

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

**"Випробовування сонячного колектора"**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи курсу

"Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії"

Київ  
„Політехніка”  
2004



Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

**"ВИПРОБОВУВАННЯ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА"**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи з курсу

**"Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії"**

для студентів спеціальностей:

„Енергетичний менеджмент”,

„Електротехнічні системи електроспоживання”,

„Екологія та охорона навколишнього середовища”,

„Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв”.

Затверджено Методичною радою НТУУ „КПІ”

Київ  
„Політехніка”  
2004

Випробування сонячного колектора:

Метод. вказівки до виконання лабораторної роботи з курсу „Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії” для студ. спец. „Енергетичний менеджмент”, „Електротехнічні системи електроспоживання”, „Екологія та охорона навколишнього середовища”, „Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв” / Уклад: В.І.Дешко, В.В.Дубровська, Шкляр В.І., М.М.Кучко – К.: ІВЦ, Видавництво”Політехніка”, 2004.- с.

Гриф надано Методичною радою НТУУ „КПІ”

( Протокол №        від        2004 р.)

Укладачі:            В.І. Дешко, д-р техн. наук, проф.  
                              В.В.Дубровська, канд. техн. наук, доц.  
                              В.І. Шкляр, канд. техн. наук, доц.  
                              М.М. Кучко

Відповідальний

Редактор             І.Л . Шилович

Рецензент            Т.О. Ринкова

## ВСТУП

Методичні вказівки до лабораторної роботи містять такі структурні елементи:

- мету та основні завдання роботи;
- основні теоретичні відомості;
- опис експериментальної установки;
- заходи безпеки під час виконання лабораторної роботи;
- послідовність і рекомендації щодо виконання роботи;
- обробка експериментальних даних;
- контрольні запитання;
- список рекомендованої літератури;
- додаток з прикладом побудови графічних залежностей.

Послідовність виконання роботи складається з трьох етапів. На першому етапі необхідно підготуватись до проведення експерименту, вивчивши та занотувавши основні положення інструкції до лабораторної роботи (скласти протокол). Оформлений таким чином протокол, а також чітке усвідомлення мети роботи та послідовність її виконання, що перевіряється за контрольними запитаннями, свідчить про можливість переходу до другого етапу роботи.

Другий етап роботи виконують у лабораторії відповідно до робочого завдання. Після цього етапу необхідно оформити звіт за результатами експерименту.

Третій етап передбачає:

- обробку експериментальних даних, отриманих в результаті проведення досліджень (всі розрахунки мають бути наведені у звіті, а графічні залежності – побудовані за допомогою програми EXEL);
- аналіз результатів проведеної роботи та основні висновки.

Захист виконаної роботи та повністю оформленого звіту про лабораторну роботу здійснюють під час співбесіди з викладачем, який з'ясовує наскільки усвідомлено й самостійно працював студент.

## 1. Мета та основні завдання роботи

Мета роботи – закріпити знання отримані в процесі вивчення курсу, ознайомитися з методикою проведення спостережень, вивчити принцип роботи сонячної системи гарячого теплопостачання на практиці, одержати експериментальні характеристики сонячної установки.

Основні завдання роботи:

1. Експериментально дослідити вплив сумарної сонячної радіації на температури: на колекторі, теплоносія і гарячої води; на кількість отриманої та спожитої сонячної енергії для селективного і неселективного колекторів.
2. Визначити кількість спожитої гарячої води та теплоносія, їх температуру та енергію за визначений проміжок часу для кожного колектора.
3. Визначити кількість отриманої сонячної енергії з одного квадратного метра поверхні кожного колектора.
4. Визначити ККД селективного і неселективного колекторів.
5. Проаналізувати одержані результати та зробити основні висновки щодо лабораторної роботи.

## 2. Основні теоретичні відомості

У зв'язку з виснаженням світових запасів корисних копалин – вугілля, нафти, природного газу і погіршенням екологічної ситуації у світі, виникає необхідність пошуку нових джерел енергії. Альтернативою традиційним джерелам енергії є нетрадиційні і поновлювані джерела енергії (НПДЕ). Останнім часом найбільш швидкими темпами розвивається використання сонячної енергії.

Сонце щосекунди випромінює  $12 \cdot 10^{20}$  кВт·г теплоти, що еквівалентно  $1,25 \cdot 10^{16}$  т у.п. На Землю потрапляє частина цієї енергії – близько,  $1 \cdot 10^{18}$  кВт·г на рік. Це майже в 10000 разів більше світового споживання енергії і приблизно у 100 разів більше енергії всіх розвіданих паливних копалин на Землі.[1,2]

Величина сонячної радіації в значній мірі залежить від астрономічних і

метеорологічних факторів – висоти Сонця над горизонтом, тривалості дня, хмарності, вологості і прозорості атмосфери; від географічної широти..

