



**Станіслав Зоценко,**  
експерт ГС «Альтернативні  
джерела енергії»

## Акумулюємо сонячну енергію за допомогою колекторів: принципи роботи, різновиди та практика використання

В контексті світової тенденції енергозбереження важливого значення набувають нині альтернативні джерела енергії, здатні значно заощадити енергоресурси. Однією із перспектив розвитку цього напрямку в Україні є перетворення сонячної енергії на теплову або електричну. Завдяки встановленню сонячних колекторів можливо ефективно генерувати енергію сонця та використовувати її в потрібній кількості у виробництві

### Сонячні колектори: принципи роботи та переваги використання

За даними Національного інституту стратегічних досліджень України, технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергетики в перерахунку на умовне паливо складає 6 млн. т у.п. по Україні. В той час як весь технічно досяжний енергетичний потенціал відновлювальних джерел енергії в перерахунку на умовне паливо складає 93 млн. т у.п., що може забезпечити 46% потреб споживання енергії. Тобто при масовому застосуванні сонячної енергії можливо забезпечити високий показник заміщення традиційних видів виробництва теплової та електричної енергії.

#### ТЕЗИ

1. Аналіз використання сонячних колекторів з точки зору заощадження та енергозбереження
2. Різновиди, будова, принципи роботи та переваги використання сонячних колекторів
3. Переваги та недоліки функціонування трубчастого вакуумного і плоского сонячних колекторів: порівняльна характеристика
4. Практика використання геліосистем промисловими підприємствами (на прикладі встановлення сонячних колекторів на базі пивоварного заводу ТОВ «Павлівський пивзавод»)

В умовах кліматичної системи України сонячні системи працюють весь рік поспіль, щоправда, із змінною ефективністю. Основним інженерним елементом системи є сонячні колектори, що перетворюють енергію сонячних променів в *теплову* або *електричну*.



#### **КОМЕНТАР ЕКСПЕРТА**

Сонячні колектори призначені для перетворення сонячної енергії у теплову для підігріву води на побутові потреби та підтримки системи опалення. Завдяки сучасним конструктивним удосконаленням та високому коефіцієнту абсорбції (95%), сонячні колектори здатні ефективно працювати майже 9 місяців на рік

Використовуючи енергію сонця, геліосистеми дозволяють щорічно **заощаджувати** традиційне паливо:

- до 75% – для гарячого водопостачання (ГВП) при цілорічному використанні;
- до 95% – для ГВП при сезонному використанні;
- до 50% – для цілей опалення.



#### **ВАЖЛИВО**

Слід враховувати, що кожна система індивідуальна, і відсоток економії енергоресурсів при використанні геліосистеми необхідно розраховувати

*Принцип роботи* системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами схожий на звичайний бойлер. Але замість газового котла чи електричного нагрівача вода подається насосом по трубам на дах, де розташований колектор. Проходячи крізь труби, вона нагрівається і далі, набуваючи потрібної температури, зберігається в резервуарі.

