



ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Енергозбереження

**НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ПОНОВЛЮВАНІ
ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ
КОЛЕКТОРИ СОНЯЧНІ ПЛОСКІ**

Методи випробування

ДСТУ 4034–2001

**Київ
ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2001**

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО І ВНЕСЕНО Міждержавним технічним комітетом зі стандартизації № 111, Проблемним інститутом нетрадиційних енерготехнологій та інженерингу Академії будівництва України, АТ «Енергетичний інститут ім. Кржижановського» ПАТ «ЄЕС Росії», Інститутом високих температур Російської Академії наук
- 2 ЗАТВЕРДЖЕНО І ВВЕДЕНО В ДІЮ наказом Держстандарту України від 27 червня 2001 р. № 317
- 3 ВВЕДЕНО ВПЕРШЕ
- 4 РОЗРОБНИКИ: **М. Рабінович**, канд. техн. наук; **А. Ферт**, канд. техн. наук; **Б. Тарніжевський**, д-р техн. наук; **С. Фрід**; **В. Хаванський**, канд. техн. наук; **І. Стоянова**

ЗМІСТ

	с.
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Визначення	2
4 Позначення	2
5 Номенклатура, мета й порядок перевірок	3
6 Оцінювані показники та розрахункові співвідношення	3
7 Методи випробування	4
7.1 Випробування на граничне нагрівання	4
7.2 Випробування на зовнішній тепловий удар	5
7.3 Випробування на внутрішній тепловий удар	5
7.4 Випробування на внутрішній тиск (опресування)	5
7.5 Випробування на вологонепроникність	6
7.6 Динамічне теплове випробування	7
7.7 Випробування для визначення теплової ефективності	8
7.8 Гідравлічне випробування	9
7.9 Випробування на заморожування	10
Додаток А Вимоги до енергетичних характеристик імітатора сонячного випромінювання	11
Додаток Б Схеми підключення сонячного колектора до випробувальних стендів	11
Додаток В Типова форма протоколу випробування	14
Додаток Г Визначення сталої часу сонячного колектора	26

ДСТУ 4034-2001(ГОСТ 30757-2001)
Поправка (ІПС 2-2002) внесена в текст

ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ПОНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ КОЛЕКТОРИ СОНЯЧНІ ПЛОСКІ

Методи випробування

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ КОЛЛЕКТОРЫ СОЛНЕЧНЫЕ ПЛОСКИЕ

Методы испытаний

ENERGY SAVING

NONTRADICIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES FLAT-PLATE SOLAR COLLECTORS

Methods of testing

Чинний від 2002-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт поширюється на не сполучені з акумуляторами тепла плоскі сонячні колектори (далі — СК) з металевою поглинальною панеллю, світлопрозорою верхньою теплоізоляцією чи без неї та рідинним теплоносієм, які використовують у системах з природньою чи примусовою циркуляцією теплоносія для гарячого водопостачання, тепло- чи холодопостачання комунально-побутових, промислових і сільськогосподарських об'єктів.

Цей стандарт установлює номенклатуру та порядок перевірок, яким піддають СК під час приймальних, типових і сертифікаційних випробувань у натурних або лабораторних умовах за допомогою імітатора сонячного випромінювання (далі — ІСВ). Вимоги до енергетичних характеристик ІСВ наведено в додатку А.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі стандарти:

ДСТУ 3193–95 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням

ГОСТ 8.207–76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

ГОСТ 28310–89 Коллекторы солнечные. Общие технические условия

3 ВИЗНАЧЕННЯ

У цьому стандарті, крім наведених у ГОСТ 28310, використовують такі терміни та визначення:

— стала часу СК — проміжок часу, протягом якого температура теплоносія на виході з СК після стрибкоподібної зміни густини сонячного випромінення, що падає на СК, чи температури теплоносія на вході досягне 0,632 від різниці її стаціонарних значень до та після дії.

— коефіцієнт гідравлічного опору СК — параметр, що визначає втрати напору в частках від гідродинамічного тиску, віднесені до швидкості теплоносія в підвідному патрубку СК.

— приведена теплоємність СК — кількість теплоти, необхідна для нагрівання заповненого теплоносієм СК на один градус, віднесена до 1 м^2 його габаритної площі.

— імітатор сонячного випромінення (ІСВ) — джерело випромінення, спектр якого подібний до сонячного.

4 ПОЗНАЧЕННЯ

У цьому стандарті використовують умовні позначення, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 — Умовні позначення та назви величин

Умовне позначення	Назва величини	Одиниця величини
A	Габаритна площа СК	м^2
c_p	Масова теплоємність теплоносія	$\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
c_K	Приведена теплоємність СК	$\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
c_i	Масова теплоємність i -го елемента СК	$\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
F'	Коефіцієнт ефективності поглинальної панелі	—
G	Приведена масова витрата теплоносія	$\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$
ΔP	Втрати напору в СК	Па
E	Густина потоку сумарної сонячної радіації в площині СК	$\text{Вт}/\text{м}^2$
t_a	Температура навколишнього повітря	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{вх}}$	Температура теплоносія на вході СК	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{вих}}$	Температура на виході СК	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{вих}}(T)$	Температура теплоносія на виході СК у момент часу T	$^{\circ}\text{C}$
$t_{\text{ср}}$	Середня температура теплоносія в СК	$^{\circ}\text{C}$
U_L	Загальний коефіцієнт теплових втрат	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
M_i	Приведена маса i -го елемента СК	$\text{кг}/\text{м}^2$
d	Внутрішній діаметр підвідного патрубка	м
V	Швидкість вітру	м/с
T	Час	с
η	ККД сонячного колектора	—
μ	Динамічна в'язкість теплоносія	Па · с
ρ	Густина теплоносія	$\text{кг}/\text{м}^3$
$(\tau\alpha)$	Оптичний ККД СК	—
τ	Стала часу СК	с
ξ	Коефіцієнт гідравлічного опору	—

5 НОМЕНКЛАТУРА, МЕТА Й ПОРЯДОК ПЕРЕВІРОК

5.1 Випробування на граничне нагрівання

Мета випробування — перевірка спроможності СК витримувати без пошкоджень граничні температури, яких він досягає в разі експозиції на сонце без циркуляції теплоносія.

5.2 Випробування на зовнішній тепловий удар

Мета випробування — перевірка спроможності СК витримувати без пошкоджень дію холодної води на розігрітій до граничної температури СК (наприклад, дощ у ясний сонячний день або миття прозорої ізоляції).

5.3 Випробування на внутрішній тепловий удар

Мета випробування — перевірка спроможності СК витримувати без пошкоджень заповнення холодним теплоносієм розігрітої до граничної температури поглинальної панелі (далі – ПП).

