

## **ЛЕКЦІЯ 6**

### **Використання енергії вітру. Геотермальна енергетика**

**6.1 Акумуляування енергії вітру. Аналіз систем вітродвигунів**

**6.2 Використання вітронасосних установок для водозабезпечення ферм**

**6.3 Отримання електроенергії при використанні геотермальних вод**

**6.4 Виробництво електроенергії при перетворенні низькотемпературних геотермальних вод**

**6.5 Опалення і гаряче водопостачання термальними водами**

## 6.1 Класифікація улаштувань для утилізації сонячної енергії

### Класифікація геліоустановок

#### За тривалістю роботи:

- сезонні;
- річні.

#### За типом теплоносія:

- з використанням води;
- з використанням антифризу;
- з використанням сольових розчинів;
- з використанням мінеральних мастил.

#### По засобу розподілу теплоносія:

- одноконтурні;
- двоконтурні;
- багатоконтурні.

#### За принципом циркуляції теплоносія:

- термосифонні;
- циркуляційні;
- з використанням сітьових електронасосів;
- з використанням фотоелектричних насосів.

#### За типом акумулювання теплоти:

- з використанням води;
- з використанням парафіну
- з використанням гідратів солі.

#### По засобу слідкування за сонцем:

- стаціонарні;
- з переорієнтацією.

#### За агрегатним станом теплоносія:

- з використанням рідини;
- з використанням повітря.

#### За розташуванням:

- на даху;
- на землі;
- на стіні;
- горизонтальні;
- нахилені до обрію.

**За конструкцією геліоприймача:**

- плоскі (рідкісні, повітряні);
- з концентраторами сонячної енергії (плоскі дзеркала, параболоциліндричні дзеркала).

**За типом прозорого покриття:**

- з використанням віконного скла;
- з використанням силікатного скла;
- з використанням плівкових полімерних матеріалів;
- з використанням прозорих пластин.

**За матеріалом теплоізоляції:**

- з використанням пенополіурітану;
- з використанням скловати в гідроізолюючій термостійкій плівці;
- з використанням мінеральної вати з гідроізоляцією.

**За матеріалом абсорбера:**

- з використанням конструкційної сталі;
- з використанням неіржавіючої сталі;
- з використанням міді та її сплавів;
- з використанням мідних труб з алюмінієвим покриттям;
- з використанням алюмінію та його сплавів;
- з використанням комбінованих варіантів.

**За засобом підводу тепла до матеріалу:**

- камерні,
- радіаційні,
- комбіновані.

**За конструкцією сушильної камери:**

- стрічкові,
- тунельні,
- камерні.

**За конструкцією захисної ізоляції:**

- каркасні,
- дерев'яні,
- цеглинні,
- пластмасові,
- металеві,
- надувні.

**За засобом монтажу:**

- стаціонарні,
- складальні.

**За засобом нагріву теплоносія:**

- з використанням геліоповітряного нагрівача,
- з використанням геліоповітрянагрівача з тепловим дублером.

**За принципом циркуляції теплоносія:**

- природні,
- примусові.

**За періодичністю роботи:**

- періодичні,
- безперервні.

**За кратністю використання теплоносія:**

- разові,
- рекупераційні.

**За поглинаючим покриттям абсорбера:**

- селективні,
- напівселективні,
- зі спеціальним стійким чорним покриттям,
- з використанням звичайної чорної фарби.

**За матеріалом корпусу геліоприймача:**

- з використанням алюмінію та його сплавів,
- з використанням листової сталі.

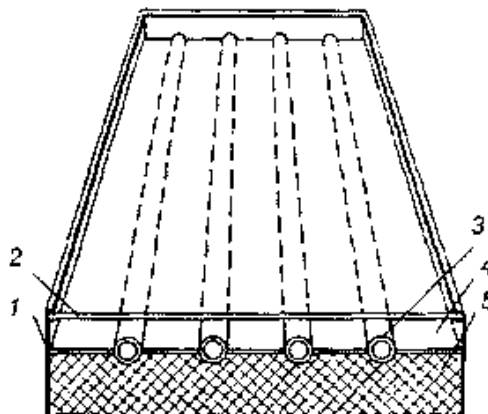
## 6.2 Технологія перетворення сонячної енергії в теплоту

У наш час розроблені способи, пристрої, а також технології перетворення сонячної енергії в теплову, як в рослинництві, так і в тваринництві.

