, чотирма поворотами протягом доби, а також постійно стежного за Сонцем.

В третьому розділі розроблений метод просторової оптимізації положення окремо взятого колектора. Оптимальні значення азимуту повороту ψ_1 , кута нахилу α_1 і часу τ_1 початку чи кінця орієнтації визначають як часткові диференціали функції добового надходження сонячної радіації на похилу поверхню колектора:

$$\psi = \frac{\partial(\Sigma S)}{\partial \psi} = 0, \quad \alpha = \frac{\partial(\Sigma S)}{\partial \alpha} = 0, \quad \tau = \frac{\partial(\Sigma S)}{\partial \tau} = 0. \quad (5)$$

Добове надходження сонячної радіації на поверхню колектора буде максимальним, коли не тільки кожний напрямок і час переорієнтації буде оптимальним, але всі невідомі значення кутів положення будуть узгоджені між собою. Наприклад, для потрійної дискретної орієнтації потрібно розв'язати систему нелінійних рівнянь з чотирма невідомими:

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi_1 = \arctg \frac{\cos \delta (b_3 - b_2)}{\cos \varphi \sin \delta (c_3 - c_2) - \sin \varphi \cos \delta (a_3 - a_2)} ; \\ \alpha_1 = \arctg \left(\frac{\cos \psi_1 [\sin \varphi \cos \delta (a_3 - a_2) - \cos \varphi \sin \delta (c_3 - c_2)]}{\cos \varphi \cos \delta (a_3 - a_2) + \sin \varphi \sin \delta (c_3 - c_2)} + \frac{\sin \psi_1 \cos \delta (b_3 - b_2)}{\cos \varphi \cos \delta (a_3 - a_2) + \sin \varphi \sin \delta (c_3 - c_2)} \right) ; \\ \alpha_2 = \arctg \frac{\sin \varphi \cos \delta (a_2 - a_1) - \cos \varphi \sin \delta (c_2 - c_1)}{\cos \varphi \cos \delta (a_2 - a_1) + \sin \varphi \sin \delta (c_2 - c_1)} ; \\ \tau_1 = 2 \arctg \frac{B + \sqrt{B^2 + AC}}{A} . \end{array} \right. \quad (6)$$

де a, b, c — коефіцієнти, які залежать від певного моменту часу (однакові індекси означають один момент часу), а коефіцієнти A, B, C визначають положення поверхні перед і після переорієнтації.

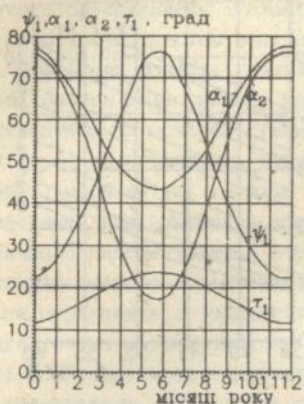


Рис.2. Оптимальне просторове положення колектора при потрібній дискретній орієнтації

енергії, яка може поступати на поверхні різної орієнтації, знайдено коефіцієнти ефективності кожного способу орієнтації (рис.3). Найдоцільнішою визнана потрібна дискретна орієнтація, яка при мінімальних експлуатаційних затратах дозволяє отримати до 93... 95 % від тієї максимально можливої енергії, яка надходить на постійно стежний колектор.

У четвертому розділі описується дослідна установка для перевірки адекватності математичної моделі дискретної орієнтації дійсному стану. Для цього була розроблена спеціальна методика проведення порівняльних випробувань дискретно і стаціонарно встановлених колекторів. При по-

Для розв'язку системи нелінійних рівнянь був розроблений алгоритм, результати обчислень за яким для місцевості 50° пн. ш. подані на рис.2, а для території Європи і колишнього СРСР - на рис.4.

