

ТЕМА 6. ІНШІ ВИДИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

6.1. Геліоенергетика

Основні питання

1. Сонячна енергія. Техніко-економічні аспекти.
2. Структура Сонця.
3. Фізичні основи використання сонячної енергії.
4. Теплове використання сонячної енергії.
5. Фотоелектричне перетворення сонячної енергії.
6. Фотобіологічне перетворення сонячної енергії.
7. Деякі висновки та завдання.

6.1.1. Сонячна енергія. Техніко-економічні аспекти

Наша галактика, яку називають Чумацьким Шляхом, включає в себе 100 млрд. зірок. Це тільки одна із 100 млрд. таких галактик, які існують у Всесвіті.

Сонце обертається по орбіті у центрі Чумацького Шляху кожні 225 млн. років. Тому, ми можемо обчислити повні обертання сонячної системи у центрі Чумацького Шляху при швидкості 830 км/год. (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Основні характеристики Сонця

Спектральний клас	G2
Розміри (величина)	+4,8
Відстань від Сонця до Землі	149598000 км $\approx 1,496 \cdot 10^{11}$ м тобто 1 астрономічна одиниця
Радіус	696000 км = $6,96 \cdot 10^8$ м
Маса	$1,989 \cdot 10^{30}$ кг або 330000 земних мас
Склад	78% водню, 20% гелію, 2% інші речовини
Температура поверхні	5800 Кельвін (K) або 5526,85 °C
Період обертання	27,25 діб на сонячному екваторі
Вік	4,60 млрд. років
Енергетична потужність	$3,82 \cdot 10^{33}$ Вт
Енергія, що потрапляє на Землю	1,370 Вт/м ²

Сонячна енергія – одне з найбільш значних джерел енергії на

нашій планеті, на які може розраховувати людство. Потужність сонячного випромінювання, яка припадає на 1 м² земної поверхні, становить близько 1 кВт, а на площу, поверхнею 100х100 км, – близько 10 млрд. кВт. За розрахунками вчених, загальні світові запаси сонячної енергії становлять 86 трлн. т у.п. на рік.

Де виникає енергія Сонця? Кожна друга ядерна реакція перетворює приблизно 700 млн. т водню у гелій і при цьому вивільняється велика кількість енергії. Як видно з таблиці 6.2, промениста енергія сонця має найбільший загальний потенціал у порівнянні з усіма іншими світовими запасами альтернативних джерел енергії.

Таблиця 6.2

Світові запаси альтернативних джерел енергії

Альтернативні джерела енергії	Загальний потенціал, млрд. т у.п./рік	Технічний потенціал, млрд. т у.п./рік	Доцільно економічний потенціал, млрд. т у.п./рік
Промениста енергія Сонця	86 000	5	1
Теплова енергія морів і океанів	7500	1	0-1
Енергія вітру	860	5	1
Гідроенергія, у тому числі:	6,065	3	1,52
• енергія водотоків	3	2,91	1,5
• енергія хвиль	3	0,05	0,01
• енергія припливів	0,065	0,04	0,01
Біомаса, всього, у тому числі:	40	2,55	2,0
• лісів	15	1,5	1,5
• рослин	10	1,0	0,5
• водоростей	15	0,05	0
Геотермальна енергія	16	0,4	0,2
Усього	94422,065	16,95	5,72 – 6,72

Енергія будь-якого виду органічного палива – це сонячна енергія, акумульована у формі хімічної. Сонячна енергія концентрується переважно у вуглеводах – глюкозі, цукрі, крохмалі й целюлозі. При спалюванні палива виділяється накопичена в ньому сонячна енергія. Проте цей процес екологічно шкідливий – він отрує атмосферу токсичними речовинами.

Забруднення навколишнього середовища особливо традиційними джерелами енергії в останні десятиліття досягло небачених розмірів. При збереженні таких негативних тенденцій погіршення екології Землі, через 20-30 років емісія вуглекислого газу в біосферу планети досягне 43 млрд. т, діоксиду сірки – 355 млн. т, об'єм зіпсованої води становитиме 15 трлн. 270 млрд. т.

Сонячне випромінювання – це невичерпне джерело екологічно чистої енергії.