### **Різновиди колекторів**

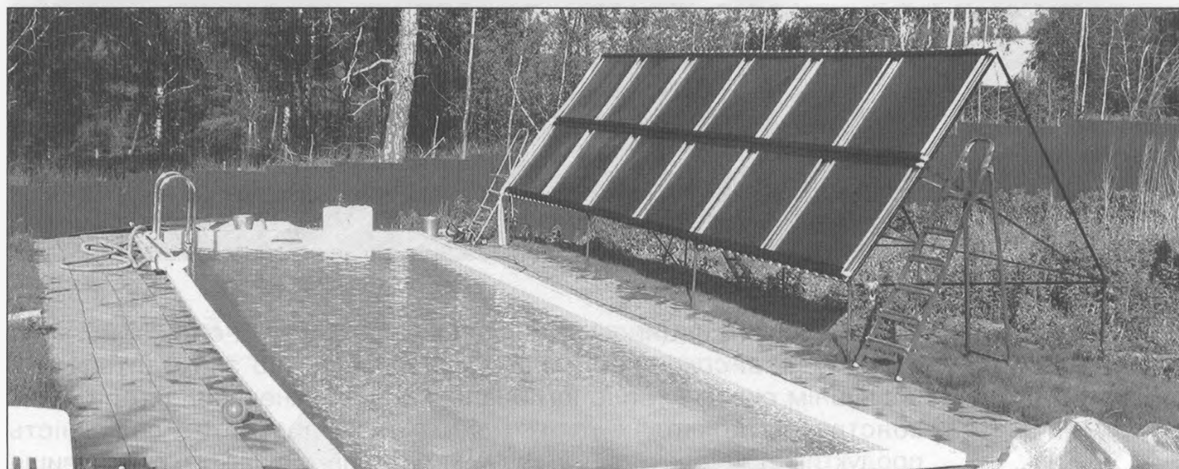
Із розвитком альтернативної енергетики та пропаганди принципів енергозбереження з'являється все більше нових удосконалених різновидів сонячних колекторів. На сьогодні у процесі використання побутують три основних типи: *відкритий, вакуумний та плоский*.

тип  
1**Відкриті колектори**

Цей тип сонячних колекторів оснащений поверхнею з гуми або пластику, які мають високий коефіцієнт поглинання сонячних і світлових променів. В даному колекторі його поверхня не покривається склом (фото 1).



Фото 1

**Відкритий сонячний колектор**

Такий прилад, як правило, застосовують у відкритих геліосистемах для нагріву води в басейнах, що дозволяє *знижити витрату на обігрів* приблизно до **50-70%**.

Не зважаючи на беззаперечні переваги такого обладнання, воно має також і ряд *недоліків* (таблиця 1), які виявляються у процесі його експлуатації



Таблиця 1

**Переваги та недоліки застосування відкритого колектора**

Переваги	Недоліки
• легке за вагою обладнання	• пряма залежність продуктивності колектора від температури навколишнього середовища і від погоди (хмарності, вітру)
• простота конструкції та швидкий монтаж	• застосовується тільки для нагріву води басейнів і для літніх душових
• відносно невисока вартість	• нетривалий термін експлуатації (1-3 роки)
	• низький ККД системи

**Вакуумні сонячні колектори**

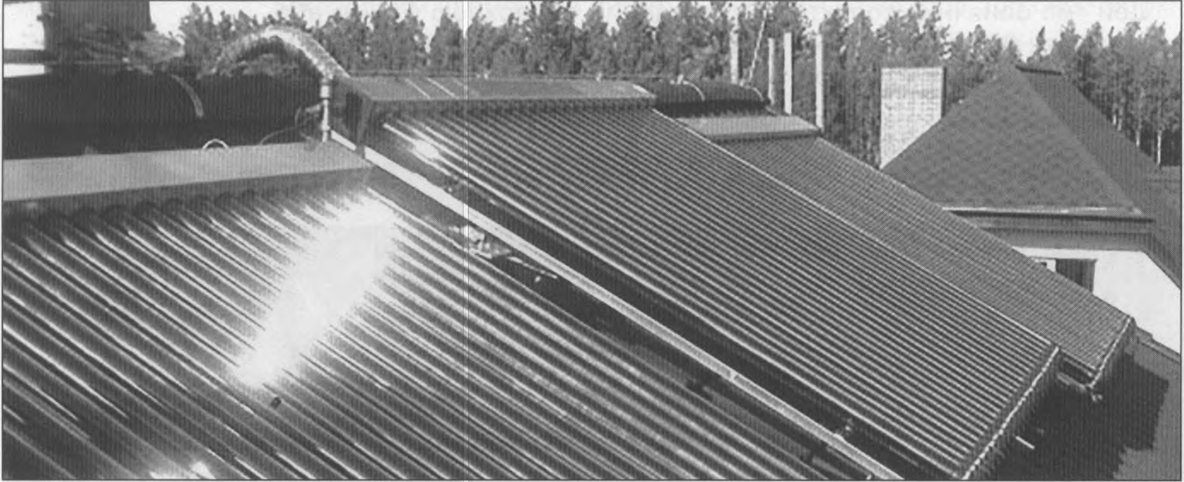
*Вакуумний колектор* є більш досконалим варіантом колектора відкритого типу (фото 2).