### **Основні способи перетворення сонячної енергії в теплову:**

- спосіб розділення середовищ теплоносія, який характеризується використанням одноконтурною, двоконтурною і багатоконтурною подачею теплоносія;
- спосіб стеження за сонцем, підрозділяється на стаціонарний і дискретний з переорієнтацією;
- спосіб підведення тепла до матеріалу, який може використовуватися, як камерний, радіаційний і комбінований;
- спосіб нагріву теплоносія, може бути використаний, як геліовоздушний нагрівач з тепловим дублером;
- спосіб монтажу геліоустановки може використовуватися, як стаціонарний, так і збірний.

**Головним пристосуванням для перетворення сонячної енергії в теплову є геліоколектор**, який буває плоским (рисунок 1) і фіксуючим.



1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія;  
4 – поглинаюча панель; 5 – теплова ізоляція.

Рисунок 1 - Плоский сонячний колектор.

**Більшість плоских геліоколекторів складаються з п'яти основних елементів:**

- поглинаючої панелі з каналами для теплоносія, на поверхню якої нанесено покриття, що забезпечує поглинання не менше 90 % падаючого сонячного випромінювання;
- прозорої ізоляції, що полягає з одного або двох шарів скління;
- теплової ізоляції, що знижує втрати теплоти в навколишнє середовище через днище колектора і його бічні грані;
- корпусу, де розташовані поглинаюча панель і теплова ізоляція. Корпус зверху закритий прозорою ізоляцією;
- каналів для теплоносія. Як теплоносій може використовуватися вода, антифриз, повітря.

**Принцип роботи плоского геліоколектору.**

Сонячна радіація проходить через прозорий захисний шар, поглинається темною абсорбуючою панеллю. При підвищенні температури панелі її чорна поверхня починає випускати довгохвильове (інфрачервоне) випромінювання. Захисний шар для інфрачервоного випромінювання не прозорий, і, таким чином, велика кількість енергії залишається усередині колектора (так званий парниковий ефект). Накопичене тепло відводиться за допомогою теплоносія, в якості якого використовується повітря або вода. Нагрітий теплоносій може бути направлений відразу для будь-яких цілей, наприклад, опалювання, або ж тепло з нього може бути виділене і зібране в акумуляторі. Ефективність плоского колектора оцінюється по кількості теплової енергії, що отримується з одиниці його поверхні. Перевага плоских колекторів полягає в уловлюванні не тільки прямих, але і розсіяних сонячних променів.

Теплоносій в плоских колекторах нагрівається до 65°C.

**Для отримання вищих температур застосовують фокусуючі колектори**, в яких сонячне випромінювання концентрується на поверхні поглинача. Завдяки цьому температура теплоносія підвищується до 150°C. Але більшість фокусуючих колекторів, які включають в свою конструкцію параболічні поверхні, концентрують

сонячну енергію на одній лінії, що приводить до обов'язкового введення в систему пристрою орієнтації за положенням Сонця над обрієм і, отже, до подорожчання. Тому в сільському господарстві зараз застосовують переважно для нагрівання води плоскі геліоколектори.

**На сьогоднішній день відомо більше 200 типів колекторів, які випускаються 144 фірмами різних країн, у тому числі і Україною.**

Ці колектори розрізняються по виконання кожного елементу конструкції. Як світлопрозоре покриття у вітчизняній практиці застосовується просте скло завтовшки 4-5 мм, тоді як в закордонних конструкціях використовують спеціальні силікатні стекла або спеціальні плівкові полімерні матеріали підвищеної термо- і світлостійкості, і світлостабілізовані зміцнені прозорі пластини.

Застосування простого скла **знижує світлопродуктивність колектора** через зниження світлопропускання **і надійність** через низьку міцність скла.