5.4 Випробування на внутрішній тиск

Мета випробування — перевірка спроможності ПП протистояти без зруйнування дії тиску теплоносія, що трапляється в практиці експлуатації та який зазначено в паспорті (формулярі, ТУ) на СК.

5.5 Випробування на вологонепроникність

Мета випробування — перевірка захищеності СК від проникнення дощової води всередину.

5.6 Динамічне теплове випробування

Мета випробування — визначення сталої часу СК.

5.7 Випробування для визначення теплової ефективності СК

Мета випробування — визначення основних теплотехнічних характеристик СК:

— добутку оптичного ККД сонячного колектора та коефіцієнта ефективності ПП;

— добутку загального коефіцієнта теплових втрат СК та коефіцієнта ефективності ПП.

5.8 Гідравлічне випробування

Мета випробування — визначення значення гідравлічного опору СК.

5.9 Випробування СК на заморожування

Мета випробування — перевірка спроможності СК витримувати без пошкоджень багаторазове заморожування та відтавання в зимовий період (наприклад, замерзання вночі та прогрівання в сонячний день).

6 ОЦІНЮВАНІ ПОКАЗНИКИ ТА РОЗРАХУНКОВІ СПІВВІДНОШЕННЯ

6.1 Добутки оптичного ККД і загального коефіцієнта теплових втрат на коефіцієнт ефективності ПП ($F' \cdot (\tau\alpha)$ і $F' \cdot U_L$) обчислюють за результатами випробувань визначенням коефіцієнтів з рівняння для ККД сонячного колектора

$$\eta = F' \cdot (\tau\alpha) - F' \cdot U_L \cdot \frac{\Delta t}{E}, \quad (1)$$

де $\Delta t = 0,5 (t_{\text{вих}} + t_{\text{вх}}) - t_0$ за умови додержання нерівності $G \cdot c_p > 2U_L$.

6.2 ККД сонячного колектора обчислюють за формулою:

$$\eta = \frac{G \cdot c_p (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}})}{E}. \quad (2)$$

6.3 Сталу часу СК τ визначають часом $T = \tau$, необхідним для досягнення умови:

$$\frac{t_{\text{вих}}(T) - t_{\text{вих}}^{\text{п}}}{t_{\text{вих}}^{\text{к}} - t_{\text{вих}}^{\text{п}}} = 0,632, \quad (3)$$

де $t_{\text{вих}}^{\text{п}}$ — температура теплоносія на виході СК до зміни густини потоку сонячної радіації чи його температури на вході СК, °С;

$t_{\text{вих}}^k$ — температура теплоносія на виході СК у стаціонарному стані після зміни густини потоку сонячної радіації чи його температури на вході СК, °С.

6.4 Коефіцієнт гідравлічного опору СК обчислюють за рівнянням:

$$\xi = \frac{b}{\text{Re}} + k, \quad (4)$$

де $\text{Re} = \frac{4GA}{\pi d \mu}$;

b і k — коефіцієнти, які визначають за результатами випробувань.

6.5 Коефіцієнт гідравлічного опору обчислюють за результатами вимірювання втрат напору в колекторі за різних витрат і температур теплоносія за формулою:

$$\xi = 1,234 \Delta P \frac{\rho d^4}{(GA)^2}. \quad (5)$$

7 МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ

7.1 Випробування на граничне нагрівання

7.1.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час випробування СК на граничне нагрівання використовують такі прилади:

- піранометр типу М-80 у парі з вторинним приладом;
- термометр із шкалою 0—50 °С з ціною поділки 1 °С;
- анемометр будь-якого типу.

Піранометр разом із вторинним приладом повинно бути проградуєвано згідно з ДСТУ 3193.

Допоміжним пристроєм для проведення випробування є випробувальний стенд, обладнаний опорною рамою для закріплення СК і піранометра. Під час випробування в лабораторних умовах використовують ІСВ.

7.1.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком випробування поглинальну панель СК слід ретельно промити зсередини. Підвідні та відвідні штуцери треба перевірити на відсутність задирок і вм'ятин на різьбі. Прозору ізоляцію слід промити та насухо витерти зовні, після чого СК закріплюють на опорній рамі лицьовою поверхнею до джерела випромінювання перпендикулярно до напрямку випромінювання з можливим відхиленням до 30° і теплоносієм не заповнюють. Нижні патрубки СК закривають для запобігання циркуляції повітря в ПП, а верхні патрубки залишають відкритими для вільного розширення повітря під час нагрівання ПП.

7.1.3 Порядок проведення випробування

Підготовлений до випробування СК піддають протягом 2 год дії сонячної радіації, сумарна густина якої повинна бути від 900 до 1000 Вт/м² за температури навколишнього повітря не нижче 25 °С та за швидкості вітру не більше 2 м/с.

У процесі випробування вимірюють густину потоку сонячної радіації в площині СК, температуру навколишнього повітря, швидкість вітру, а також ведуть візуальне спостереження за станом СК.

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо на випробуваному зразку не виявлено деформації ПП і корпусу СК, тріщин на склі, облущування зовнішнього декоративного покриття, виділення газу з ущільнень і теплоізоляції, відшарувань та інших змін теплопоглинального покриття ПП.

7.1.4 Правила оформлення результатів випробування

Усі випробувальні режими, особливі умови, одержані результати вимірювання, а також висновки за результатами експерименту фіксують у протоколі випробування СК, який є єдиним та обов'язковим звітним документом. Типову форму протоколу випробування наведено в додатку В.

7.2 Випробування на зовнішній тепловий удар

7.2.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час випробування СК на зовнішній тепловий удар використовують такі прилади:

- піранометр типу М-80 у парі з вторинним приладом;
- термометр із шкалою 0—50 °С з ціною поділки 1 °С;
- витратомір з похибкою, що не перевищує $\pm 5\%$ в інтервалі витрат від 0,01 до 1,00 кг/с;
- анемометр будь-якого типу.

Допоміжним пристроєм для проведення випробування є випробувальний стенд, обладнаний опорною рамою для закріплення СК і піранометра та розбризкувальним пристроєм, під'єднаним гумовим шлангом до водогону. Під час випробувань у лабораторних умовах використовують ІСВ.

7.2.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Підготовка до проведення випробування провадять згідно з 7.1.2.

7.2.3 Порядок проведення випробування

Підготовлений до випробування СК піддають протягом 1 год дії сонячної радіації, сумарна густина якої повинна бути від 900 до 1000 Вт/м² за температури навколишнього повітря не нижче 25 °С і за швидкості вітру не більше 2 м/с. Після цього СК оббризкують водою, температура якої не більше 30 °С, протягом 15 хв. Витрати води повинні бути від 0,3 до 0,5 кг/с на 1 м² габаритної площі СК.