Сумарна сонячна радіація складається з прямої і розсіяної. Пряма сонячна радіація – це частина сонячної енергії, яка безпосередньо досягає поверхні Землі з видимого сонячного диску. Розсіяна або дифузна сонячна радіація – це сонячна енергія, яка поглинається атмосферою і лише після цього у розсіяному вигляді досягає поверхні Землі.

Для вимірювання сонячної радіації, яка поступає на горизонтальну поверхню, використовуються різні прилади, серед яких найбільш розповсюдженими являються піранометри та піргеліометри.

Існує два основні напрями використання сонячної енергії: перетворення сонячної енергії в електричну і сонячне теплопостачання.

Найбільш освоєним являється використання сонячної енергії для забезпечення потреб у тепловій енергії.

Системи сонячного теплопостачання можна поділити на пасивні і активні. Більш простими і дешевими являються пасивні системи, які для збирання і розподілу сонячної енергії використовують архітектурні і будівельні елементи будови і не потребують додаткового обладнання. Частіше такі системи мають в своєму складі зачернену стіну будівлі, яка обернена на південь, на деякій відстані від якої розташоване прозоре покриття [3].

Активні сонячні установки будуються на основі сонячних колекторів (СК) з циркуляцією теплоносія. Вибір, склад і компановка елементів активної системи сонячного теплопостачання в кожному конкретному випадку визначаються кліматичними факторами, типом об'єкту, режимом теплоспоживання, економічними показниками. Системи гарячого теплопостачання можуть бути одно-, дво- і багатоконтурними з природною (термосифонною) або примусовою циркуляцією [4].

Основним елементом цих систем є сонячний колектор. Інші елементи, які використовуються в таких системах, такі як теплообмінні пристрої, акумулюю-

ри, дублюючі джерела теплоти, сантехнічна арматура, широко використовуються у промисловості.

Принциповою особливістю СК є здатність уловлювати як пряму променисту енергію, так і розсіяну. Найбільш простою моделлю СК є плоский колектор, який являє собою теплоізований знизу і з боків ящик. В його середині розміщена теплосприймаюча металева або пластикова панель з каналами – абсорбер, де циркулює теплоносії. Для зменшення теплових втрат з поверхні абсорбера його ізовують спеціальним геліосклом з боку сонця.

Пластину абсорбера фарбують у чорний колір. Сонячне світло проходить крізь скло і потрапляє на цю пластину, яка нагрівається, перетворюючи сонячне випромінювання у теплову енергію. Це тепло передається теплоносію у трубках. Такі абсорбери мають назву неселективних.

Оскільки більшість чорних поверхонь всеж таки відбиває приблизно 10% падаючого випромінювання, то деякі абсорбери покривають спеціальним селективним покриттям, яке краще утримує поглинену сонячну енергію.

Селективне покриття складається з тонкої плівки фільтру (наприклад, чорний хром або нікель, титан), нанесеної на металеву основу. Такі покриття характеризуються високою поглинаючою здатністю у видимій області спектру і низьким коефіцієнтом випромінювання в інфрачервоній області. Поглинаючі пластини, зазвичай, виготовляють з металу, який добре проводить тепло (частіше мідь чи алюміній), щоб з мінімальними тепловтратами передавати теплоносію накопичену енергію.

За кліматичними умовами Україна відноситься до регіонів із середньою інтенсивністю сонячної радіації. Кількість сонячної енергії, що надходить на одиницю площі протягом року, складає тут 1000-1350 кВтг/м<sup>2</sup>.

В НТУУ «КПІ» в Інституті енергозбереження і енергоменеджменту в рамках проекту INCO COPERNICUS “DEMO-SOLAR EAST-WEST” ICOP 4091/98 у 2000 році були встановлені дві активні системи сонячного теплопостачання з колекторами селективного і неселективного типу.



### 3.Опис експериментальної установки

Основними елементами кожної експериментальної установки є сонячний колектор селективний ( неселективний) і бак-акумулятор.

На рис.1 показано принципову схему двоконтурної системи сонячного теплопостачання. Первинний(сонячний) контур, в якому циркулює теплоносій (поліпропіленгліколь) включає в себе такі основні елементи: СК, циркуляційний насос і бак-акумулятор з теплообмінником. Вторинний контур – це контур води, яка рухається в баці-акумуляторі і де їй через теплообмінник передається сонячна енергія накопичена теплоносієм у первинному контурі.