**Для поглинаючої пластини у вітчизняній практиці застосовуються алюмінієві сплави.**

**У закордонній практиці використовуються корозійностійкі матеріали:**

- мідь та її сплави,
- мідні труби з алюмінієвим покриттям,
- алюміній та його сплави,
- неіржавіючі сталі,
- комбіновані варіанти.

**Поглинаючі покриття в закордонних конструкціях спеціальні:**

- селективні (тобто що активно поглинаючі сонячну радіацію і слабо випромінюючі теплову);
- напівселективні (тобто активно поглинаючі в сонячному спектрі і частково випромінюючі в тепловому);
- спеціальні стійкі чорні покриття з високим ступенем поглинання;
- звичайні чорні фарби.

Перший вид покриття наноситься гальванічним способом, а останні на основі лакофарбних покриттів.

**Майже всі вітчизняні конструкції забарвлені звичайними чорними фарбами, які помітно погіршують свої властивості через два-три роки, знижуючи теплову характеристику колектора.**

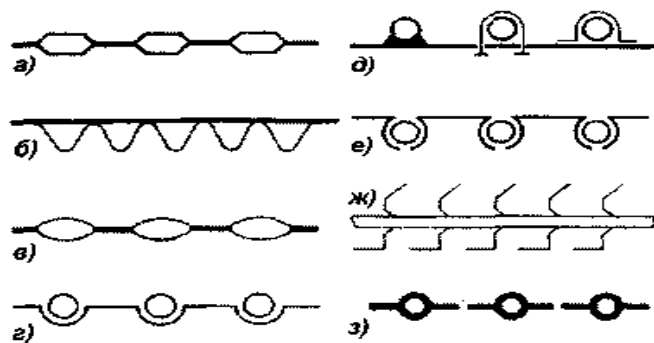
**Корпуси колекторів в закордонних конструкціях** виконуються з алюмінію і його сплавів і листової сталі з високоякісним протикорозійним захистом. Конструкція корпусу в більшості випадків виконується у вигляді жорсткої рами з легким, зазвичай алюмінієвим днищем, який знижує металоємність і масу, а також забезпечує надійність і довговічність.

**В колекторі сонячне випромінювання перетворюється в теплоту, що відводиться потоком теплоносія (вода, антифриз, повітря), який протікає по каналах поглинаючої панелі.**

Прозора ізоляція знижує втрати теплоти від поглинаючої панелі в атмосферу, унаслідок чого зростає теплопродуктивність колектора. Більшість прозорих середовищ, зокрема скло, пропускають промені селективно, тобто їх проникна здатність залежить від довжини хвилі падаючого випромінювання. Звичайне скло, залежно від змісту в ньому заліза, пропускає до 85-87% сонячного випромінювання, але практично непрозоре для власного теплового випромінювання панелі. Перехід від одинарного скління до подвійного приводить до зменшення теплових втрат через прозору ізоляцію, але одночасно зменшується і щільність потоку випромінювання, падаючого на поглинаючу панель.

**Типові конструкції поглинаючих панелей колекторів наступні:**

- стандартний панельний опалювальний радіатор (рис. 2 а) ;
- панель, що складається з двох оцинкованих сталевих листів, - гофрованого і плоского, яка широко використовується у всьому світі (рис. 2 б);
- прокатно-зварна алюмінієва панель (рис. 2 в);
- реєстр з труб з металевим листом. Способи кріплення листа показані на рис. 2 г, д;
- реєстр з труб з розпираючими металевими пластинами (рис. 2 е). Бічні кромки останніх притиснуті до труб, забезпечуючи хороший тепловий контакт між пластинами і трубами;
- реєстри з труб з поперечними (рис. 2 ж) і подовжніми (рис. 2 з) ребрами.



*а* - стандартний панельний опалювальний радіатор; *б* - панель з двох оцинкованих сталевих листів - гофрованого і плоского; *в* - прокатно-зварна алюмінієва панель; *г* - реєстр з труб з прикріпленим до них листом; *д* - способи з'єднання металевих листів і труби; *е* - реєстр з труб з розпираючими металевими пластинами; *ж* - реєстр з труб з поперечними ребрами; *з* - реєстр з труб з подовжніми ребрами.

Рисунок 2 - Конструкції поглинаючих панелей колекторів (поперечний перетин).