Під час випробування вимірюють густину потоку сумарної сонячної радіації в площині СК, витрати води та її температуру, температуру навколишнього повітря, швидкість вітру, а також візуально спостерігають за станом СК.

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо на випробуваному зразку не виявлено деформації корпусу та облущення зовнішнього декоративного покриття, тріщин на склі та днищі і вологи всередині СК.

7.2.4 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

7.3 Випробування на внутрішній тепловий удар

7.3.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час випробування СК на внутрішній тепловий удар використовують вимірювальні прилади та допоміжні пристрої згідно з 7.2.1, за винятком розбризкувального пристрою.

7.3.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Підготовка до проведення випробування виконують згідно з 7.1.2. Після цього один з нижніх патрубків СК під'єднують гумовим шлангом до водогону.

7.3.3 Порядок проведення випробування

Підготовлений до випробування СК піддають протягом 1 год дії сонячної радіації, сумарна густина якої повинна бути від 900 до 1000 Вт/м² за температури навколишнього повітря не нижче 25 °С і за швидкості вітру не більше 2 м/с. Після цього до вхідного патрубка СК протягом 5 хв подають теплоносієм з температурою не більше 30 °С. Витрати теплоносія повинні бути не менше 0,02 кг/с на 1 м² габаритної площі СК (якщо розробник СК не рекомендує менші експлуатаційні витрати).

Під час випробування вимірюють густину потоку сумарної сонячної радіації в площині СК, витрати, температуру води та температуру навколишнього повітря, швидкість вітру, а також ведуть візуальне спостереження за станом СК.

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо на випробуваному зразку не виявлено деформації ПП, тріщин і відшарувань на її поверхні та інших змін теплопоглинального покриття ПП.

7.3.4 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

7.4 Випробування на внутрішній тиск (опресування)

7.4.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час проведення випробування СК на внутрішній тиск використовують такі прилади:

- манометр із шкалою від 0 до 1,6 МПа класу точності 1;
- секундомір будь-якого типу з ціною поділки 0,1 с.

Допоміжним пристроєм для проведення випробування є випробувальний стенд, обладнаний опорною рамою для закріплення СК, джерелом гідравлічного тиску, системою трубопроводів з запірною та запобіжною арматурою та баком для води. Схему випробувального стенда наведено на рисунку Б.1.

До допоміжного обладнання належать також сітчасті металеві огорожі чи екрани з органічного скла, якими огороджують випробовуваний СК для захисту персоналу від наслідків можливого руйнування СК.

7.4.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком проведення випробування треба виконати дії згідно з 7.1.2.

Підключений до випробувального стенда СК повільно заповнюють холодною водою через нижні штуцери до появи води за скидним повітряним клапаном, після чого клапан щільно закривають.

7.4.3 Порядок проведення випробування

У підготовленому до випробування СК створюють тиск, який досягає 1,5 від максимального робочого тиску, визначеного розробником або ГОСТ 28310 (якщо інше не зазначене окремо). У такому стані СК витримують протягом 10 хв.

Під час випробування вимірюють тиск води всередині ПП, а також ведуть візуальне спостереження за станом СК.

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо протягом заданого умовами випробування часу за випробувального тиску покази манометра не змінюються, а на поверхні ПП не виявлено необоротної деформації (скривлень, здуття) і течі.

7.4.4 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

7.5 Випробування на вологонепроникність

7.5.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час проведення випробування СК на вологонепроникність використовують такі прилади:

- ваги з найбільшою межею зважування 50 кг і ціною поділки 10 г;
- термометр зі шкалою 0—50 °С з ціною поділки 1 °С;
- витратомір з похибкою, що не перевищує $\pm 5\%$ в інтервалі витрат від 0,01 до 1,00 кг/с.

Допоміжним пристроєм для проведення випробування є випробувальний стенд, обладнаний опорною рамою для закріплення СК та розбризкувальним пристроєм, під'єднаним гумовим шлангом до водогону.

7.5.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком проведення випробування слід виконати дії згідно з 7.1.2.

Перед установленням на випробувальний стенд СК зважують. Після цього його встановлюють з мінімальним кутом нахилу до горизонту, рекомендованим розробником. Якщо немає таких рекомендацій, цей кут повинен бути 30°. Усі штуцери СК герметизують гумовими пробками.

7.5.3 Порядок проведення випробування

Встановлений на випробувальний стенд СК оббризкують з усіх боків водою, температура якої не перевищує 30 °С, протягом 1 год за температури навколишнього повітря не нижче 5 °С. Витрати води повинні бути від 0,03 до 0,05 кг/с на 1 м² габаритної площі СК. Розбризкування води повинно бути рівномірне по всій поверхні СК.

Через одну годину після початку випробування зовнішню поверхню СК насухо витирають, СК знімають із стенда, переносять на ваги і знову зважують. Усі ці операції виконують зі збереженням кута нахилу СК до горизонту з відхиленням не більше 5°. Одночасно здійснюють візуальний контроль СК.

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо не виявлено накопичення вологи всередині його корпусу, а результати зважування до та після випробування відрізняються не більше ніж на 150 г на 1 м² габаритної площі СК.

7.5.4 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

7.5.5 Допустима похибка вимірювання

Похибку результатів вимірювання визначають за ГОСТ 8.207.

7.6 Динамічне теплове випробування

7.6.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час проведення динамічного теплового випробування СК використовують такі прилади:

- піранометр типу М-80 у парі з вторинним приладом;
- термометри лабораторні із шкалами 0—50 °С і 50—100 °С з ціною поділки 1 °С;
- анемометр будь-якого типу;
- секундомір з ціною поділки 0,1 с;
- витратомір з похибкою, що не перевищує 1 % у діапазоні витрат від 0,005 до 0,050 кг/с.

Допоміжним пристроєм для проведення випробування є випробувальний стенд, обладнаний опорною рамою для закріплення СК та піранометра, системою трубопроводів, циркуляційним насосом, запірною арматурою та баком з водою. Схеми випробувальних стендів наведено на рисунках Б.2 і Б.3. Під час проведення випробування в лабораторних умовах використовують ІСВ.

7.6.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком проведення випробування слід виконати дії згідно з 7.1.2.

СК установлюють на стенді лицьовою поверхнею до джерела випромінення перпендикулярно до напрямку випромінення з можливим відхиленням до 30° і заповнюють водою через нижній патрубок.