Структура Сонця

Сонце – центральне і наймасивніше тіло сонячної системи, це, по суті, воднева бомба, термоядерний реактор, в якому з атомів водню синтезуються атоми гелію. При цьому перетворенні вивільняється енергія у формі випромінювання різних видів, яке утворює неперервний спектр із хвилями різної довжини.

Маса Сонця у 330 тис. разів перевищує масу Землі. Під впливом власної гравітації його речовина в центрі знаходиться під величезним тиском і має таку високу температуру, що там виникають ядерні реакції. Вони супроводжуються виділенням енергії, яку Сонце безперервно випромінює в навколишній простір. Відносно невелике ядро становить більшу частину маси Сонця і майже повністю визначає його світність.

Енергія та сонячна речовина переносяться на поверхню Сонця за допомогою конвекції.

Фотони зі швидкістю світла виникають в ядрі. Потім вони рухаються до поверхні Сонця відносно повільно, оскільки їх траєкторія руху проходить через сонячну речовину, котра, певною мірою, пригальмовує цей рух. Сонце настільки густе, що фотони витрачають близько 1 млн. років, щоб досягти його поверхні.

6.1.2. Фізичні основи використання сонячної енергії

Пряме використання сонячної енергії поділяється на теплове, фото- і термоелектричне перетворення, тобто на одержання теплової або електричної енергії під впливом сонячної радіації на різних спеціальних приймальних пристроях – сонячних колекторах (СК) чи фотоперетворювачах.

Теплове використання сонячної енергії

Для характеристики сонячного випромінювання і взаємодії його з речовиною використовуються такі основні величини.

Потік випромінювання – енергія, що випромінюється електромагнітними хвилями за одну секунду через одиницю довільної поверхні [Дж/с = Вт].

Щільність потоку випромінювання (енергетична освітленість) – відношення потоку випромінювання до площі поверхні, що опромінюється. Щільність потоку випромінювання від Сонця, що падає на перпендикулярну до нього площадку поза земною атмосферою, ще

називається **сонячною константою**.

Коефіцієнт поглинання – відношення потоку випромінювання, що поглинається поверхнею тіла, до потоку випромінювання, який падає на цю поверхню у тому самому спектральному інтервалі. Залежить від частоти (довжини хвилі) випромінювання, природи і температури тіла. Тіло, для якого коефіцієнт поглинання дорівнює одиниці, поглинає все випромінювання, що на нього падає, і називається абсолютно чорним тілом.

Відбивна здатність тіла – відношення потоку випромінювання, відбитого поверхнею тіла, до потоку, що падає на його поверхню. Для поверхонь, що розсіюють падаюче сонячне випромінювання, цю величину називають *альбедо*.

Сонячні водопідігрівники (геліоводопідігрівники). Перетворення сонячної енергії у теплову забезпечується за рахунок здатності атомів речовини поглинати електромагнітне випромінювання. При цьому енергія електромагнітного випромінювання перетворюється в кінетичну енергію атомів і молекул речовини, тобто в теплову енергію. Результатом цього є підвищення температури тіла.

Для енергетичних цілей найбільш розповсюджене використання сонячного випромінювання для нагрівання води у системах опалення і гарячого водопостачання. Основним елементом сонячної нагрівальної системи є приймач, в якому відбувається поглинання сонячного випромінювання і передача енергії рідини. Найбільш розповсюджені плоскі (нефокусуючі) приймачі, які дозволяють збирати як пряме, так і розсіяне випромінювання й, з огляду на це, здатні працювати також і в хмарну погоду. Вони мають невисоку вартість і є кращими під час нагрівання рідин до температур нижче 100 °С.

Характеристика деяких конструкцій сонячної нагрівальної системи така:

- відкритий резервуар на поверхні землі (наприклад, басейн) – найпростіший можливий нагрівач води. Підвищення температури води обмежено високим коефіцієнтом віддзеркалення поверхні води, тепловіддачею до землі і повітря, витратою частини поглиненого тепла на випаровування води.

- відкритий резервуар (теплоізований від землі). Підвищення температури води обмежено високим коефіцієнтом віддзеркалення поверхні води, тепловіддачею до повітря, витратою частини поглиненого тепла на випаровування води.

- чорний резервуар (рідина знаходиться в ємності з чорною матовою поверхнею), звичайно розташовується на даху будинку.