**Поглинаюча панель повинна володіти наступними основними властивостями:**

- корозійною стійкістю по відношенню до теплоносія з метою забезпечення високого терміну служби виробу;
- невеликою масою;
- гарним тепловим контактом між листом і трубами, необхідним для досягнення високої ефективності роботи колектора;
- технологічністю з метою зниження витрат на виготовлення.

Сонячні водонагрівачі встановлюють переважно на даху будівель або біля них.

Влітку з 1 м<sup>2</sup> теплоприймаючої поверхні можна отримати 85 л води з температурою 65°C. Такі системи не дають гарантії забезпечення водою заданої температури у будь-який час доби, але економію палива з їх допомогою можна отримати значну.

На молочних фермах для різних цілей витрачають велику кількість гарячої води. Так, для обмивання вимені корів використовують воду, нагріту до 40°C, а для машинної промивки молокопроводу, доїльних установок, охолоджувальних цистерн - до 55°C.

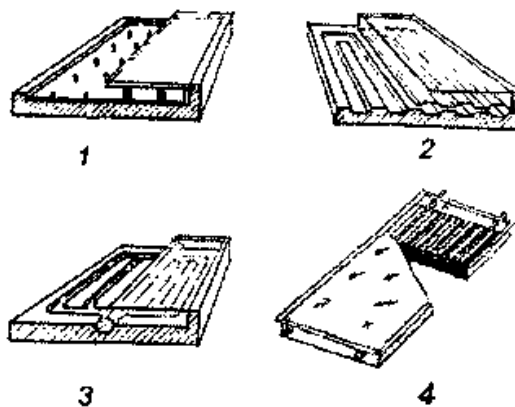
Потреби молочної ферми в гарячій воді можна майже повністю забезпечити за

допомогою геліоустановки. Щоб забезпечити надійне теплопостачання в умовах помірного клімату, до складу водонагрівачів установки **включають додаткове джерело теплової енергії (дублер)**, який працює на традиційних видах палива або на електроенергії, що дозволяє підвищити експлуатаційну готовність установки.

**Конструкції колекторів, які використовують в сільському господарстві, надзвичайно різноманітні.**

Проста конструкція - це коробчата. Колектори можуть бути вмонтовані безпосередньо в будівлі, тоді стіни і дах стають складовими частинами колектора. Конструкції колекторів постійно удосконалюються. Один з напрямів підвищення їх ефективності - включення в поглинаючий шар спеціальних хімічних сполук, що підвищують абсорбційну здатність.

На рисунку 3 представлені геліоколектори, які застосовуються для нагріву води на тваринницьких фермах.



1 – "лист"; 2 – "лист-труба"; 3 – "лист-труба"; 4 – стандартний панельний опалювальний радіатор.

Рисунок 3 - Геліоколектори в розрізі

Продуктивність геліоустановок, які використовують в молочному тваринництві, коливається в дуже широких межах - від 200 до 2600 л/добу, а площа геліоколекторів, які забезпечують ці установки енергією - від 7 до 470 м<sup>2</sup>.

Середньорічна економія енергії за рахунок цих пристроїв змінюється дуже широко - від 8 до 100 %. Проте абсолютно очевидно, що будь-який, навіть найменший і простий сонячний колектор дозволяє економити енергію. Труднощі використання сонячної енергії полягають не тільки в її перетворенні, але і в накопиченні.

**Своєрідним способом акумуляції енергії Сонця є створення так званих "сонячних ставків", які є модифікацією сонячного колектора.**

Один з "сонячних ставків" побудований в штаті Нью-Мексіко (США). Це водоймище, яке має форму усіченого конуса, з кутом нахилу до обрію  $34^{\circ}$ . Діаметр водного дзеркала 15м, глибина 2,5м. Дно водоймища і служить сонячним колектором. Ставок наповнений 15 % розчином хлориду натрію. Цей сольовий розчин - зберігач тепла, а над ним знаходиться шар чистої води, який виконує функції теплоізолятора. Розчинність солі збільшується з підвищенням температури, отже, теплий насичений розчин буде щільнішим, ніж холодний, унаслідок чого він мимоволі опускається в нижню зону ставка. Теплий розчин відкачують з дна, тепло з нього відбирають за допомогою теплового насоса, відпрацьований розчин знову подають у водоймище. Максимальна температура розчину  $109^{\circ}\text{C}$ . Навіть у несприятливіший період з листопада по лютий при коливаннях температури розчину від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $10^{\circ}\text{C}$  і середньому значенні потоку сонячної радіації  $100 \text{ Вт/м}^2$ , теплова енергія, акумульована ставком, склала 6,4 тис. кВт-год.