7.6.3 Порядок проведення випробування

Експеримент починають з того, що за відсутності потоку сонячної радіації (СК затінено екраном) включають циркуляційний насос, який подає на вхід СК теплоносії з температурою, що дорівнює температурі довкілля (з відхиленням не більше ± 1 °С). Витрати теплоносія встановлюють за рекомендаціями розробника СК, а якщо таких рекомендацій немає, то витрати мають становити 0,014 кг/с на 1 м² габаритної площі СК. Витрати теплоносія та його початкова (вхідна) температура повинні бути сталими протягом усього періоду випробування.

Після стабілізації температури теплоносія на виході СК його піддають дії сонячної радіації (забирають затінювальний екран), вмикають секундомір і визначають проміжок часу до встановлення стаціонарного стану СК. Температурний режим СК вважають стаціонарним, якщо температура теплоносія та навколишнього повітря протягом 10 хв змінюється не більше ніж на 0,1 °С. Після цього СК знову затіняють і ще раз визначають проміжок часу до встановлення нового стаціонарного стану.

Під час випробування густина потоку сумарної сонячної радіації повинна бути не меншою ніж 600 Вт/м², температура навколишнього повітря — не нижчою 15 °С, а швидкість вітру — не більше 2 м/с.

В експерименті вимірюють час опромінювання та затінення СК, витрати теплоносія, густину потоку сонячної радіації, температуру навколишнього повітря, швидкість вітру, температуру теплоносія на вході СК та на виході з нього, причому останню вимірюють щохвилино.

Допускається вимірювання сталої часу СК у лабораторних умовах без його опромінювання. При цьому в умови та порядок проведення випробування вносять такі зміни:

— СК приєднують так, щоб теплоносії потрапляв у нього через верхній патрубок, а витікав через нижній;

— замість опромінювання СК здійснюють швидке (протягом 1 хв) підвищення вхідної температури теплоносія на 30 °С і визначають час стабілізації його температури на виході СК;

— замість затінення СК здійснюють швидке (протягом 1 хв) зниження вхідної температури теплоносія на 30 °С і визначають час стабілізації його температури на виході СК.

7.6.4 Правила опрацювання результатів випробування

За результатами випробувань обчислюють параметр

$$X(T) = [t_{\text{вих}}(T) - t_{\text{вих}}^n] / [t_{\text{вих}}^n - t_{\text{вих}}^m] \quad (6)$$

залежно від часу. При цьому для першого експерименту (дія сонячної радіації або збільшення вхідної температури теплоносія) $t_{\text{вих}}^n = t_0$, а $t_{\text{вих}}^m$ визначають як усталену (у стаціонарному стані СК) вихідну температуру теплоносія. Для другого експерименту (затінення СК або зниження вхідної температури) $t_{\text{вих}}^n = t_{\text{вих}}^m$ першого експерименту, а $t_{\text{вих}}^k = t_0$.

За результатами розрахунків для кожного експерименту будують графік залежності $X(T)$ і визначають значення $T = \tau$, яке відповідає $X(T) = 0,632$. Результати вимірювання двох експериментів усереднюють.

7.6.5 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

7.6.6 Допустима похибка вимірювання

Похибку результатів вимірювання визначають за ГОСТ 8.207.

7.7 Випробування для визначення теплової ефективності

7.7.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час проведення випробування на теплову ефективність СК використовують вимірювальні прилади та допоміжне обладнання згідно з 7.6.1. Крім того, слід використовувати самописний потенціометр із шкалою 0—50 мВ класу 0,5 з постійно підключеним до нього піранометром. Схеми випробувальних стендів наведено на рисунках Б.2 і Б.3. Під час випробування в лабораторних умовах використовують ІСВ.

7.7.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком проведення випробування слід виконати дії згідно з 7.1.2.

Підготовка до проведення випробування виконують згідно з 7.6.2.

7.7.3 Порядок проведення випробування

Після заповнення теплоносієм установленого на стенді СК вмикають циркуляційний насос. Протягом 15 хв забезпечують циркуляцію теплоносія без опромінення СК.

Витрати теплоносія встановлюють за рекомендаціями розробника, а якщо таких рекомендацій немає, то вони мають становити 0,014 кг/с на 1 м² габаритної площі СК. Після цього СК піддають дії потоку сонячної радіації, а теплоносій перед подачею в СК підігрівають до необхідної температури.

Випробувальні температури (середні температури теплоносія) встановлюють на рівні 0; 33; 67; 100 % від зазначеного розробником робочого діапазону температур СК. Якщо цих відомостей немає, то встановлюють 30; 45; 60; 75 °С. Якщо верхня межа температури для випробовуваного СК нижча ніж 75 °С, то випробування провадять на рівнях 0; 33; 60; 90 % від діапазону від 30 °С до верхньої межі температури цього СК.

На кожному рівні температур СК витримують протягом трьох сталих часу СК, але не менше 15 хв, після чого протягом однієї сталої часу провадять виміри.

Сталу часу СК беруть з його паспортних даних.

Якщо сталу часу СК розробником не зазначено, то її визначають за результатами динамічних теплових випробувань СК згідно з 7.6.4 або додатком Г. Зміну рівнів температур провадять спочатку в порядку зростання температури, потім доводять температуру до 80 °С (або до максимальної, якщо вона менша), витримують СК за цієї температури до досягнення стаціонарного режиму, а потім — у порядку зменшення. Режим СК вважають стаціонарним, якщо середня температура теплоносія та навколишнього повітря протягом 10 хв змінюється не більше ніж на 0,1 °С.

Допускається проведення випробування в декілька етапів зі збереженням порядку зміни температур теплоносія в межах кожного експерименту та з попередньою витримкою на попередньому температурному рівні, а також виконання експериментів за різних витрат теплоносія, які відрізняються одна від одної не більше ніж на ± 25 %.

У процесі випробування густина потоку сумарної сонячної радіації повинна бути не менша 600 Вт/м², температура навколишнього повітря — не нижча 15 °С, а швидкість вітру — не більша 2 м/с.

В експерименті вимірюють час, витрати теплоносія, густину потоку сонячної радіації, температуру навколишнього повітря, початкову та кінцеву температуру теплоносія, швидкість вітру. Дані усереднюють за період вимірювання, що дорівнює одній сталій часу СК, але не менше ніж 5 хв.

Під час випробування СК у натурних умовах слід постійно записувати покази піранометра, підключеного до самописного потенціометра для контролювання стабільності потоку сонячної радіації під час проведення випробування.

7.7.4 Правила опрацювання результатів випробування

За даними, одержаними в результаті випробування, обчислюють значення η і $\Delta t/E$. У тих випадках, коли значення ККД, які відповідають одному рівню $\Delta t/E$, відрізняються одне від одного більше ніж на 10 %, виміри повторюють. Після цього значення η і $\Delta t/E$ опрацьовують методом найменших квадратів за рівнянням регресії (1).