Втрати тепла на випаровування відсутні, коефіцієнт поглинання чорної поверхні близький до одиниці. Нагрівачі цього типу недорогі, прості у виготовленні, дозволяють нагрівати воду до температури близько 45°C. Значного поширення набули в Японії та Ізраїлі;

- чорний резервуар (з теплоізолюваним дном). Дозволяє зменшити майже в два-три рази втрати тепла, які мають місце у попередній конструкції. Для досягнення цього достатньо всього декількох сантиметрів ізолюючого шару;

- закриті чорні нагрівачі (ємність нагрівача поміщають у контейнер із прозорою для сонячного випромінювання кришкою, кращим матеріалом для якої є скло). Дозволяють унеможливити тепловіддачу від приймача у повітря, особливо у вітряну погоду;

- металеві проточні нагрівачі (вода протікає по паралельних трубках, закріплених на затемненій металевій пластині). Звичайно діаметр трубок становить близько 2 см, відстань між ними – 20 см, товщина пластини – 0,3 см. Пластину з трубками для захисту від вітру поміщають у контейнер зі скляною кришкою.

Характеристики проточного нагрівача можуть бути поліпшені за рахунок зменшення конвективного переносу між приймальною пластинною і скляною кришкою та радіаційних втрат від пластини, а також використання вакуумізованих приймачів, в яких заповнена рідиною чорна трубка міститься всередині зовнішньої скляної трубки й у просторі між ними створюється вакуум. Останнє унеможливорює конвективний перенос тепла через зовнішню поверхню.

Нагріту у проточному нагрівачі рідину можна використовувати відразу чи залишити про запас. Прокачування нагрітої рідини може здійснюватися як примусово, так і природною циркуляцією (конвекцією). В останньому випадку нагрівач має знаходитися нижче нагромаджувача нагрітої води. Швидкість прокачування має бути такою, щоб температура води підвищувалася приблизно на 4°C при кожному проході через нагрівач.

Перевагою системи з примусовою циркуляцією є: можливість використання існуючих водонагрівальних систем шляхом введення до їх складу приймача сонячного випромінювання і насоса; немає потреби розташовувати накопичувальну ємність вище приймача. Недолік – залежність від тієї електроенергії, яку споживає насос.

Підігрівачі повітря. Сонячне випромінювання можна використовувати для підігріву повітря, просушування зерна, для обігріву будинків. Для останніх у кліматичній зоні України витрачається більше

третини усіх первинних енергетичних ресурсів. Часткове розвантаження енергетики, пов'язане з проектуванням чи перебудовою будинків шляхом використання сонячного тепла, дозволяє заощадити значну кількість енергоносіїв систем теплопостачання.

Теплопровідність повітря набагато нижча, ніж води. Тому нагрівачі такого типу виготовляють з шорсткуватими прийомними поверхнями, які мають велику площу теплообміну, що дозволяє за рахунок турбулізації потоку значно підвищити інтенсивність тепловіддачі.

Сонячні системи для одержання електроенергії (сонячні електростанції). Концентрація сонячної енергії дозволяє одержувати температури до 700°C , що є достатнім для роботи звичайного теплового двигуна з прийнятним коефіцієнтом корисної дії. Наприклад, параболічний концентратор з діаметром дзеркала 30 м дозволяє сконцентрувати потужність випромінювання порядку 700 кВт, що дає можливість одержати до 200 кВт електроенергії. Колектор передає сонячну енергію теплоносію (останній у цьому випадку може бути у вигляді водяної пари високої температури), яка спрямовується у парову турбіну для вироблення електроенергії.

Для створення сонячних електростанцій великої потужності (близько 10 МВт) можливі два варіанти: розосереджені колектори і системи з центральною сонячною вежею. Сонячна електростанція з розосередженими колекторами складається із безлічі невеликих концентруючих колекторів, кожен з яких незалежно стежить за Сонцем, передає енергію рідині (теплоносію), яка збирається від усіх колекторів у центральній енергостанції і надходить на турбіну електрогенератора.

Сонячна електростанція з центральною вежею складається з плоских дзеркал, розташованих на великій площі, що стежать за Сонцем і відбивають сонячні промені на центральний приймач, розміщений на вершині вежі.

Акумулятори теплової енергії. Застосування описаних нижче стандартних нагрівачів виявляється занадто дорогим для нагрівання великих об'ємів рідини до температур 100°C . У цьому випадку ефективне застосування “сонячного ставка”, який має вигляд оригінального нагрівача, де теплозахисною поверхнею слугує вода.