**Із застосуванням штучної сушки заготовлюють дуже великі об'єми сіна.**

Найчастіше здійснюють досушування трави примусовим вентиляванням за допомогою підігрітого повітря. При цьому на кожен тону корму витрачають 6-7 кг дизельного палива, що в перекладі в енергетичні одиниці складає 250-290 тис. кДж. Ще енергоємніший процес - заготівля трав'яної різки у високотемпературних сушарках. В даному випадку на виробництво 1 тонни готової продукції витрачають 210-250 кг дизельного палива і близько 150 кВт-год. електроенергії.

Можна значно скоротити енерговитрати за допомогою Сонця, тобто для активного вентилявання сіна підігрівають повітря за допомогою сонячної енергії. Досягається це за допомогою все тих же сонячних колекторів, причому конструкція їх може бути найпростішою. Так, звичайний сталевий лист площею  $2,8\text{м}^2$  пофарбований в чорний колір і забезпечений поліетиленовим покриттям, дозволяє підігрівати повітря до  $50\text{-}60^{\circ}\text{C}$ .

### 6.3 Перетворення сонячної енергії в роботу

#### **Перетворення сонячної енергії в механічну здійснюється в дві стадії.**

**Перша стадія** включає фототермічне перетворення, в результаті якого сонячна енергія, яка поглинається в колекторі, нагріває теплоносії. При цьому, для таких робочих тіл, як водяний пар або пар органічних речовин (фреонів), відбувається процес утворення і перегріву пари.

**Друга стадія** здійснюється в тепловому двигуні, в якому тепла енергія робочого тіла перетворюється в роботу. В циклі теплового двигуна робоче тіло (водяна пара, пари фреонів або повітря) отримує теплоту  $Q_1$  від джерела тепла, внаслідок чого воно (робоче тіло) розширюється і виконує роботу, віддає теплоту  $Q_2$  навколишньому середовищу, і при цьому стискається з витратою роботи.

**Корисна робота циклу дорівнює різниці кількості теплоти, що подається і відведеної**

$$L = Q_1 - Q_2 . \quad (1)$$

**Ефективність перетворення теплоти в роботу характеризується термічним ККД циклу**

$$\eta = 1 - Q_2 / Q_1 . \quad (2)$$

Найбільш ефективно перетворення теплоти в роботу відбувається в циклі Карно, який складається з ідеальних процесів з **підведенням теплоти при постійній температурі  $T_1$  і відведенні теплоти при постійній температурі  $T_2$** .

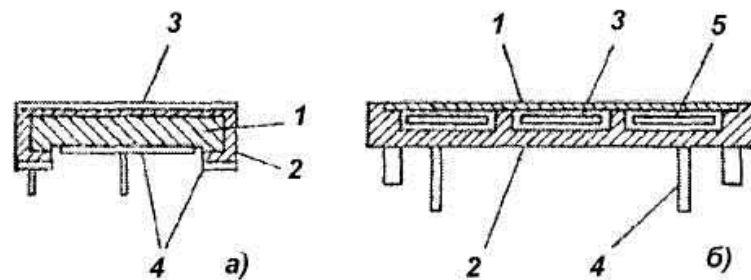
Термічний ККД визначають за формулою

$$\eta_{\text{тк}} = 1 - T_2 / T_1 . \quad (3)$$

Максимальні величини термічного ККД складають 0,48 для паросилових установок і 0,36 для двигунів внутрішнього згорання і газотурбінних установок, що в 1,5-2,5 раз нижче, ніж в циклі Карно.