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо теплотехнічні характеристики випробуваного зразка виявились не нижчими за встановлені ГОСТ 28310.

7.7.5 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.5.

7.7.6 Допустима похибка вимірювання

Допустиму похибку випробування визначають згідно з 7.6.6.

7.8 Гідравлічне випробування

7.8.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час проведення гідравлічного випробування використовують такі прилади:

- термометри лабораторні із шкалами 0—50 °С і 50—100°С з ціною поділки 0,1 °С;
- витратомір з похибкою, що не перевищує 1 % у діапазоні витрат від 0,005 до 0,050 кг/с;
- мікроманометр класу 1.

Допоміжним пристроєм для проведення випробування є випробувальний стенд, обладнаний опорною рамою для закріплення СК, системою трубопроводів із запірною та регулювальною арматурою, баком для води, циркуляційним насосом і електроводонагрівачем. Схеми випробувальних стендів наведено на рисунках Б.2 і Б.3.

7.8.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком проведення випробування слід виконати дії згідно з 7.1.2.

Підготовка до проведення випробування виконують згідно з 7.4.2.

7.8.3 Порядок проведення випробування

Після заповнення теплоносієм установленого на стенді СК вмикають циркуляційний насос і електроводонагрівач. Протягом 30 хв забезпечують нагрівання і циркуляцію теплоносія. Режим вважають таким, що установився, якщо витрати і температура теплоносія залишаються незмінними протягом двох сталих часу СК, але не менше 10 хв.

Експерименти провадять за умов чотирьох різних витрат і двох значень середньомасової температури теплоносія (у розрахунках використовують середнє арифметичне значення між температурою на вході СК, яка повинна бути від 5 до 25 °С, і температурою на виході СК, яка повинна бути від 40 до 60 °С). Перший рівень температур теплоносія відповідає температурі навколишнього повітря, а другий — робочому діапазону СК. Випробувальні витрати теплоносія становлять 2; 1,5; 1 і 0,5 від рекомендованих розробником СК номінальних витрат теплоносія, а якщо немає рекомендацій — від значення 0,014 кг/с на 1 м² габаритної площі СК. Причому випробування провадять послідовно від більших витрат до менших.

Допускається провадити випробування в декілька етапів за умови збереження порядку змінення витрат теплоносія в межах кожного експерименту.

В експерименті вимірюють витрати теплоносія, температуру теплоносія на вході СК і виході з нього, втрати напору в СК. Покази приладів усереднюють за період вимірювання, який дорівнює 15 хв за кількості вимірювань не менше трьох.

7.8.4 Правила опрацювання результатів випробування

Результати випробування подають у вигляді таблиці залежності втрат напору і коефіцієнта гідравлічного опору від витрат теплоносія. Коефіцієнт гідравлічного опору обчислюють за формулою (5).

Значення коефіцієнтів k і b у рівнянні (4) визначають за методом найменших квадратів.

7.8.5 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

7.8.6 Допустима похибка вимірювання

Похибку результатів вимірювання визначають згідно з 7.6.6.

7.9 Випробування на заморожування

7.9.1 Засоби контролю та допоміжне обладнання

Під час проведення випробування СК на заморожування використовують термометр із шкалою від мінус 50 до плюс 50 °С з ціною поділки 1 °С.

Допоміжним обладнанням для проведення випробування є холодильна камера з опорною рамою для закріплення СК.

7.9.2 Порядок підготовки до проведення випробування

Перед початком випробування СК промивають водою зовні і насухо витирають, а ПП промивають водою зсередини.

7.9.3 Порядок проведення випробування

СК установлюють на опорній рамі в холодильній камері з кутом нахилу до горизонту, що дорівнює 30°. Після цього в холодильній камері встановлюють температуру мінус 40 °С. За цієї температури СК витримують протягом 1 год. Після цього СК разом з опорною рамою виймають з камери і залишають у приміщенні з температурою навколишнього повітря не нижчою ніж 10 °С не менше 3 год.

Такі цикли заморожування та нагрівання СК повторюють не менше трьох разів.

СК вважають таким, що витримав випробування, якщо не виявлено деформації його корпусу, тріщин на склі, відшарувань та інших змін теплопоглинального покриття ПП.

7.9.4 Правила оформлення результатів випробування

Результати випробування оформлюють згідно з 7.1.4.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

**ВИМОГИ ДО ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ІМІТАТОРА СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Розподіл енергії випромінювання ІСВ за довжиною хвиль та допустимі відхилення енергії у спектрі ІСВ наведено в таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Енергетичні характеристики ІСВ

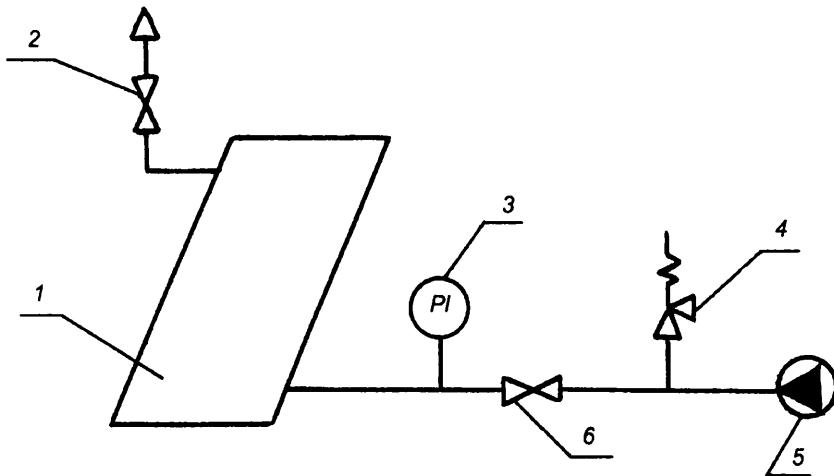
Довжина хвилі, м	Розподіл енергії випромінювання в діапазонах довжин хвиль, %	Допустимі відхилення енергії в спектрі ІСВ, %
Від 0,3 до 0,4 включ.	2,7	± 15
Понад 0,4 » 0,7 »	44,4	± 9
» 0,7 » 1,0 »	28,6	± 3
» 1,0 » ∞ »	24,3	± 10

Рівномірність густини потоку випромінювання ІСВ, що надходить на СК, повинна бути такою, щоб різниця між найбільшим і найменшим значеннями не перевищувала 10 % від середнього значення.