У “сонячний ставок” (достатньо велику водойму, вириту просто у землі) заливається кілька шарів води різного ступеня солоності. Шар найбільшої солоності, товщиною приблизно 0,5 м, розташовується на дні і нагрівається за рахунок сонячного випромінювання, яке поглинається дном водойми.

Таким чином, у неоднорідній водоймі придонний шар води більш солоний, ніж шар над ним, і його щільність хоча і зменшується при нагріванні, але залишається вище щільності більш високого шару. Відсутність конвекції, яка спостерігається у цьому випадку, сприяє тому, що придонний шар нагрівається дедалі сильніше. Використання розчинів, щільність яких підвищується при нагріванні, дозволяє мати стабільні сонячні ставки, в яких досягається температура 90°C і вище. Наприклад, сонячний ставок у Ейн-Бореке (Ізраїль) виробляє 150 кВт електроенергії з площі 0,74 га при вартості 0,1 долар США за 1 кВт.

Пряме перетворення сонячної енергії в електричну (фотоелектричні перетворювачі). Найбільш оптимальним є пряме перетворення сонячної енергії в електричну, що стає можливим при використанні *фотоефекту*.

Фотоефект – електричне явище, яке відбувається під час освітлення речовини, а саме: вихід електронів з металів (фотоелектрична емісія чи зовнішній фотоефект), переміщення зарядів через границю розділу напівпровідників з різними типами провідності (*p-n*).

Під час освітлення межі розділу напівпровідників з різними типами провідності (*p-n*) між ними виникає різниця потенціалів.

Це явище називається вентильним фотоефектом, на використанні якого засноване створення фотоелектричних перетворювачів енергії (сонячних елементів і батарей).

Сонячні елементи характеризуються коефіцієнтом перетворення сонячної енергії в електричну, котрий є відношенням падаючого на елемент потоку випромінювання до максимальної потужності електричної енергії, що виробляється. Кремнієві сонячні елементи мають коефіцієнт перетворення 10-15 %, тобто при освітленості 1кВт/м² виробляють електричну потужність 1-1,5 Вт з кожного квадратного дециметра.

Типову структуру сонячного елемента з *p-n* переходом зображено на рис. 6.1. Вона включає у себе шар напівпровідника 1 товщиною 0,2-1,0 мікрона з *n*- провідністю, шар напівпровідника 2 товщиною 250-400 мікронів з *p*- провідністю, додатковий потенційний бар'єр 3 товщиною 0,2 мкм, металевий контакт 4 з тильного боку, сполучний провідник 5 з лицьовою поверхнею попереднього елемента, віддзеркалююче покриття 6, лицьовий контакт 7, провідник 8 з'єднання з контактом наступного елемента.

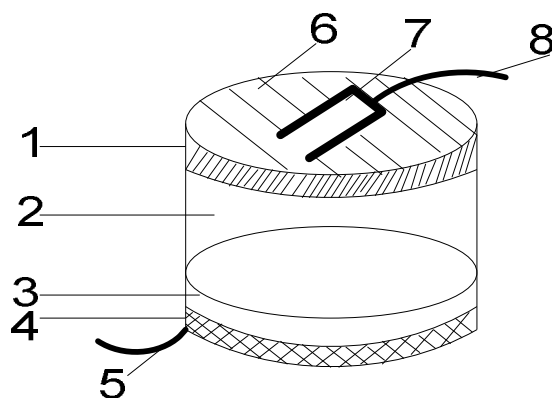


Рис. 6.1. Сонячний елемент:

1 – шар напівпровідника з n -провідністю; 2 – шар напівпровідника з p -провідністю; 3 – додатковий потенційний бар'єр; 4 – металевий контакт з тильного боку; 5 – сполучний провідник з лицьовою поверхнею попереднього елемента; 6 – віддзеркалююче покриття; 7 – лицьовий контакт; 8 – провідник з'єднання з контактом наступного елемента.

Сонячні елементи з'єднуються послідовно у сонячні модулі, які, своєю чергою, паралельно – у сонячні батареї (рис. 6.2).