**Перспективним способом використання сонячної енергії є пряме фотоелектричне перетворення енергії Сонця з використанням напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів (рисунок 4).**

Енергія сонячної радіації може бути перетворена в постійний електричний струм за допомогою **сонячної батареї** - пристрій, який складається з плівки кремнію або іншого напівпровідникового матеріалу.



- а) 1 – кремній p-типу; 2 – кремній n-типу; 3 – плівка з діоксиду кремнію; 4 – електрод.  
б) 1 – пластина з акрилової смоли; 2 - корпус; 3 - сонячний елемент; 4 - електрод; 5 - повітряний зазор.

Рисунок 4 - Сонячний елемент (а) і модуль сонячних батарей (б).

Принцип дії фотоелектричних перетворювачів заснований на використанні явищ внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках і ефекту розділення носіїв заряду, що фотогенеруються.

Кремній, який використовується у фотоелектричних перетворювачах відрізняється високою технологічністю, великим терміном служби, високою рухливістю носіїв заряду і широкою поширеністю в природі.

**Перевага фотоперетворювачів** обумовлена відсутністю рухомих частин, їх високою надійністю і стабільністю, при цьому термін їх служби практично не обмежений. Вони мають малу масу, відрізняються простотою в обслуговуванні, ефективним використанням як прямої, так і розсіяної сонячної радіації. Модульний тип конструкції дозволяє створювати установки, практично, будь-якої потужності і робить їх перспективними.

**Недоліком фотоелектричних перетворювачів** є висока вартість і низький ККД.

Напівпровідникові сонячні батареї працюють з ККД, який не перевищує 10%. Їх застосування дозволяє отримати протягом року 1500 кВт-год/м<sup>2</sup> електричної енергії для південних районів України.

В даний час 25% світового виробництва сонячних батарей доводиться на

Японію.

Фірма «Боїнг» (США) створила двошаровий елемент, що складається з двох напівпровідників - арсеніду і антимоніду галію, з коефіцієнтом перетворення сонячної енергії в електричну рівним 37 %.

Простим пристроєм, який збирає велику кількість сонячної енергії, є плоска батарея, яка складена з великої кількості сонячних елементів, сполучених в послідовні і паралельні групи для отримання необхідної вихідної потужності.

З метою зменшення вартості сонячних елементів використовують методи концентрації сонячного випромінювання з використанням меншої кількості елементів. Перевагами таких систем є значне зниження необхідної площі дорогих сонячних елементів, висока ефективність, як результат досконалої конструкції сонячних елементів і пристроїв для охолодження. Але, ці установки ускладнені датчиками автоматичного стеження за Сонцем і відведення теплової енергії.

В якості концентраторів в закордонних і вітчизняних розробках найчастіше використовують параболоциліндричні пристрої або лінзи Френеля. Ступінь концентрацій для кремнієвих сонячних елементів складає 25-50.

Описані вище перетворювачі використовуються в крупних сонячних фотоелектричних установках:

- плоского типу потужністю 20-150 кВт;
- з концентраторами потужністю 27-225 кВт;
- фотоелектричних станціях потужністю 200-300 кВт.

**Сонячні фотоелектричні перетворювачі використовуються також і в сільському господарстві.** Відповідним об'єктом їх використання виявилися електроогорожі, які працюють від сонячних батарей і застосовуються часто під час випасу великої рогатої худоби і пасовищному утриманні овець. Площа сонячних батарей для роботи електроогорож залежить від їх довжини і часто складає 0,05-0,4 м<sup>2</sup>.

Які ж можливості фотоелектричних перетворювачів в забезпеченні енергією більш потужних споживачів? Наприклад, зрошувальна система, яка працює від сонячних фотоелектричних перетворювачів. Подібним апаратом є дві панелі

завдовжки 107 м і шириною 2,4 м, на яких розташовано біля 100 тис. кремнієвих фотоелементів. Електрична потужність перетворювача досягає 25 кВт, КПД – 11 %.

Акумулятор, який використовується в цій установці здатний накопичувати до 90 кВт-год електроенергії. Продуктивність зрошувальної системи, яка працює від фотоелектричних перетворювачів, складає близько 4000 л/хв. Система обслуговує 32 га посівів кукурудзи і сої.