Конструкція ІСВ повинна забезпечувати частку розсіяної радіації у складі сумарної густини вимірювання в площині СК від 15 до 30 %.

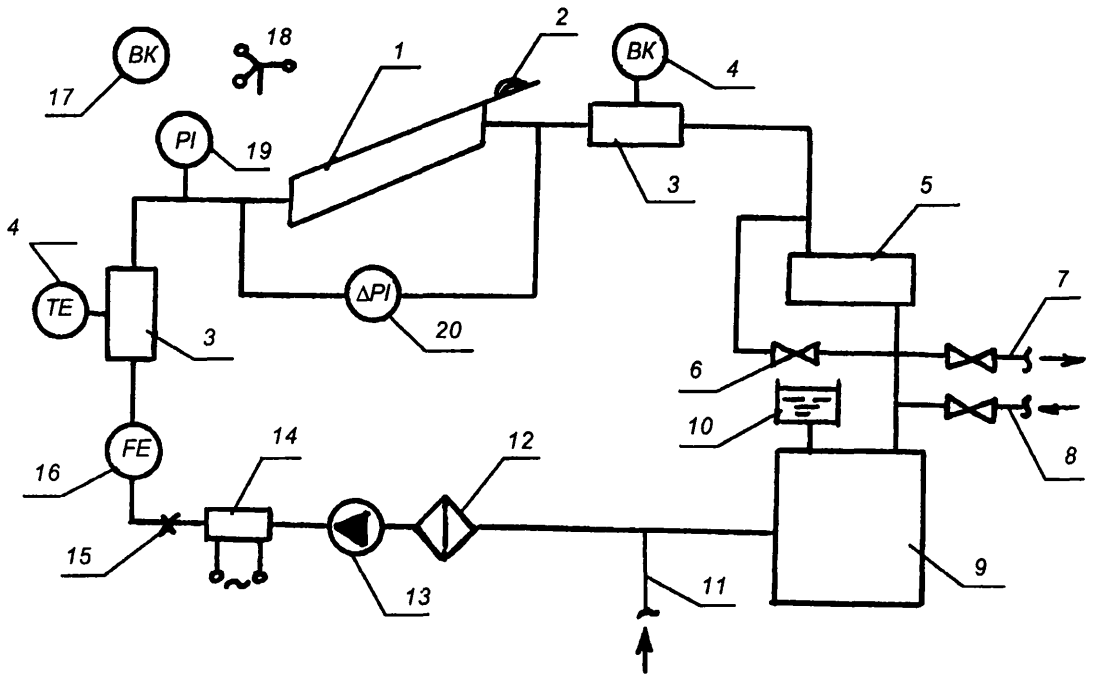
ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

**СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА
ДО ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ**



- 1 — випробовуваний СК;
- 2 — скидний повітряний клапан;
- 3 — манометр;
- 4 — запобіжний клапан;
- 5 — гідравлічне джерело тиску;
- 6 — запірний вентиль.

Рисунок Б.1 — Схема випробування СК на внутрішній тиск (опресування)



- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 — випробовуваний СК; | 11 — увід теплоносія в контур; |
| 2 — піранометр; | 12 — фільтр; |
| 3 — камера змішування; | 13 — циркуляційний насос; |
| 4 — термометр; | 14 — регульований електронагрівач; |
| 5 — теплообмінник; | 15 — оглядове скло; |
| 6 — байпасний вентиль; | 16 — витратомір; |
| 7 — вивід теплоносія на очищення | 17 — термометр; |
| 8 — увід теплоносія після очищення; | 18 — анемометр; |
| 9 — накопичувальний бак; | 19 — манометр; |
| 10 — розширювальний бак; | 20 — дифманометр. |

Рисунок Б.2 — Схема випробувального стенда із замкненим контуром

ТИПОВА ФОРМА ПРОТОКОЛУ ВИПРОБУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

керівник організації, яка
провадила випробування

**ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ
ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА (СК)**

I ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Місце проведення випробування (організація) _____

Адреса _____

Початок та закінчення випробування _____

Телефон _____ Факс _____ E-mail _____

1 Об'єкт випробування

1.1 Назва, тип або номер креслення та виробник СК

1.2 Заводський номер _____

1.3 Рік випуску _____

1.4 Строк служби _____

1.5 Конструктивні параметри _____

— Габаритні розміри, площа _____

— Апертурні розміри, площа _____

— Маса сухого колектора _____

— Приведена маса СК (на 1 м² габаритної площі) _____

— Відстань між осями з'єднувальних патрубків _____

— Вид приєднання та приєднувальні розміри _____

— Кількість покрить прозорої ізоляції _____ Матеріал покриття _____

— Вид теплоносія _____

— Примітки _____

1.6 Поглинальна панель

— Тип конструкції _____

— Матеріал каналу _____

— Матеріал пластини _____

— Вид покриття _____

— Місткість _____ л

1.7 Теплоізоляція та корпус

— Теплоізоляція: матеріал _____ товщина _____

— Корпус: матеріал _____

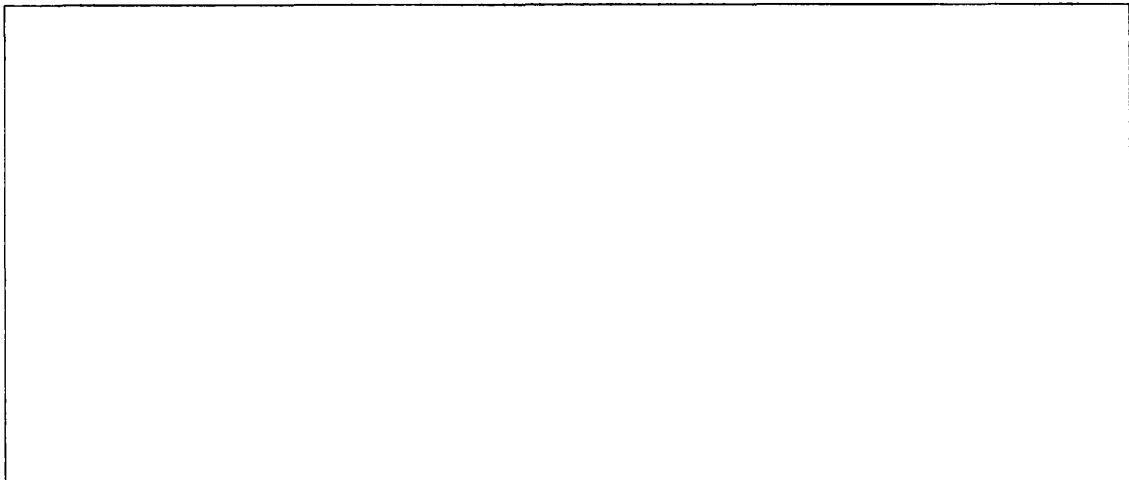
1.8 Граничні допустимі параметри

— Робоча температура теплоносія _____ °C

— Робочий тиск _____ МПа

— Інші обмеження _____

1.9 Фотографія або схема СК



1.10 Особливості конструкції СК

III РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ НА ЗОВНІШНІЙ ТЕПЛОВИЙ УДАР