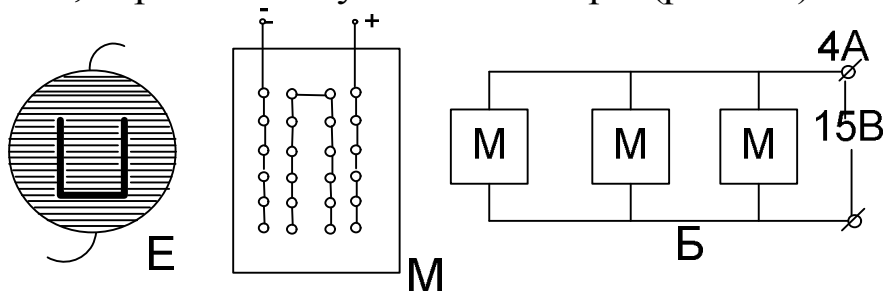


Рис. 6.2. Схеми робочого елемента, з'єднання елементів у модулі та модулів у батарею:

Е – сонячний елемент, М – сонячний модуль, Б – сонячна батарея

Сонячні приймальні пристрої застосовуються у системах живлення та охолодження приміщень, у технологічних процесах, які відбуваються за низьких, середніх і високих температур. Вони використовуються для одержання гарячої води, опріснення морської або мінералізованої води, для сушіння матеріалів та сільськогосподарських продуктів, тощо. Завдяки сонячній енергії, здійснюється процес фотосинтезу та ріст рослин, відбуваються різні фотохімічні процеси.

Сонячні теплові системи бувають пасивними й активними.

Пасивні системи – це, як правило, нерухомі пристрої, сонячні колектори (СК), зорієнтовані під певним кутом до горизонту на

південь. Це можуть бути стіни й покрівля будинків, на яких розташовуються СК. У певний спосіб пофарбовані, засклені, вони дають можливість одержувати за рахунок сонячної радіації низькотемпературне тепло, що використовується для обігрівання, вентиляції приміщень, підігрівання води тощо.

Активні теплові сонячні системи мають особливі пристрої, за допомогою яких сонячні колектори “стежать” за розташуванням Сонця. У таких системах досягаються температури від 100 до кількох тисяч градусів Цельсія.

Пасивні сонячні системи застосовуються протягом багатьох років – теплиці, тераси будинків, спрямовані на південь. На цих системах базується такий важливий напрям в енергетиці і будівництві, як “сонячна архітектура”. Роль її особливо зросла в останні роки, коли вартість палива й експлуатації звичайних опалювальних систем збільшилися у багато разів і коли ми навчилися оцінювати втрати навколишнього середовища за рахунок його забруднення. Досвід показує, що пасивні сонячні системи дають змогу забезпечити від 30 до 60 % тепла, потрібного для обігрівання й гарячого водопостачання приміщень.

Сонячні колектори (СК) – це основні елементи теплових сонячних систем як пасивних, так і активних. Здебільшого вони бувають плоскі й містять трубчасті або плоскі теплообмінники, в яких нагріваються теплоносії за рахунок поглинання сонячної радіації. Розрізняють колектори з природною і вимушеною (за допомогою насосів) циркуляцією теплоносія. Колектори з вимушеною циркуляцією теплоносія площею 1,5 м кв. здатні нагрівати за 5-6 годин у середньому 100 л води до 70-80°C, тобто один колектор спроможний забезпечити невелику родину гарячою водою протягом одного дня. Приклади сонячних колекторів наведені на рис. 6.3, 6.4.



Рис. 6.3. Сонячні колектори

Пласкі колектори використовують переважно у системах гарячого водопостачання; для систем опалення й кондиціювання, як нагрівачі води і повітря, для одержання пари низького тиску. Встановлюють їх безпосередньо як невід’ємний елемент стіни або покрівлі будинку з оптимальною орієнтацією у залежності від пори року.

У фокусуючих колекторах використовують оптичні системи – дзеркала або лінзи – для збільшення густини сонячної радіації на поверхні, яка поглинає енергію (це дає змогу зменшити її площу, а отже, знизити теплові втрати).



Рис. 6.4. Будинки з сонячними колекторами на даху, Японія

Нині у світі діють сонячні електростанції, в яких використовують різні принципи перетворення енергії, а також високотемпературні сонячні печі, призначені для одержання чистих матеріалів, відпрацювання вузлів СЕС та інших цілей. Сонячні установки застосовуються у системах живлення та охолодження приміщень, у технологічних процесах, які відбуваються за низьких, середніх і високих температур. У нашій країні (зокрема у Криму) працює сонячна електростанція потужністю 5 МВт, у котрій основним елементом є башта висотою 50 м з водяним котлом.