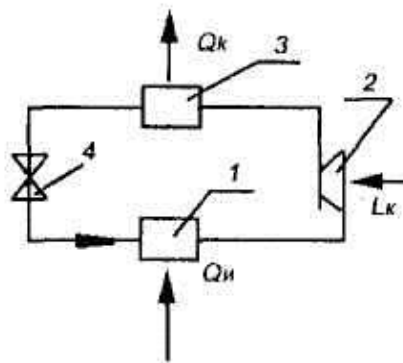
Установка складається з погрузного електричного насоса і декількох сонячних фотоелектричних перетворювачів, які виконані у вигляді плоских панелей. На кожній панелі розміщено 33 фотоелектричні елементи, які послідовно сполучені між собою. Вихідна потужність панелі 36 Вт при напрузі 16 В. Розрахунковий термін служби таких панелей - 40 років. Панелі зазвичай встановлюють на металевій щоглі (мачте) і орієнтують на максимум випромінювання Сонця.

Кількість панелей, що підключаються, залежить від потужності приводу водопідіймальної установки. Наприклад, для підйому води з глибини 15 м застосовують 4 панелі, а з 61 м - 12 панелей. Установки такого типу з продуктивністю 355-680 л протягом доби можна використовувати також для водопостачання житлових будинків і тваринницьких приміщень.

## 6.4 Отримання холоду за допомогою сонячної енергії

**Для отримання холоду за допомогою сонячної енергії використовують парокомпресійні і абсорбційні холодильні установки.**

Парокомпресійна холодильна установка (рисунок 5) складається з випарника, компресора, конденсатора, дросельного вентиля і сполучних трубопроводів. В якості робочого тіла використовують – хладагент (в основному використовується фреон 11, 12, 22, 113, 114).



1 - випарник; 2 - компресор; 3 - конденсатор; 4 - дросельний вентиль.

Рисунок 5 - Схема парокомпресійної холодильної установки

**Цикл холодильної установки здійснюється таким чином.**

В результаті підведення тепла  $Q_{и}$  у випарнику 1 хладагент випаровується при низькій температурі і відповідному низькому тиску.

Пари хладагента, що утворюються, стискаються в компресорі 2, для чого витрачається робота  $L_{к}$ . При відведенні теплоти  $Q_{и}$  в конденсаторі 3 пари охолоджуються і конденсуються при вищій (в порівнянні з випарником) температурі і тиску. При проходженні хладагента через дросельний вентиль 4 його тиск і температура знижуються до рівня тиску і температури в випарнику 1 і частина хладагента випаровується без підведення теплоти ззовні.

Ефективність циклу холодильної установки визначається відношенням холодопродуктивності  $Q_{и}$  до роботи  $L_{к}$ , яка витрачається на стиснення пари хладагента в компресорі

$$E = \frac{Q_{и}}{L_{к}}. \quad (4)$$

Цикл здійснюється в діапазоні температур у випарнику  $T_u$  і конденсаторі  $T_k$  в максимально можливий **холодильний коефіцієнт**, що відповідає ідеальному циклу Карно. **Холодильний коефіцієнт** визначають за формулою

$$E = \frac{T_u}{T_u / T_k}. \quad (5)$$

Холодильний коефіцієнт дорівнює  $E = 2-4$  і збільшується при зменшенні різниці температур у випарнику і конденсаторі.

**В абсорбційній холодильній установці для виробництва холоду використовується теплота, а робочим тілом служить бінарна суміш хладагента і абсорбенту.**

**Абсорбент** – це така рідина, яка хімічно зв'язується з хладагентом при низьких температурах. Зазвичай використовуються такі суміші: вода (хладагент) - бромистий літій (абсорбент) або аміак (хладагент) - вода (абсорбент).

Принцип роботи бромисто-літєвої абсорбційної холодильної установки пояснюється з допомогою рисунка 6.