1 Умови випробування: натурні умови

ICB

1.1 Середня густина потоку випромінення, Вт/м²

1.2 Середня температура навколишнього повітря, °C

1.3 Тривалість підтримання стаціонарних умов до початку розбризування води, хв

1.4 Параметри розбризуваної води

Витрати, кг/(м ² · с)	Температура, °C	Тривалість подавання, хв
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2 Наявність і докладний опис пошкоджень СК, зауваження та пропозиції

3 Висновки за результатами випробування

Виконавці (підписи, прізвища)

IV РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ СК НА ВНУТРІШНІЙ ТЕПЛОВИЙ УДАР

1 Умови випробування: натурні умови

ІСВ

1.1 Середня густина потоку випромінення, Вт/м²

1.2 Середня температура навколишнього повітря, °С

1.3 Тривалість підтримання стаціонарних умов до початку подавання теплоносія, хв

1.4 Параметри теплоносія

Витрати, кг/(м ² · с)	Температура, °С	Тривалість подавання, хв

2 Наявність та докладний опис пошкоджень СК, зауваження та пропозиції

3 Висновки за результатами випробування

Виконавці (підписи, прізвища)

V РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ СК НА ВНУТРІШНІЙ ТИСК (ОПРЕСУВАННЯ)

1 Умови випробування

1.1 Рідина, яку використовують для опресування:

вода

інше

1.2 Тиск опресування, МПа

1.3 Тривалість витримування, хв

2 Наявність та докладний опис пошкоджень ПП, зауваження та пропозиції

3 Висновки за результатами випробування

Виконавці (підписи, прізвища)

VI РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ СК НА ВОЛОГОНЕПРОНИКНІСТЬ

1 Умови випробування

1.1 Кут нахилу СК до горизонту, град

--

1.2 Параметри розбризкуваної води

Витрати, кг/(м ² · с)	Тривалість подавання, год

2 Результати випробування

2.1 Маса СК, кг

До випробування	___ ± ___
Після випробування	___ ± ___

2.2 Наявність та докладний опис місць проникнення вологи в корпус СК, зауваження та пропозиції

3 Висновки за результатами випробування

Виконавці (підписи, прізвища)

VII РЕЗУЛЬТАТИ ДИНАМІЧНОГО ТЕПЛООВОГО ВИПРОБУВАННЯ СК

1 Умови випробування

1.1 Метод: стрибок радіації стрибок температури

1.2 Кут нахилу колектора до горизонту _____ град

1.3 Температура навколишнього повітря _____ °C

1.4 Густина потоку сонячного випромінення _____ Вт/м²

1.5 Вхідна температура теплоносія _____ °C

1.6 Швидкість вітру _____ м/с

2 Результати випробування

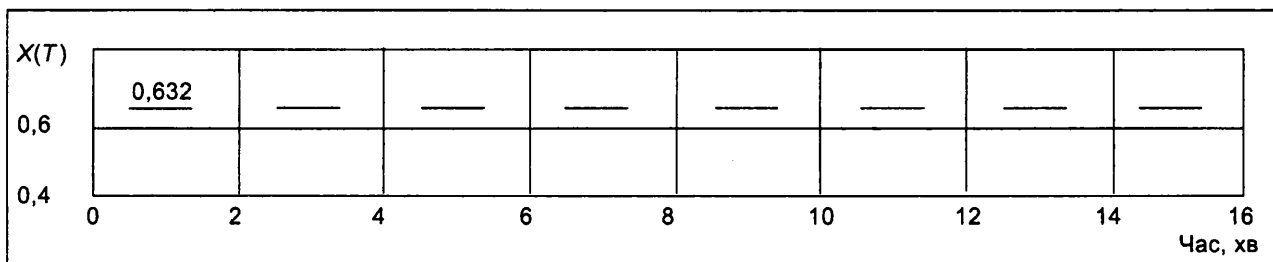
2.1 Експеримент № 1: $t_{\text{вих}}^{\text{п}} =$ °C $t_{\text{вих}}^{\text{к}} =$ °C

T, хв	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50	
$t_{\text{вих}}(T),$ °C																				
X(T)																				

2.2 Експеримент № 2: $t_{\text{вих}}^{\text{п}} =$ °C $t_{\text{вих}}^{\text{к}} =$ °C

T, хв	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	40	50	
$t_{\text{вих}}(T),$ °C																				
X(T)																				

2.3 «Розгінна характеристика» та стала часу

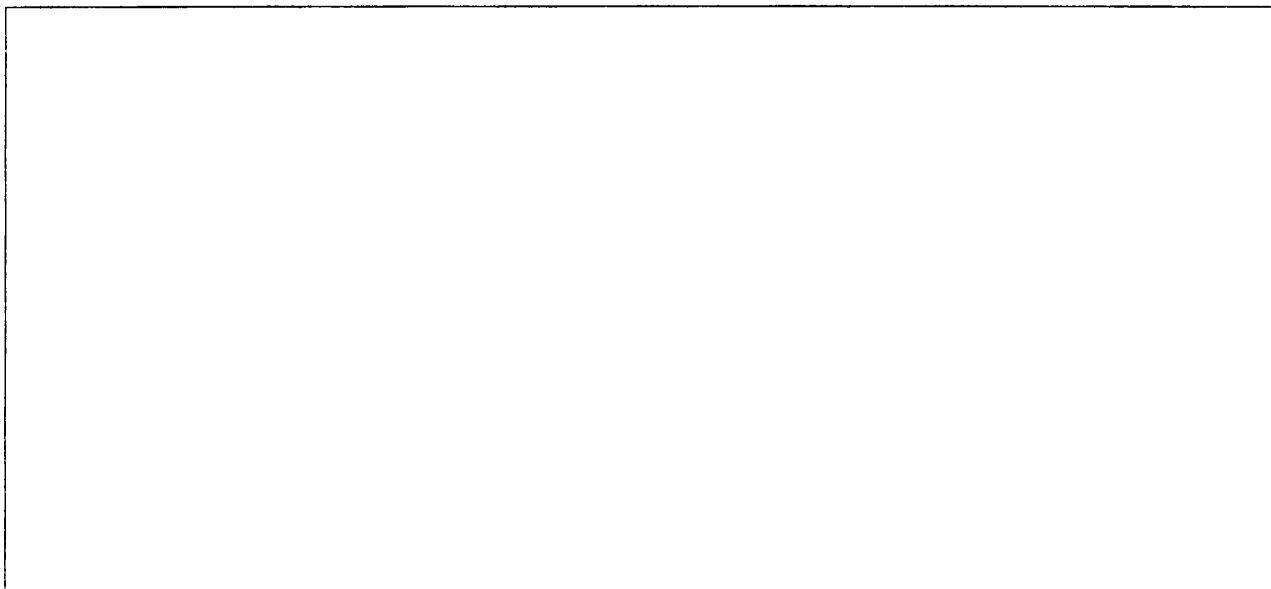


$\tau =$ ± хв

Виконавці (підписи, прізвища)