тип  
2



Фото 2

Вакуумний сонячний колектор



Головним принципом роботи такого колектора є використання вакууму як *високоєфективного утеплювача*, що знаходиться між зовнішнім склом і теплопоглинальною поверхнею колектора. Така конструкція дозволяє істотно знизити тепловтрати і залежність продуктивності колектора від температури навколишнього середовища і погоди (вітер, опади, хмарність).

Високий рівень ефективності вакуумного колектора пов'язаний насамперед із його здатністю працювати за **принципом дзеркального ефекту**, який полягає у вирівнюванні теплової потужності колектора в залежності від висоти сонця.

Існують **два види** вакуумних колекторів – *трубчасті* (являють собою герметичні вакуумні труби) та *плоскі* (складаються із пластин, вакуум в яких підтримується насосами).

### Трубчасті вакуумні колектори

Принцип дії цього виду колекторів полягає у тому, що циліндрична форма трубок дозволяє *максимально збирати сонячні промені*, які в будь-яку годину дня і пору року приймають сонячні промені перпендикулярно до осі трубки. Це дозволяє значно підвищити ефективність роботи всієї системи і навіть при дуже слабкому сонячному освітленні нагрівати воду в системі гарячого водопостачання.

Трубчасті вакуумні колектори, як правило, складаються із *корпусами, корпусу теплообмінника та скляних вакуумних труб*.

Трубчасті вакуумні колектори, в свою чергу, поділяються на декілька різновидів (*схема 1*)



Схема 1

### Різновиди вакуумних колекторів

- вакуумний колектор з прямою теплопередачею води (термосифонна система);
- вакуумний колектор з прямою теплопередачею води і вбудованим в бак теплообмінником;
- вакуумний колектор з термотрубки

### Вакуумний колектор з прямою теплопередачею води (термосифонна система)

Принцип дії вакуумного колектора з прямою передачею води (фото 3) полягає в тому, що система колекторних трубок з'єднана з накопичувальним баком, через який надходить вода безпосередньо до вакуумних трубок.



Фото 3

### Вакуумний колектор з прямою теплопередачею води (термосифонна система)



Такий принцип роботи є великою перевагою, оскільки дозволяє мінімізувати втрати тепла. Вода в трубках нагрівається і надходить в теплообмінник за принципом природної конвекції, тому системний бак завжди розташовується вище колекторних трубок. Вода в баку, яка віддала тепло і охолола, природним шляхом стікає вниз в трубки.

Вагомою **перевагою** використання вакуумних колекторів з прямою теплопередачею води є значна **мінімізація тепловтрат**, хоча при цьому вони можуть ефективно працювати лише за плюсової температури навколишнього середовища (таблиця 2).

Таблиця 2  
**Переваги та недоліки використання вакуумного колектора з прямою теплопередачею води**

Переваги 1	Недоліки 2
• здатність до акумулювати значну кількість тепла	• нерациональне використання сонячних колектори такого типу в тих регіонах, де є негативні температури.
• відносно тривале збереження температури гарячої води	• не допускається в системі колекторів тиску більш ніж 0,2, оскільки теплоносій має прямий контакт з трубкою. Тому такий колектор не може працювати в під високим тиском
• простота конструкції та легкість монтажу	• здатен ефективно працювати лише за плюсової температури навколишнього середовища
• доступна ціна обладнання	

### **Вакуумний колектор з прямою теплопередачею води і вбудованим в бак теплообмінником**

Прямоточний канал такого колектора дозволяє знизити втрати нагрітої рідини на шляху до теплообмінника (фото 4), тобто безпосередня передача тепла теплообміннику (воді) без «посередників».