Сонячні промені, що проходять крізь геліоскло сонячного колектора 1, нагрівають мідні трубки абсорбера, у яких циркулює теплоносій. Температура абсорбера при цьому може досягати  $150^{\circ}\text{C}$  для неселективного СК і  $200^{\circ}\text{C}$  для селективного. При різниці температур між температурою теплоносія і води у нижній частині бака, що перевищує встановлене значення регулятора, автоматично включається циркуляційний насос 5. Сонячна енергія, сприйнята теплоносієм, передається воді за допомогою теплообмінника 9 бака-акумулятора 3. За рахунок природної конвекції нагріті шари води піднімаються у верхню частину бака-акумулятора, де і відбувається водозабір. При перевищенні температури води у верхній частині бака-акумулятора встановленої на регуляторі, система автоматики (блок2) відключає циркуляційний насос 5.

При нагріванні теплоносій розширюється і для запобігання збільшення тиску в замкненому контурі передбачена розширювальна посудина 4. Вона являє собою закриту посудину, повітряний об'єм якої відділений від рідинного (теплоносій) мембраною. Тиск у повітряному об'ємі посудини встановлюється на рівні 0,15 МПа.

Зворотній клапан 6 запобігає рециркуляції теплоносія. У системі передбачене додаткове джерело енергії для нагрівання води – теплообмінник 7 від системи центрального теплопостачання на випадок недостатньої кількості соняч-

ної енергії. Запірна арматура 8 служить для заповнення сонячного контуру теплоносієм.

Коротка характеристика системи сонячного теплопостачання:

Селективна установка:

Загальна площа поверхні колектора – 8,4 м<sup>2</sup>, робоча площа поверхні абсорбера – 7,7 м<sup>2</sup>.

TiNOX-абсорбер з пучком паралельних труб, селективне покриття TiNOX (коефіцієнт поглинання – 0,95; коефіцієнт випромінювання - 0,05)

Бак – акумулятор з вбудованим теплообмінником, теплоізолюваний шаром пінополіуретану товщиною 7см з подвійним емальованим покриттям і місткістю 500 літрів. Установка обладнана системою автоматики.