При розрахунках геліосистем було звернено увагу, що в області оптимальних величин сума енергії, яка надходить на колектор, майже не змінюється при відхиленні кута положення від оптимального. Тому була оптимізована робота установки в залежності від сезонності роботи. З розрахованої кількості максимального надходження сонячної

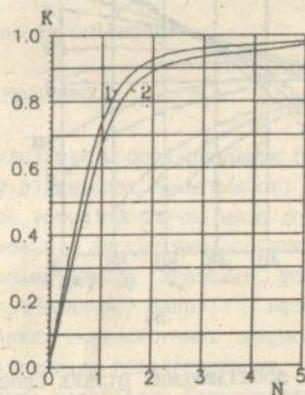
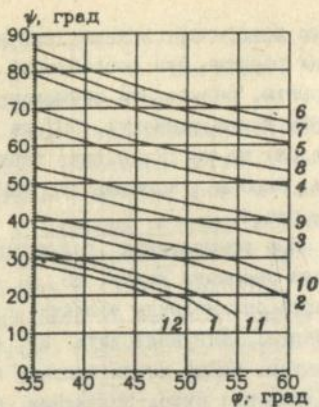
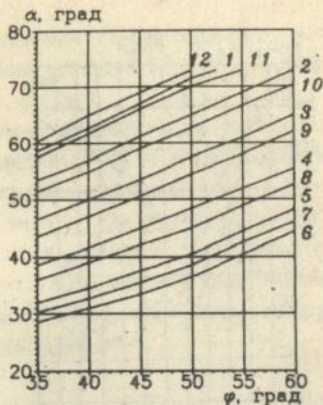


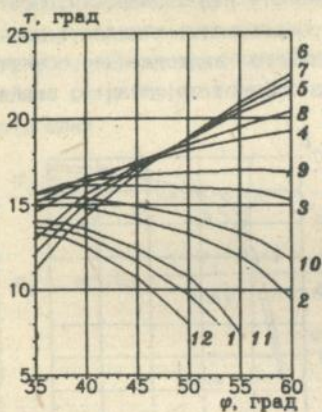
Рис.3. Коефіцієнт ефективності N -разової дискретної орієнтації при роботі системи протягом 1 - року; 2 - літнього сезону.



а)



б)



в)

Рис. 4.

Оптимальні кути положення колектора потрібної дискретної орієнтації для місцевостей, розташованих між 35° та 50° пн. ш.

- а) оптимальний азимут повороту колектора;
- б) оптимальний кут нахилу до горизонту;
- в) оптимальний час переорієнтації.

1...12 - місяці року.

рівняючих дослідження різних способів орієнтації була доведена правильність розроблених теоретичних положень оптимальності просторового розташування та ефективності дискретного способу орієнтації колекторів. Результати експериментального дослідження дали добре погодження з розрахунковими даними (рис.5), що стало основою

подальшого вивчення впливу дискретного орієнтування колекторів на роботу геліосистем в цілому.

В п'ятому розділі розглядається робота геліосистем теплопостачання. На основі стандартних графіків споживання теплової енергії проводиться ув'язка їх з графіками надходження енергії сонячного випромінювання від колекторів змінної орієнтації, а також порівняння з аналогічними результатами, отриманими при роботі геліосистем із стаціонарними колекторами. Наводяться конкретні приклади використання дискретного способу орієнтації, в тому числі розглядається продуктивність системи при взаємному затіненні колекторів один одним, економічна та екологічна ефективність впровадження дискретного способу орієнтації.

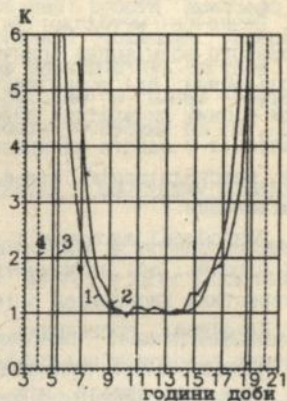


Рис.5. Коефіцієнт ефективності потрібної дискретної орієнтації

- 1 - теоретичний розрахунок;
- 2 - експериментальні дані;
- 3 - час освітлення колектора південної орієнтації;
- 4 - час сходу (заходу) Сонця.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз поставленої у дисертаційній роботі проблеми створення простого і економічного способу підвищення ефективності геліосистем теплопостачання, показав, що існує практично мало досліджена область геліотехніки, яка пов'язана з дискретним орієнтуванням сонячних колекторів. Дискретне орієнтування дозволяє розширити рамки застосування екологічно чистої сонячної енергії у низько- та у деяких випадках середньопотенційних геліосистемах енергопостачання і створити новий напрям орієнтованих геліоустановок.