Фото 4  
**Вакуумний колектор з прямою теплопередачею води і вбудованим в бак теплообмінником**



Принцип роботи вакуумного колектора з прямою теплопередачею води і вбудованим в бак теплообмінником дії полягає в тому, що на трубку сонячних променів рідина закипає або просто нагрівається, перетворюється на пару і переносить до теплообмінника теплову енергію, що безпосередньо перебуває в трубці. В теплообміннику пар конденсується і повертається назад в кожну трубку колектора. Така система є *високоєфективною* та дозволяє працювати колектору в екстремальних умовах, навіть при температурі зовнішнього повітря  $-35^{\circ}\text{C}$ .

### **Вакуумний колектор з термотрубками**

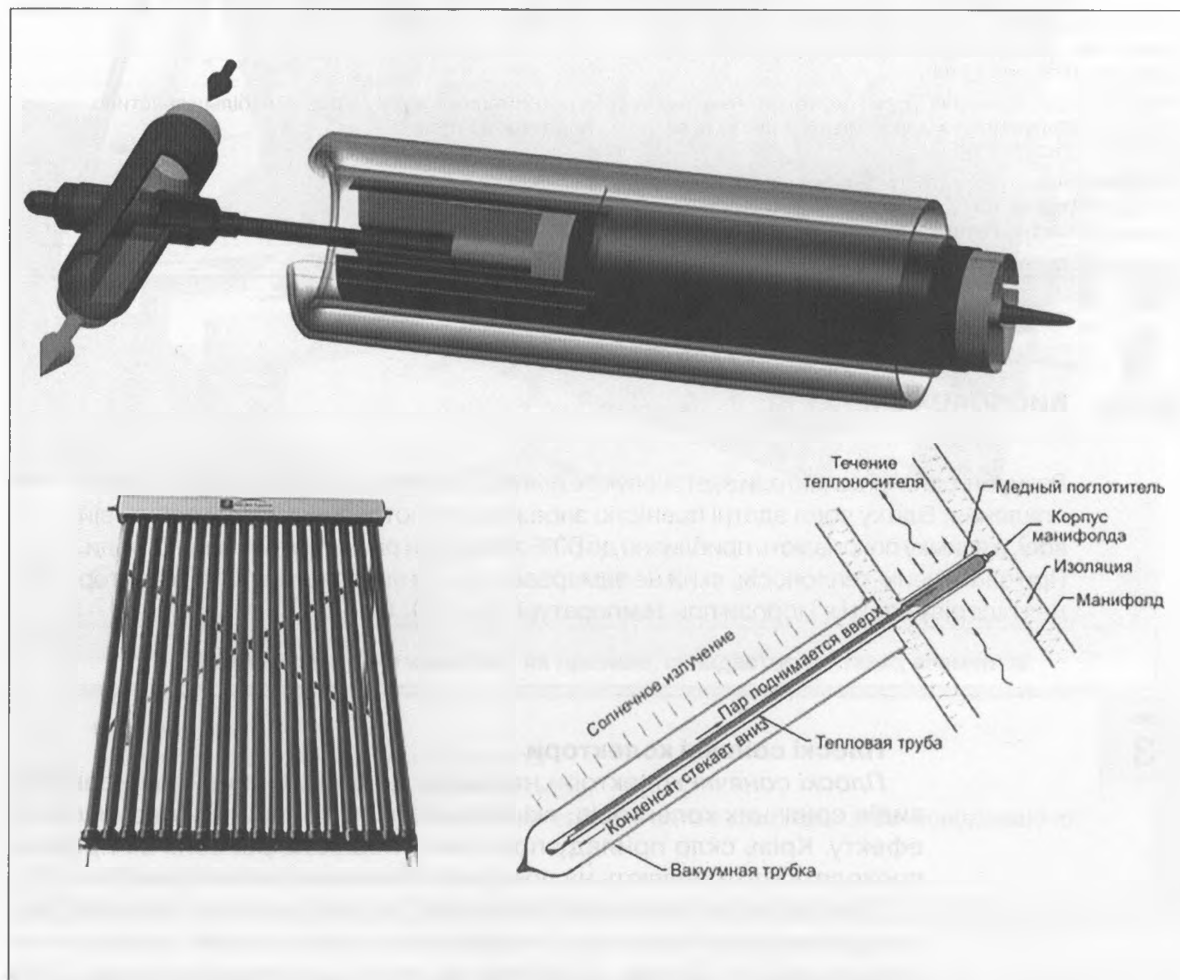
Такий колектор оснащений, замість звичайних вакуумних трубок, більш вдосконаленими термотрубками з тонкостінної міді, заповненими