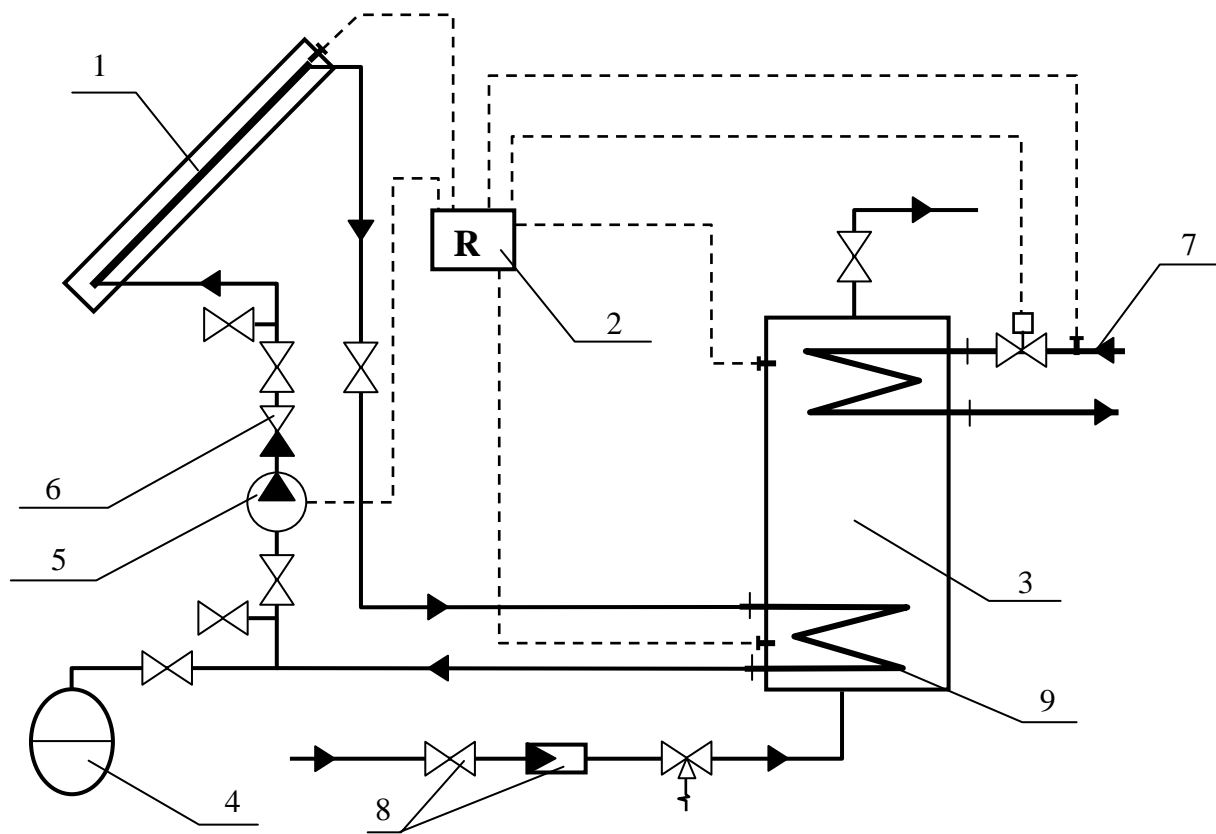


Рис.1 Принципова схема двоконтурної системи сонячного гарячого теплопостачання з примусовою циркуляцією й абсорбером неселективного типу

1 – сонячний колектор; 2 – блок керування; 3 - бак-акумулятор; 4 - розширювальна посудина; 5 -циркуляційний насос; 6 – зворотній клапан; 7 – додаткове джерело енергії – теплоцентраль; 8 - запірна арматура, 9- теплообмінник.

#### Неселективна установка:

Загальна площа поверхні колектора – 10,5 м<sup>2</sup>, робоча площа поверхні абсорбера – 9,54 м<sup>2</sup>.

Мідний абсорбер типу “змійовик”, покритий сонячним лаком M40Li (коефіцієнт поглинання – 0,95; коефіцієнт випромінювання - 0,86).

Бак – акумулятор з нержавіючої сталі з вбудованим теплообмінником місткістю 480 літрів, також теплоізолюваний шаром пінополіуретану товщиною 7см. Система має автоматичне регулювання.

Система із селективним абсорбером має аналогічну схему. В обох системах передбачений догрів води за рахунок теплоцентралі. Колектори встановлені під кутом 45° до горизонту з орієнтацією на південь. Температура води в баці-акумуляторі контролюється системою автоматики і регулюється за рахунок зміни числа обертів насоса. Кожна установка обладнана приладами для виміру температури, витрати теплоносія і гарячої води і теплотічильниками. Визначення теплоти, отриманої в колекторі і відданої споживачам гарячої води, проводиться за наведеними нижче формулами.

#### **4. Заходи безпеки під час виконання лабораторної роботи**

1. До виконання лабораторної роботи на установці допускаються лише студенти, що ознайомилися з методичними вказівками та правилами безпеки, підготували протокол до лабораторної роботи.

2. До одночасної роботи на установці допускається не більше п'яти студентів.

3. Дослідження проводяться лише під наглядом викладача чи лаборанта.

4. Категорично заборонено самостійно переключати систему автоматики, працювати з клапанами.

5. У разі виникнення найменших неполадок необхідно терміново повідомити про це викладача.

## 5. Порядок і рекомендації щодо виконання лабораторної роботи

Лабораторна робота передбачає проведення дослідів двох видів: щоденні на протязі 8 годин і добові на протязі місяця на селективному і неселективному колекторах.

При щоденних іспитах фіксуються наступні параметри:

### а) у первинному контурі:

$T_k$  – температура на поверхні колектора,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{гл}}^{\prime}$ ,  $T_{\text{гл}}^{\prime\prime}$  – температура поліпропіленгліколя на вході і на виході з бака-акумулятора,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$E_{i \text{ гл}}$  – поглинена перетворена сонячна енергія, кВт·г;

$V_{i \text{ гл}}$  – об'єм поліпропіленгліколя,  $\text{м}^3$ ;

### б) у вторинному контурі:

$E_{i \text{ гв}}$  – спожита енергія гарячої води, кВт·г;

$T_{\text{хв}}$  – температура холодної води,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{гв}}$  – температура гарячої води,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{о.с.}}$  – температура повітря оточуючого середовища,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$V_{i \text{ хв}}$  – об'єм холодної води,  $\text{м}^3$ ;

$V_{i \text{ гв}}$  – об'єм гарячої води,  $\text{м}^3$ .