VIII РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СК

1 Схема випробувального стенда



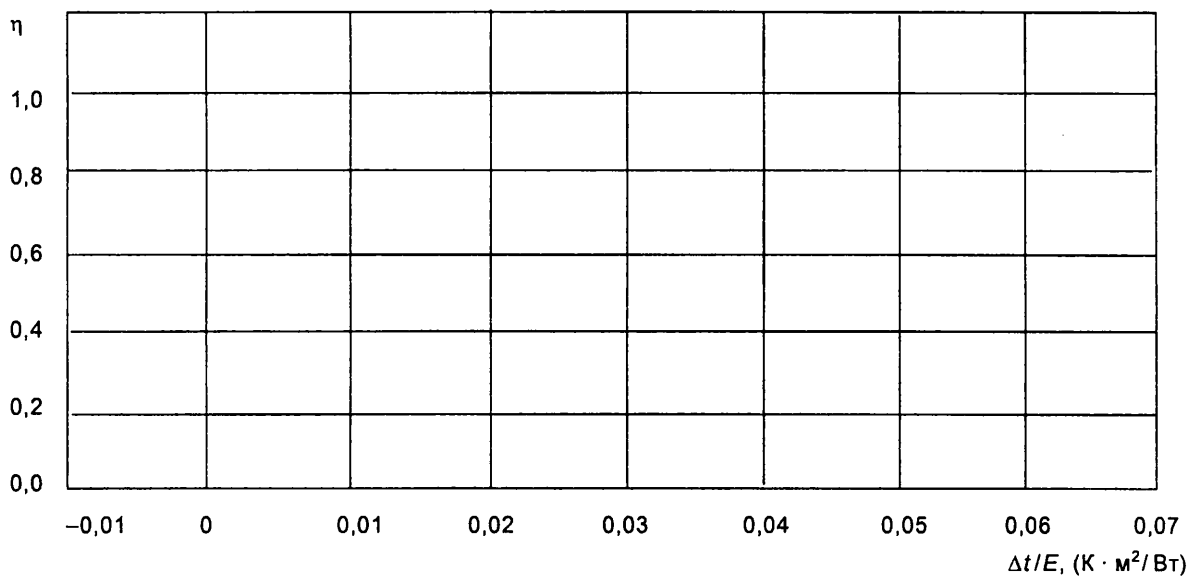
2 Протокол спостережень та попереднього опрацювання

Габаритна площа колектора _____ м²
 Кут нахилу колектора до горизонту _____ град
 Теплоносій _____

№	$E, \text{ Вт/м}^2$	$t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	$V, \text{ м/с}$	$t_{\text{вх}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{вих}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{сп}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$G, \text{ кг/с}$	$t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\frac{\Delta t}{E}, \text{ К} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$	$Gc_p \times (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}), \text{ Вт/м}^2$	η
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

3 Робоча характеристика СК

Миттєвий ККД: $\eta = Gc_p (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}})/E$



Лінійна апроксимація

$$\eta = F' \cdot (\tau\alpha) - F' \cdot U_L \cdot \frac{\Delta t}{E}$$

$F' \cdot (\tau\alpha) =$	___ ± ___
$F' \cdot U_L =$	___ ± ___

Виконавці (підписи, прізвища)

ІХ РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРАВЛІЧНОГО ВИПРОБУВАННЯ СК

1 Схема випробувального стенда:

замкнена розімкнена

2 Умови випробування

2.1 Габаритна площа СК _____ м²

2.2 Теплоносій _____

2.3 Температура теплоносія першого рівня _____ °С

2.4 Температура теплоносія другого рівня _____ °С

2.5 Зовнішній діаметр вхідного патрубка СК _____ м

3 Результати вимірювання ΔP та розрахунку ξ

№	Перший рівень				Другий рівень			
	Витрати теплоносія, кг/(с • м ²)	Втрати напору, Па	ξ	Re	Витрати теплоносія, кг/(с • м ²)	Втрати напору, Па	ξ	Re
1								
2								
3								
4								

$$\xi = \frac{b}{Re} + k$$

<i>b</i>	=	___ ± ___
<i>k</i>	=	___ ± ___

Виконавці (підписи, прізвища)

X РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ НА ЗАМОРОЖУВАННЯ

1 Умови випробування

1.1 Кут нахилу СК до горизонту _____ град

1.2 Температура заморожування _____ °С

1.3 Тривалість заморожування _____ год

1.4 Температура відтавання _____ °С

1.5 Тривалість витримування за плюсової температури _____ год

1.6 Кількість циклів заморожування _____

2 Наявність та докладний опис пошкоджень ПП, зауваження та пропозиції

3 Висновки за результатами випробування

Виконавці (підписи, прізвища)

ДОДАТОК Г
(рекомендований)

ВИЗНАЧЕННЯ СТАЛОЇ ЧАСУ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

Якщо немає паспортних та експериментальних даних, то орієнтовне значення сталої часу СК слід визначати за формулою:

$$\tau = \frac{c_k}{2G c_p}.$$

Якщо приведена теплоємність СК c_k не зазначено в паспорті, її значення обчислюють за формулою:

$$c_k = \sum P_i M_i c_i.$$

Значення коефіцієнтів P_i для елементів СК наведено в таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 — Значення коефіцієнтів P_i для елементів СК

Назва елементів СК	Коефіцієнти P_i
Поглиняльна панель	1
Теплоносій у каналах	1
Теплоізоляція	0,5
Одношарова прозора теплоізоляція	0,08
Зовнішній шар двохарової прозорої ізоляції	0,04
Внутрішній шар двохарової прозорої ізоляції	0,84

Ключові слова: сонячний колектор, міцність, тепловий удар, вологонепроникність, оптичний ККД, тепловтрати, стала часу, коефіцієнт гідравлічного опору.