легкозакипаючої рідинию. Колектор складається з набору термотрубок, при попаданні сонячного світла на які відбувається кипіння легкозакипаючої рідини до температури 250-380 °С. Пара, утворена в процесі кипіння, піднімається у верхню частину трубки, яка є конденсатором. Там вона охолоджується до перетворення в рідину, а потім надходить знову в нижню частину термотрубок. Принцип роботи представлений на фото 5.



Фото 5

### Принцип роботи вакуумного колектора з термотрубами



Загалом використання вакуумного колектора з термотрубами дозволяє досягти високого рівня ККД системи протягом усього року, проте в контексті кліматичних умов України продуктивність обладнання в зимовий період може знижуватися за рахунок опадів у вигляді снігу та інею (таблиця 3)

Таблиця 3  
**Переваги та недоліки вакуумний колектора з термотрубками**

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> <li>високий ККД системи протягом усього року</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>висока вартість (окупність системи колектора становить 1-5 років)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>у порівнянні з іншими типами колекторів, трубчастий вакуумний колектор протягом цілого року виробляє на 30-40% кількості тепла більше</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>великі габарити і вага</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>можливість працювати при негативних температурах (не всі види);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>в межах України продуктивність вакуумного колектора в зимовий період може знижуватися за рахунок опадів у вигляді снігу та інею</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>деякі виробники випускають трубчасті колектори з поверхнею з ударостійкого скла, що витримує удар граду або незначного падіння</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>нетривалий термін експлуатації</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>низька парусність конструкції дозволяє більш надійно закріпити обладнання з меншими зусиллями та витратами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>нетримання вакууму в системі (більш властиво продукції з Китаю)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>високий рівень ремонтпридатності системи (при пошкодженні однієї трубки її відносно легко замінити, що зовсім неможливо в плоских колекторах)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>можливість нагріву води до температури 130-200 °С.</li> </ul>	



### ВИСНОВОК ЕКСПЕРТА

Вакуумні сонячні колектори застосовують для підігріву побутової води або в системі опалення. Влітку вони здатні повністю забезпечити потреби у гарячій побутовій воді, а взимку покривають приблизно до 60% загальний рівень витрат гарячої води. При заповненні теплоносія, який не замерзає, можна використовувати колектор для підігріву води і в морози при температурі -5 ... -10 °С

### ТИП 3

#### Плоскі сонячні колектори

Плоскі сонячні колектори належать до одного із найпоширеніших видів сонячних колекторів, які працюють за принципом парникового ефекту. Крізь скло приладу практично повністю всі сонячні промені проходять і потрапляють на поверхню сонячного колектора (фото 6).

Для плоского сонячного колектора застосовується звичайне або спеціальне загартоване скло з коефіцієнтом пропускання спектрального інтервалу 0,4-1,8 мкм, з допомогою якого досягається понад 95% пропускання. Разом з тим у нижній частині колектора використовується теплопоглинальне покриття із ступенем пропускання понад 90% (високоселективне покриття). Поверхню скла, як правило, застосовують матову, яка більше поглинає сонячних променів, ніж, наприклад, глянцева. Порівняно із вакуумним, плоский сонячний колектор має більш просту будову (схема 2) та принцип дії.