$T_{\text{б}}^{\text{в}}$  – температура в верхній частині бака;

$T_{\text{б}}^{\text{н}}$  – температура в нижній частині бака

Експериментальні дані заносяться в таблиці (див. Додаток 1) відповідно для неселективного і селективного колекторів. Дані спостережень можуть бути отримані за допомогою ручних вимірів або за допомогою системи автоматичного моніторингу на базі ІТЕК.

Аналогічно щоденним проводяться добові дослідження, що, виконуються на протязі 8-ми годин з інтервалом у 10-15 хв. і отримані експериментальні дані заносяться в таблицю.

У роботі використовуються наступні дані, отримані з гідрометеослужби:

сумарна сонячна радіація, температура повітря (максимальна, мінімальна і середня за добу), рівень хмарності, тривалість сонцестояння.

## 6. Обробка експериментальних даних

На підставі отриманих експериментальних даних студенти заповнюють рядки таблиці, що залишилися порожніми, у програмі EXCEL за наступною методикою:

*Первинний контур:*

Поглинена перетворена сонячна енергія  $E_{\text{гл}}$  визначається за формулою:

$$E = E_{i+1} - E_1, \quad (1)$$

де  $E_1$  - показання лічильника на початок дослідження, кВт·г;

$E_{i+1}$  - показання лічильника на кінець визначеного проміжку часу, кВт·г ;

Середній потік поглиненої перетвореної сонячної енергії  $E_{\tau \text{ гл}}$  за визначений проміжок часу  $\Delta\tau$  ( наприклад, за 15 хвилин або за добу) розраховується за наступною формулою:

$$E_{\tau} = (E_{i+1} - E_i) / \Delta\tau, \quad (2)$$

Густина поглиненої перетвореної енергії розраховується за наступною залежністю:

$$q = \frac{E_{\tau}}{S}, \quad (3)$$

де  $S$  – робоча площа поверхні колектора, м<sup>2</sup>.

Середня витрата теплоносія  $V_{\tau \text{ гл}}$ , який протікає через колектор за проміжок часу  $\Delta\tau$  визначається співвідношенням:

$$V_{\tau} = (V_{i+1} - V_i) / \Delta\tau, \quad (4)$$

де  $V_{i+1}, V_i$  ( м<sup>3</sup>) – показання лічильника на кінець і на початок визначеного проміжку часу відповідно.

*Вторинний контур:*

Спожита енергія гарячої води  $E_{\text{гв}}$ , середній потік спожитої енергії гарячої води  $E_{\tau \text{ гв}}$ , середні витрати гарячої  $V_{\tau \text{ гв}}$  та холодної  $V_{\tau \text{ хв}}$  води визначаються як

різниця показів відповідних лічильників на початок і на кінець визначеного проміжку часу за формулами (1), (2) та (4).

При розрахунках за рівняннями (1), (2), (3) та (4) необхідно застосовувати позначення з відповідними індексами (див.п.5 і Додаток 1).

Після заповнення таблиці необхідно побудувати наступні залежності в програмі EXCEL для кожної установки (варіант побудови графіка 2 наведено в Додаток 2):

- 1) Залежність температури поліпропіленгліколя на вході і виході, поглиненої перетвореної сонячної енергії і витрати поліпропіленгліколя від часу;
- 2) Залежність температури води на вході та виході з колектора, спожитої енергії гарячої води та витрати води від часу;
- 3) Залежність поглиненої перетвореної сонячної енергії та спожитої накопиченої енергії гарячої води за період проведення дослідження від часу;
- 4) Температури води в нижній і верхній частині бака, витрати гарячої води та поглиненої перетвореної сонячної енергії від часу на протязі 8 годин.
- 5) Залежність температури на колекторі, максимальної і мінімальної температур повітря та TSR від часу.

Отриманим експериментальним залежностям необхідно дати логічне пояснення.

#### *Розрахунок ККД установки*

ККД установки визначають за наступною залежністю [1]:

$$\eta_k = \eta_0 - K \frac{\Delta t}{TSR_\alpha}$$

де  $\eta_0 = \tau\alpha$  – приведена оптична характеристика колектора;

$\tau$ -коефіцієнт пропускання;  $\alpha$ - коефіцієнт поглинання.

Приймаємо  $\eta_0=0,85$  для колектора, який має одношарове застелення, згідно з [ 5 ].

$$\Delta t = t_1 - t_0 ,$$

де  $t_0$  – середня температура навколишнього середовища;

$t_1$  – температура теплоносія на вході в абсорбер ;

$K$  – повний коефіцієнт тепловтрат колектора, приймається рівним  $5 \text{Вт/м}^2\text{К}$

[ 6 ] або розраховується за формуло [7]:

$$K \approx 4,66 + 0,22w,$$

де  $w$  – швидкість повітря, [м/с], яка вимірюється термоанімометром.