6.1.3. Фотоелектричне перетворення сонячної енергії

Серед усіх способів одержання електрики з енергії Сонця найбільш ефективний і перевірений в умовах тривалої експлуатації на Землі та в космосі є фотоелектричний метод прямого перетворення променистої енергії за допомогою напівпровідникових сонячних батарей.

Явище фотоефекту у напівпровідниках відкрите 1876 року у Селені. Вже більше ста років його інтенсивно досліджують і використовують на практиці. Проте практичне застосування для енергетики кремнієвих сонячних батарей почалося лише 1958 року після запуску супутників Землі. З того часу напівпровідникові сонячні батареї є основними і майже єдиними джерелами енергопостачання космічних апаратів. Ще зовсім нещодавно вважали, що

фотоелектричний метод перетворення сонячної енергії перспективний лише для вирішення часткових завдань, зокрема для автономних систем електроживлення у важкодоступних або віддалених районах. Наприклад, 1975 р. сумарна потужність всіх сонячних батарей на напівпровідникових фотоелементах у США становила 100 кВт, вартістю більше 20000 доларів за піковий кіловат встановленої потужності. Розвиток нових методів виробництва напівпровідникового кремнію, розробка нових матеріалів і створення принципово нових типів фотоелектричних перетворювачів кардинально змінили становлення у цій галузі. Коефіцієнт корисної дії (ККД) кращих зразків сонячних батарей, встановлених на поверхні Землі, становить 26%, а у промислових зразках – 14%. Теоретично доведено можливість створення сонячних батарей на однорідних напівпровідниках, ККД яких становитиме понад 30%.

Важливим показником, що характеризує можливість широкого використання фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії в електричну, є вартість 1 Вт максимальної потужності, яка нині дорівнює 0,8 долара США. За повної вартості сонячних елементів – 4 долари США за 1 Вт, допоміжної апаратури – 2 долари США за 1 Вт, опроміненні місцевості 20 МДж/м у день та довговічності сонячних батарей 20 років вартість електроенергії становитиме приблизно 16 центів США за 1 кВт (4,4 цента за МДж). Така ціна є цілком конкурентоспроможною з вартістю електроенергії, що виробляється дизель-генераторами у віддалених районах, де вартість доставки палива й обслуговування різко зростає. Слід очікувати, що невдовзі сонячні батареї набудуть широкого використання в освітлювальних системах, системах тепло- і водопостачання, першою чергою, у сільських місцевостях.

До недавнього часу найбільш вивченим напівпровідниковим матеріалом, який відповідав вимогам створення на його основі фотоелементів, вважався кремній, тому фотоелементи робили саме з нього. Максимальний, теоретично можливий ККД таких фотоелементів становить 22%.

Як відомо, інтенсивність сонячного випромінювання значно змінюється в залежності від пори року й доби. Тому проблема використання енергії Сонця нашої хвилюється на необхідність її акумулювання і збереження протягом певного часу. З усіх способів акумулювання сонячної енергії найперспективнішим вважається її перетворення на хімічну внаслідок фотохімічних реакцій.

Видається, що невдовзі сонячні електростанції (СЕС) набудуть такого самого розповсюдження, як атомні чи термоядерні електростанції. Сонячні ж батареї застосовуються у космічній техніці.

6.1.4. Фотобіологічне перетворення сонячної енергії

Одним із методів прямого перетворення сонячної енергії є фотосинтез, тобто фотобіологічне перетворення сонячного світла, що дає життя всьому живому на Землі й забезпечує нас органічним паливом. Під час фотосинтезу у рослинах енергія сонячного світла перетворюється, здебільшого, у хімічну енергію вуглеводів, які одержують при відновленні вуглекислого газу. Основні моменти перетворення сонячної енергії у природному фотосинтезі нині досить добре вивчені.