Фото 6

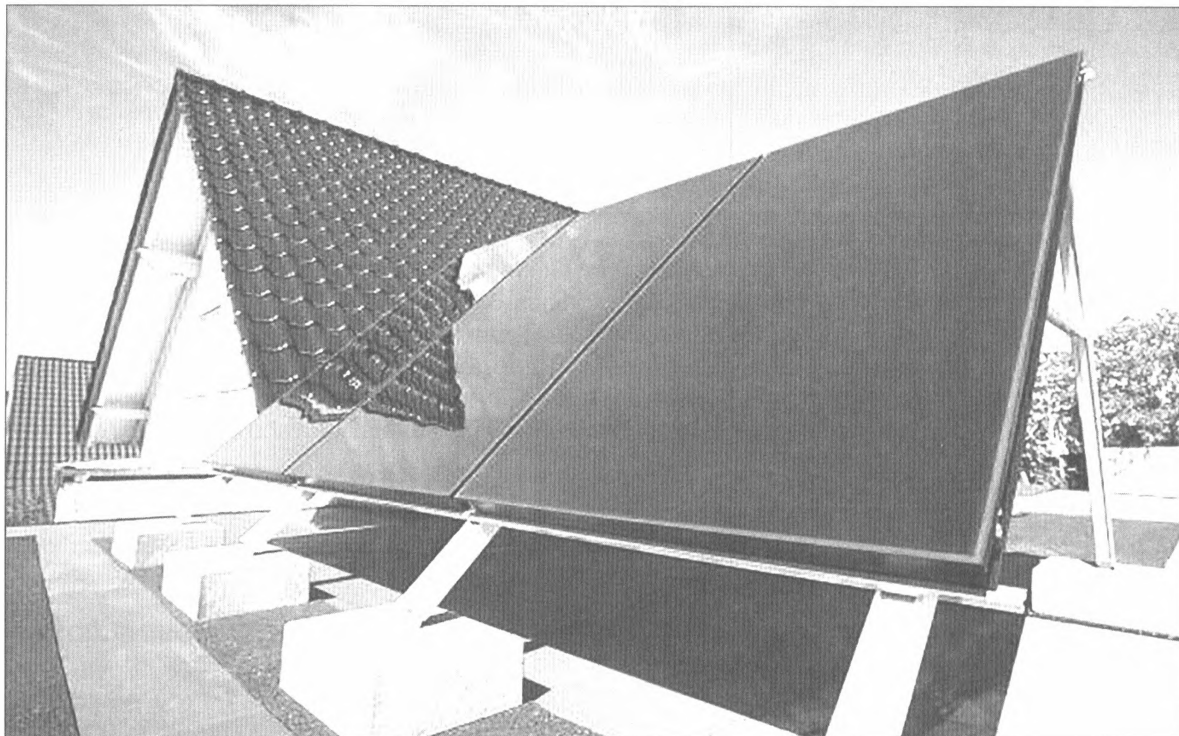
**Плоский сонячний колектор**

Схема 2

**Плоский сонячний колектор, як правило, складається із таких елементів:**

- корпус
- абсорбер і теплопоглинальне покриття
- прозоре захисне покриття (зазвичай скло)
- термоізолююче покриття (зазвичай мінеральна вата в комбінації зі світловідбиваючої алюмінієвою фольгою)
- елементи кріплення обладнання

Корпус плоского сонячного колектора зазвичай виготовляють з листового або анодованого алюмінію. Він призначений для захисту головного обладнання від зовнішнього впливу і кріплення до основи скатної покрівлі або рідше до стіни будинку.

Не менш важливим функціональним елементом плоского сонячного колектора є *абсорбер*.