$\text{TSR}_\alpha$  – сумарна сонячна радіація, що надходить на поверхню колектора;

$\text{TSR}_\alpha$  може визначатися за допомогою піранометра або розраховуватись за формулою [6]:

$$\text{TSR}_\alpha = P_S I_S + P_D I_D,$$

де  $\alpha$  – кут нахилу поверхні колектора до горизонту

$I_S$  – інтенсивність прямої сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню,  $\text{Вт/м}^2$ .

$I_D$  – інтенсивність розсіяної сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню,  $\text{Вт/м}^2$ .

$P_S, P_D$  - коефіцієнти положення сонячного колектора для прямої і розсіяної радіації відповідно.

Коефіцієнт положення сонячного колектора для прямої радіації визначають за наступною залежністю:

$$P_D = \cos^2 \frac{\alpha}{2}$$

Коефіцієнт положення сонячного колектора для розсіяної радіації визначається за таблицею (див. Додаток 3) в залежності від місяця року, кута нахилу колектора до горизонту і широти місцевості. Для Києва прийняти широту  $50^\circ$

Значення  $I_D$  та  $I_S$  отримують з гідрометеоцетру.

При оформленні протоколу лабораторної роботи потрібно дати пояснення кожному графіку і зробити висновки по роботі в цілому.

Викладач може давати окремим студентам індивідуальні завдання. Короткий приклад оформлення роботи приведений у додатку.

## ***7. Контрольні запитання***

- 1) Які типи колекторів ви знаєте?
- 2) Розповісти коротко про конструкцію найпростішого плоского колектора і принцип його роботи.
- 3) Що таке абсорбер?
- 4) Які методи і типи покриття абсорбера застосовуються?
- 5) Які типи активних сонячних систем ви знаєте?
- 6) За допомогою чого і як регулюється робочий процес?
- 7) У чому відмінність між принциповими схемами селективної і неселективної установки?
- 8) У чому відмінність селективного покриття від неселективного? Дайте визначення селективному покриттю?
- 9) Що є найпростішим селективним покриттям?
- 10) Керуючись якими принципами варто вибирати об'єм резервуара?
- 11) Які теплоносії можуть використовуватися в первинному контурі і з чим це пов'язано?
- 12) Які функції безпеки передбачені в системі?
- 13) Які інші способи використання сонячної енергії ви знаєте? Наведіть приклади (бажано реальних об'єктів на території України).
- 14) З чим зв'язана установка колектора під кутом  $45^\circ$  до горизонту з орієнтацією на південь?
- 15) Яка радіація буває?
- 16) Показати як залежить ККД колектора від його розташування.