2. На основі обробки статистичних матеріалів багаторічних актинометричних спостережень сформульовані принципи вибору вихідних даних для теоретичних досліджень і розроблені кореляційні залежності надходження прямої сонячної радіації на площини різної орієнтації.

ентації, які лягають в основу оптимізаційних розрахунків геліосистем.

3. Визначені методологічні принципи вибору оптимальних рішень просторового розміщення сонячного колектора та проведені теоретичні дослідження, які дозволяють визначити оптимальну його орієнтацію при різних дискретних положеннях, а також оптимальний час переорієнтації з одного дискретного положення на наступне, беручи за основу максимізацію кількості поглиненої енергії сонячного випромінювання.

4. Розроблені алгоритм і програма розрахунку системи нелінійних рівнянь, які визначають оптимальні просторові та часові характеристики дискретної орієнтації.

5. На основі проведених розрахунків оптимізована кількість дискретних поворотів геліоколектора і встановлено, що на території, яка знаходиться між 35 та 60° пн. ш., найдоцільнішою є потрібна дискретна орієнтація, яка дозволяє отримати до $93...95\%$ енергії від тієї максимально можливої, яка надходить на постійно стежний за Сонцем приймач сонячної енергії.

6. Досліджені та знайдені залежності продуктивності геліосистеми від частоти коректування кутів положення, які дозволяють оптимізувати роботу системи за місяць, квартал, сезон, рік.

7. Розроблена методика визначення впливу взаємного розташування та затінення дискретно орієнтованих сонячних колекторів при розміщенні їх на площині обмежених розмірів на роботу геліосистеми.

8. На основі розроблених теоретичних основ дискретного орієнтування створена математична модель роботи геліосистем теплопостачання зі змінноорієнтованими сонячними колекторами. Проведена ув'язка роботи таких систем теплопостачання з роботою споживача, характеристиками об'єкту споживання енергії, показані економічна та експлуатаційна переваги дискретного способу орієнтування в порівнянні зі стаціонарним, який використовується для виробництва низькопотенційного тепла.

9. Розроблена методика експериментальних випробувань колекторів з різною кількістю орієнтованих положень, в результаті дослідження якої перевірена правильність запропонованої теоретичної математичної моделі розрахунку геліосистем з дискретним способом орієнтації сонячних колекторів.

10. В результаті виконаної дисертаційної роботи доказано, що застосування дискретного способу орієнтації сонячних колекторів дозволяє на 30...35% підняти економічну ефективність системи теплопостачання за рахунок зменшення на 30...40 % площі геліополя при одночасному продовженні терміну роботи установки на 15...20 %.

Основний зміст дисертації опублікований в наступних роботах:

1. Шнерх А.С., Щербатюк Б.И. Установка для испытания солнечных коллекторов. // Вестн. Львов. политехнич. ин-та, № 227: Теплоэнергетич. системи и устройства. Львов, 1988, с. 69-70.

2. Шнерх А.С., Щербатюк Б.И. Ориентация гелиоприемников по Солнцу. // Исследование процесса рационального использования топливно-энергетических ресурсов в системах теплогазоснабжения и вентиляции. Дес. УкрНИНТИ № 289 - Ук 88, К., 1988, с. 14-20.

3. Способ ориентации гелиоустановок на Солнце. / А.С. Шнерх. А.с. № 1490398 СССР. Б.И. № 24, 1989.