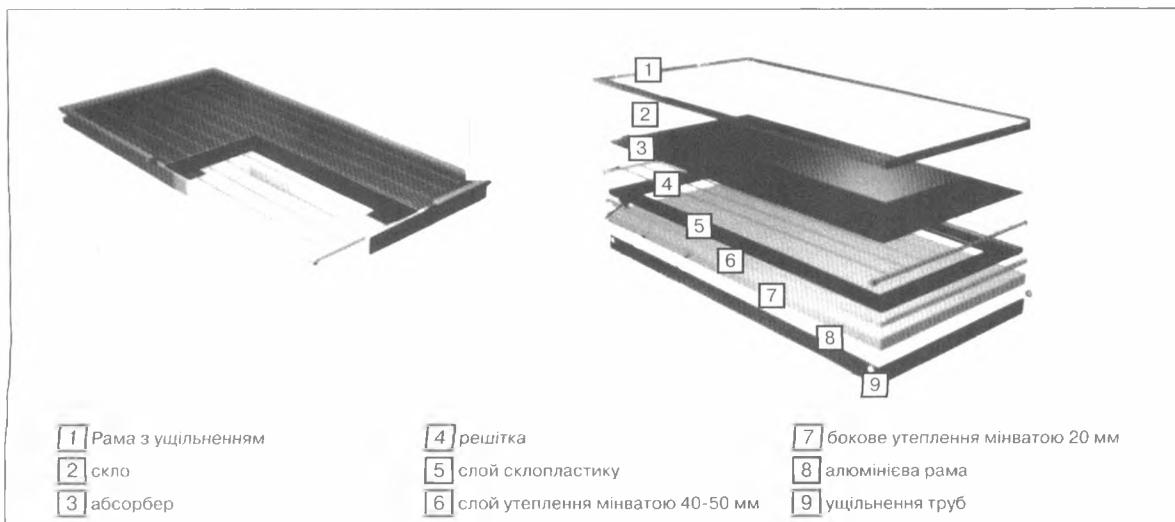
**ДОВІДКА**

Абсорбер – головний елемент плоского колектора, що зазвичай являє собою мідну пластину з теплопоглинальним покриттям, до якої припаяний проточний трубопровід для відведення тепла.

Абсорбер поміщається в скляний корпус, після чого одна поверхня, покрита теплопоглинальним шаром, приймає сонячне випромінювання, а друга сторона (протилежна) для зниження тепловтрат утеплюється спеціальним матеріалом. Відведення тепла від теплопоглинаючого покриття здійснюється через мідний або алюмінієвий теплообмінник, всередині якого в якості теплоносія поміщена вода або антифриз (фото 7).



Фото 7

**Будова плоского сонячного колектора****ВАЖЛИВО**

Плоскі колектори повинні мати якісну теплоізоляцію, яка знижує втрати тепла. Зазвичай теплоізоляція плоских колекторів забезпечується встановленням виготовленої з мінеральної вати і світловідбиваючої алюмінієвої плівки товщиною 20-60 мм

Для умов нашої кліматичної зони, особливо влітку, максимальна продуктивність приладу становить 50 л (температура 50-60 °С) за 1 день з 1 м<sup>2</sup> колектора, а ось у холодну пору року такий колектор нездатен продукувати високий рівень ККД (таблиця 4).

 Таблиця 4  
**Переваги та недоліки сонячних колекторів**

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> <li>висока продуктивність (ККД більше 50%).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>низька продуктивність в зимовий час і в несприятливу для колектора погоду (у порівнянні з вакуумним колектором)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>простота і надійність конструкції</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>максимальна продуктивність досягається тільки при попаданні сонячних променів під прямим кутом, тобто опівдні</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>довговічність обладнання (понад 50 років; виробник зазвичай дає гарантію на 10 років експлуатації)</li> <li>можливість роботи весь рік поспіль</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>вимагає періодичної очистки від пилу, бруду, снігу</li> <li>при пошкодженні колектора необхідно повністю замінювати пристрій, а не окремі його елементи, як це відбувається в трубчастих вакуумних колекторах.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ефективно працюють при необхідності нагріву води вище на 20-40 °С від температури навколишнього середовища</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>оптимальним рішенням є установка сонячного колектора на стадії будівництва будинку, що дозволяє істотно знизити витрату коштів на покрівельні матеріали</li> </ul>