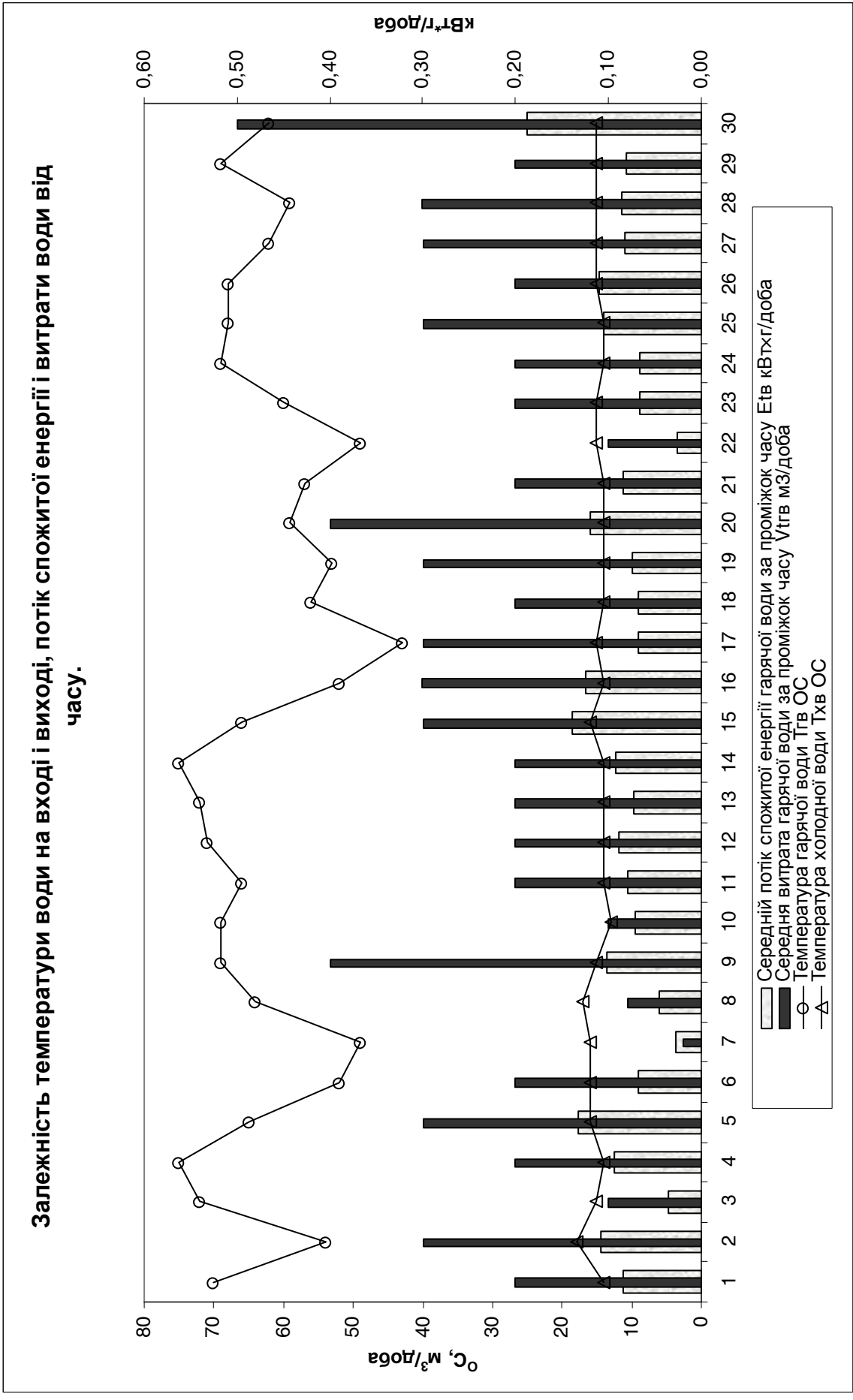
## Література:

1. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К.: Наукова думка, 1999. - 315с
2. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наукова думка, 2002.- 413с.
3. Мхитарян Н.М. Гелиотехника. Системы, технологии, применение. – К.: Наукова думка, 2002. - 313с.
4. У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоиздат,1982. – 80с.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки.- М.: Энергоатомиздат, 1991.-208 с.
6. ВСН 52-86. Установки горячего водоснабжения. Нормы проектирования. // Ферт А.Р., Рабинович М.Д., Хаванский В.М. – М.: Стройиздат, 1988. – 16с.
7. Валов М.И., Казанджан Б.И. Системы солнечного теплоснабжения.- М.: Изд-во МЭИ, 1991.- 140 с.

# ДОДАТКИ

## Додаток 1

Вид установки (коллектора)					
Площа колектора					
Дата					
Погода					
Час проведення експерименту		г			
<b>Первинний контур</b>					
Температура колектора	$T_k$	$^{\circ}\text{C}$			
Температура теплоносія на вході в бак	$T_{\text{гл вх}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Температура теплоносія на виході з баку	$T_{\text{гл вих}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Поглинена перетворена сонячна енергія за лічильником	$E_{\text{ігл}}$	кВт·г			
Поглинена перетворена сонячна енергія за період дослідження	$E_{\text{гл}}$	кВт·г			
Середній потік поглиненої перетвореної сонячної енергії за проміжок часу	$E_{\tau_{\text{гл}}}$	кВт·г/доба			
Густина поглиненої перетвореної сонячної енергії	$q$	кВт/м <sup>2</sup>			
Об'єм пропіленгліколя за лічильником	$V_{\text{гл}}$	м <sup>3</sup>			
Середня витрата пропіленгліколя за проміжок часу	$V_{\tau_{\text{гл}}}$	м <sup>3</sup> /доба			
<b>Вторинний контур</b>					
Спожита енергія гарячої води за лічильником	$E_{\text{ів}}$	кВт·г			
Спожита енергія гарячої води за період дослідження	$E_{\text{в}}$	кВт·г			
Середній потік спожитої енергії гарячої води за проміжок часу	$E_{\tau_{\text{в}}}$	кВт·г/доба			
Об'єм гарячої води за лічильником	$V_{\text{гв}}$	м <sup>3</sup>			
Середня витрата гарячої води за проміжок часу	$V_{\tau_{\text{гв}}}$	м <sup>3</sup> /доба			
Температура гарячої води	$T_{\text{гв}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Температура холодної води	$T_{\text{хв}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Температура в нижній частині бака	$T_{\text{б}}^{\text{н}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Температура в верхній частині бака	$T_{\text{б}}^{\text{в}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Об'єм холодної води за лічильником	$V_{\text{хв}}$	м <sup>3</sup>			
Середня витрата холодної води за проміжок часу	$V_{\tau_{\text{хв}}}$	м <sup>3</sup> /доба			
Середня температура повітря	$T_{\text{пов}}^{\text{ср}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Максимальна температура повітря	$T_{\text{пов}}^{\text{мак}}$	$^{\circ}\text{C}$			
Мінімальна температура повітря	$T_{\text{пов}}^{\text{мін}}$	$^{\circ}\text{C}$			
TSR		кВт·г/м <sup>2</sup>			