4. Шнерх А.С., Данылкив Е.И. Эффективность ориентации солнечных коллекторов. // Вестн. Львов. политехнич. ин-та, № 237: Теплоэнергетич. системи и устройства. Львов, 1989, с. 63-64.

5. Шнерх А.С. Определение прихода прямой солнечной радиации при оптимизационных расчетах гелиосистем. // Строит. материалы, изделия и санит. техника. Вып. 12. К.: Будівельник, 1989, с. 110-113.

6. Шнерх А.С. Усовершенствование гелиосистем за счет ориентации солнечных коллекторов. // Осн. направления и опыт использования солнечной энергии в народном хозяйстве. Карши, 1988, с. 86-87.

7. Шнерх А.С., Остапущенко П.Г. Оптимизационные расчеты гелиосистем с дискретным способом ориентации солнечных коллекторов. Деп. в УкрНИНТИ № 935 - Ук 90, 12 с.

8. Система солнечного теплоснабжения. / А.С. Шнерх, Е.П. Легкун, В.В. Мойсеенко, С.В. Смирнов. А.с. № 1661548 СССР, Б.И. № 25, 1991.

9. Шнерх О.С., Щербатюк Б.И. Экспериментальне дослідження ефективності дискретного способу орієнтації сонячних колекторів. // Вісн. Львів. політехніч. ін-ту, № 266: Теплоенергетич. системи та пристрої. Львів, 1992, с. 81-83.

10. Использование дискретного способа ориентации солнечных коллекторов на территории Украины. / А.С. Шнерх, Е.П. Легкун, В.В. Мой-

сеєнко и др. // ВНИИЭСМ. Сер. 10. Промышленность отопительного и санитарно-технического оборудования. М.-К., 1992, с. 35-41.

11. Рабинович М.Д., Шнерх А.С. Расчет солнечной радиации, падающей на коллектор с изменяющейся ориентацией. // Гелиотехника, 1992, № 3.

12. Шнерх О.С. Сезонна робота геліосистем з дискретним орієнтуванням колекторів. // Вісн. Держ. ун-ту "Львівська політехніка", № 273: Теплоенергет. системи та пристрої. Львів, 1993, с. 59-61.

13. Шнерх О. Геліосистеми гарячого водопостачання будинків з дискретно орієнтованими колекторами. / Zeszyty naukowe politechniki Rzeszowskiej. Nr. 116. Budownictwo i inżynieria środowiska. Z. 21. III Rzeszowsko-Lwowskie sympozjum n.-t. Problemy budownictwa i inżynierii środowiska. Cz. II. Inżynieria Środowiska. Rzeszów, 1993, s. 107-112.

14. Шнерх О.С. Режимы работы сезонной системы гелиотеплопостачання при стаціонарній і змінній орієнтації колекторів. // Вісн. Держ. ун-ту "Львівська політехніка": Теплоенергетич. системи та пристрої. У друці.

ОСНОВНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

k - коефіцієнт ефективності дискретного способу орієнтації сонячних колекторів; $S_0, S_{\alpha}, S_{\delta}$ - інтенсивність прямої сонячної радіації на довільну, перпендикулярну до сонячних променів поверхні та опівдні, Вт/м²; ΣS - добова сума прямої сонячної радіації, (Вт·доб)/м²; i - кут падіння променів на колектор, град; α - кут нахилу колектора до горизонту, град; δ - схилення Сонця, град; τ - годинний кут певного моменту часу, град (рад); τ_s - час заходу чи сходу Сонця, град (рад); ϕ - географічна широта місцевості, град; ψ - азимут колектора, град.

Дисертант

О.С. Шнерх

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

157366

Підп. до друку 10.05.94. Формат 60x84^I/16
Папір друк. № 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 1
Умовн. фарб.-відб. Умовн. видав. арк. 0.93
Тираж 100 прим. Зам. 370. Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-13, Ст. Бандери, 12

Дільниця оперативного друку ДУЛП
Львів, вул. Городоцька, 286

457366

AB 30.099

AB 30.099