### Порівняння переваг та недоліків функціонування трубчастого вакуумного і плоского сонячних колекторів

При порівнянні цих двох типів сонячних колекторів варто зазначити, що вакуумні трубки краще працюють в більш холодних умовах у порівнянні з плоскими побратимами. Це відбувається через вакуум в скляній трубці, який дозволяє трубчастим колекторам зберегти високий відсоток зібраного тепла, тому вони, на відміну від плоских колекторів, ефективно працюють в умовах заморожування (таблиця 5).

 Таблиця 5  
**Порівняння переваг та недоліків функціонування трубчастого вакуумного та плоского колекторів**

Вакуумні трубчасті колектори	Плоскі колектори
<ul style="list-style-type: none"> <li>низький рівень тепловтрат</li> <li>працездатність у холодну пору року до -30°C</li> <li>довготривалий період роботи протягом доби</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>високий рівень тепловтрат</li> <li>низька працездатність у холодну пору року</li> <li>високий рівень продуктивності влітку</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>вдале співвідношення ціна/продуктивність для помірних широт і холодного клімату</li> <li>зручність монтажу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>вдале співвідношення ціна/продуктивність для південних широт і теплого клімату</li> <li>складність монтажу, пов'язана із необхідністю підйому на покрівлю зібраного колектора</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>нездатність до самоочищення від снігу</li> <li>відносно висока початкова вартість проекту</li> <li>робочий кут нахилу не менше 20°</li> <li>здатність генерувати високі температури теплоносія</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>здатність до самоочищення від снігу та інею</li> <li>значно нижча початкова вартість</li> <li>можливість установки під будь-яким кутом</li> <li>не здатен генерувати високі температури теплоносія</li> </ul>

Отже, встановлювати посудини, які працюють під тиском, потрібно так, щоб **уникнути** їх перекидання та **забезпечити** можливість безперешкодного огляду, ремонту, очищення із зовнішнього та внутрішнього боків.

## Чи передбачена доплата електротехнічним працівникам за кваліфікаційну групу з електробезпеки?



### Із листа в редакцію:

«Роз'ясніть, будь ласка, порядок доплати за кваліфікаційну групу електромеханічним працівникам, таким як, наприклад, водіям автомобілів за наявність 1 та 2 класу?»



На запитання відповідає:

### Микола Рибій,

заслужений енергетик України, лідер паливно-енергетичного комплексу України, головний енергетик ДП «Черкаський облводдор» ВАТ «ДАК "Автомобільні дороги України"»

### Розгорнута відповідь:

Кожна галузь питання доплат за великий професіоналізм, високий досвід та рівень знань працівників вирішує самостійно. На всіх працівників підприємства (організації, установи тощо), в тому числі і електротехнічних працівників (робочих та ІТП) умови праці встановлюються в **колективному Договорі (Угоді)** підприємства.

З метою залучення та утримання електротехнічних працівників з високим досвідом та рівнем знань (наприклад в дорожній галузі) електротехнічним працівникам за наявність кваліфікаційної групи з електробезпеки, аналогічно як і водіям автомобілів за наявність 1 та 2 класу, відповідно до галузевої Угоди та колективного Договору, здійснюється доплата до тарифної ставки чи посадового окладу **в таких розмірах:**

- I-III групи – доплата не проводиться;
- IV група – 10%;
- V група – 25%.

Порядок призначання та виплати доплат встановлюється підприємством (організацією, установою тощо) **самостійно і регулюється** колективним договором (Угодою) або *трудоим договором* з працівником, посадовою чи робочою інструкцією працівника, Положенням про електротехнічну (енергетичну) службу підприємства або Договором на експлуатацію електроустановок з особою, відповідальною за електрогосподарство чи Договором на оперативне обслуговування електроустановок з особою, відповідальною за оперативну роботу електрогосподарства.