## Додаток 3.

α	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Широта місцевості 40 <sup>0</sup>												
25	1,76	1,49	1,3	1,13	1,04	1	1,01	1,08	1,22	1,4	1,66	1,85
40	2,24	1,72	1,36	1,11	0,97	0,9	0,93	1,03	1,24	1,55	2,03	2,45
55	2,46	1,79	1,33	1,03	0,86	0,78	0,81	0,94	1,17	1,56	2,18	2,72
90	2,3	1,48	0,91	0	0	0	0	0	0,89	1,37	2,5	3,63
Широта місцевості 45 <sup>0</sup>												
30	2,14	1,71	1,42	1,19	1,07	1,02	1,04	1,13	1,3	1,56	1,96	2,31
45	2,86	1,99	1,49	1,17	1,00	0,92	0,95	1,08	1,33	1,74	2,47	3,27
60	3,13	2,07	1,45	1,09	0,89	0,8	0,84	0,99	1,26	1,76	2,66	3,64
90	3,04	1,81	0,99	0,71	0	0	0	0	0,89	1,37	2,5	3,63
Широта місцевості 50 <sup>0</sup>												
35	2,77	2,01	1,57	1,27	1,11	1,05	1,08	1,19	1,42	1,79	2,44	3,12
50	4,06	2,38	1,65	1,24	1,04	0,95	0,98	1,33	1,44	2	3,22	5,27
65	4,46	2,47	1,61	1,16	0,93	0,82	0,87	1,04	1,37	2,02	3,47	5,9
90	4,46	2,26	1,3	0,84	0	0	0	0,72	1,06	1,77	3,36	6,04
Широта місцевості 55 <sup>0</sup>												
40	4	2,47	1,79	1,37	1,17	1,09	1,12	1,26	1,56	2,11	3,27	4,91
55	3,37	2,99	1,87	1,34	1,09	0,99	1,03	1,21	1,59	2,38	4,81	5,85
70	9,29	3,11	1,83	1,26	0,98	0,87	0,91	1,11	1,51	2,41	5,2	6,4
90	9,52	2,95	1,57	1	0,73	0	0	0,84	1,26	2,2	5,17	6,45
Широта місцевості 60 <sup>0</sup>												
45	7,53	3,23	2,08	1,49	1,25	1,15	1,19	1,36	1,76	2,59	5,03	14,42
60	8,85	4,11	2,18	1,46	1,16	1,04	1,09	1,3	1,8	2,96	13,71	17,29
75	9,57	4,28	2,13	1,38	1,05	1,92	0,97	1,12	1,7	3,01	15	18,99
90	9,64	4,16	1,92	1,16	0,85	0,74	0,77	1,01	1,52	2,85	15,26	19,29

**Навчальне видання**  
**Випробування сонячного колектора**

Методичні вказівки

До виконання лабораторної роботи з курсу  
„Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії”  
для студентів спеціальностей  
„Енергетичний менеджмент”,  
„Електротехнічні системи електроспоживання”,  
„Екологія та охорона навколишнього середовища”,  
„Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв”.

Укладачі: Дешко Валерій Іванович, д-р, техн. наук, проф..  
Дубровська Вікторія Василівна, к.т.н., доц..  
Шкляр Віктор Іванович, к.т.н., доц..  
Кучко Марія Миколаївна

Редактор  
Коректор  
Комп’ютерна верстка (авторська) Шкляр В.І.

Темплан 2004 р., поз.