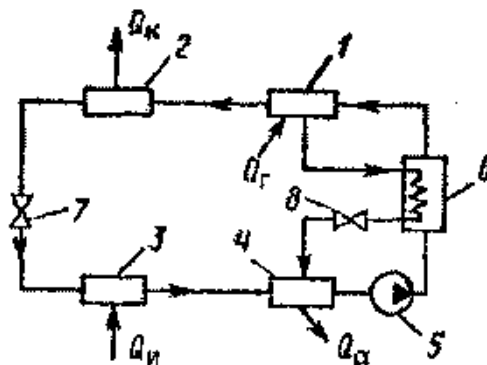


Рисунок 6 - Схема абсорбційної холодильної установки

Установка складається з генератора 1, конденсатора 2, випарника 3, абсорбера 4, насоса 5, теплообмінника 6, дросельного вентиля 7.

В абсорбційній установці компресор відсутній, а тиск підвищується спочатку при розчиненні хладагента в слабкому розчині в абсорбері. Цикл починається з випаровування води з міцного розчину і перегріву водяної пари, що утворюється, в генераторі, куди підводиться теплота від геліоколектора. Температура в генераторі

дорівнює 77 - 99°C. Пара з генератора поступає в конденсатор, де він охолоджується до 37 - 40°C водою з градирні, і перетворюється на рідину, яка потім знов частково випаровується при розширенні в дросельному вентилі.

Повне випаровування води відбувається у випарнику при низькому тиску і температурі 4°C, при цьому від повітря в приміщенні (або води) відводиться теплота, яка необхідна для випаровування хладагента. Пар низького тиску поступає в абсорбер, де він поглинається слабким розчином, даючи міцний розчин, який насосом подається через теплообмінник в генератор. В циклі теплота від робочого тіла відводиться в конденсаторі  $Q_k$  і абсорбері  $Q_a$ , а підводиться в генераторі  $Q_g$  і випарнику  $Q_u$ . Коефіцієнт перетворення енергії для абсорбційної холодильної установки рівний відношенню холодопродуктивності  $Q_u$  до кількості теплоти, підведеної до генератора  $Q_g$ .

$$E = \frac{Q_u}{Q_g}. \quad (6)$$

Типове значення цього коефіцієнта для бромисто-літєвої установки 0,6-0,8, а для водоаміачної - 0,4-0,6. Ці цифри в 5-7 разів нижчі, ніж для парокомпресійної установки з електроприводом.

**Тепловий насос** - це як би холодильна установка навпаки. Він складається з тих же елементів, що і холодильна установка, тільки працює в іншому температурному режимі і призначений для гарячого водопостачання за рахунок використання теплоти навколишнього середовища (сонячної енергії, повітря, води, ґрунту).

**Існують парокомпресійні і абсорбційні теплові насоси.** Аналогічно холодильній установці, парокомпресійний тепловий насос включає конденсатор, випарник, теплообмінник, дросельний вентиль, компресор. Цикл роботи теплового насоса здійснюється в діапазоні температур робочого тіла в конденсаторі і випарнику. Баланс енергії парокомпресійного теплового насоса записується у вигляді рівняння

$$q_k = q'_U \cdot l_k, \quad (7)$$

де  $q_k$  – кількість теплоти, що відводиться в конденсаторі, кДж/кг;  
 $q_U$  – кількість теплоти, що відводиться у випарнику, кДж/кг;  
 $l_k$  - робіт стиснення хладагента в компресорі.

Ефективність установки у разі, коли тепловий насос використовується для опалювання будівлі, **характеризується тепловим опалювальним коефіцієнтом перетворення енергії**

$$\varphi = \frac{q_k}{l_k}. \quad (8)$$

У парокомпресійному тепловому насосі в якості джерела теплоти, що підводиться до робочого тіла випарника, може використовуватися ґрунтова вода або вода з річки, моря, озера, вологий ґрунт, зовнішнє повітря, сонячна радіація. Підведення і відведення теплоти здійснюється за допомогою циркулюючого теплоносія - води або повітря.

**Залежно від джерела теплоти і тепловідвідного середовища розрізняють теплові насоси типу:**

- вода-вода,
- ґрунт-вода,
- повітря-вода,
- вода-повітря,
- ґрунт-повітря,
- повітря-повітря.

Найбільш придатні для систем опалення перші три, а для охолодження - останні.