Можливий шлях збільшення біомаси пов'язаний із селекцією рослин, що ефективно перетворюють сонячну енергію, для того, щоб сумарна біомаса (листки, стебла, корені) могла використовуватися для енергетичних цілей. Пошуки оптимальних шляхів використання біомаси рослин тісно пов'язані з необхідністю вирішувати найважчі технологічні й економічні питання, з виявленням найбільш раціональних методів збору або переробки рослинної сировини і відходів органічної речовини. У деяких водоростей (наприклад, у хлорели) експериментально виміряний ККД перетворення сонячної енергії досягає в оптимальних умовах приблизно 6 відсотків. Тобто, використовуючи водорості, можна досить ефективно здійснювати перетворення сонячної енергії в хімічну.

Найважливішою залишається глобальна проблема підвищення використання сонячної енергії культурними рослинами і зниження енерговитрат, пов'язаних зі спалюванням продуктів фотосинтезу. Ця проблема вимагає великого комплексу досліджень у фізіології й агротехніці. З нею тісно пов'язане вивчення механізмів регуляції фотосинтетичної діяльності рослин та їхньої продуктивності.

Розвиток суспільства неминуче вимагатиме повнішого оволодіння сонячною енергією, і безперечно, що біологічний шлях її використання залишиться найважливішим на довгі роки, причому у близькому майбутньому фотосинтез рослин буде єдиним джерелом їжі й атмосферного кисню.

6.1.5. Висновки, завдання та напрями розвитку

В Україні технічний потенціал сонячного випромінювання,

придатний для виробництва електроенергії, оцінюється у 16 ТВт·год. на рік, що становить близько $3,3 \text{ м}^2$ фотоелектричних батарей на одного мешканця з виробництвом 100 кВт·год. на 1 м^2 на рік. Навіть якщо житлові будинки оснащені сучасними енергоощадними побутовими приладами, такий обсяг енергії може забезпечити життєво важливі побутові потреби. Прогнозується, що у 2030 році виробництво електроенергії сонячними фотоелектричними установками становитиме 2 ТВт·год. на рік, а у 2050-му досягне 9 ТВт·год. на рік.

Україна має досить сприятливі кліматичні умови та індустріальну інфраструктуру, які задовольняють потреби інтенсивного розвитку геліоенергетики. Враховуючи світовий досвід, пріоритетними напрямками розвитку сонячної енергетики в Україні можна назвати такі:

- освоєння технологій пасивного сонячного опалення будівель;
- впровадження систем гарячого водопостачання та опалення з використанням сонячних колекторів;
- створення високоефективного обладнання для фотоелектричної енергетики;
- використання комбінованих сонячно-паливних електростанцій та котелень.

Елементи технологій пасивного сонячного опалення нині набули широкого застосовування у житловому будівництві України. Доцільно передбачити розробку типових рішень застосування елементів цих технологій для поліпшення теплозабезпечення житлових, адміністративних та виробничих приміщень. Це саме стосується створення систем сонячно-колекторного теплопостачання. Нині в Україні вводиться щорічно не більше 10000 м^2 сонячно-колекторних систем літнього гарячого водопостачання, що є недостатнім як для кількості, так і для якості. Для такої країни, як Україна потрібно щороку вводити не менше 2 млн. м^2 систем сонячно-колекторного теплопостачання.

У південних регіонах України на базі діючих ТЕС (теплоелектростанцій) можна створювати комбіновані сонячно-паливні електростанції, зокрема з використанням систем підігріву води параболоциліндричними чи параболоїдними концентраторами сонячного випромінювання.

Основні завдання розвитку сонячної енергетики в Україні мають передбачати:

1. Розробку типових архітектурних і технічних рішень для будівництва і модернізації житлових, адміністративних і виробничих

приміщень з метою впровадження енергоекономної технології сонячного опалення – “Сонячний дім”;

2. Розробку конструкції і технології та налагодження серійного виробництва високоефективних сонячних колекторів для потреб населення і підприємств галузі;

3. Виконання НДіДКР (науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт) з метою створення високоефективних фотоелектричних модулів на базі арсеніду гелію та з концентраторами сонячного випромінювання; розробку технологічних схем, проектів та спорудження експериментальних ФЕС (фотоелектричних станцій) та комбінованих сонячно-паливних електростанцій;

4. Створення мережі сервісних підприємств для спорудження і сервісу геліоенергетичних об’єктів.

Основні терміни та поняття

Сонячна енергія. Водень. Гелій. Сонячне випромінювання. Органічне паливо. Глюкоза. Целюлоза. Сонячна радіація. Конвекція. Фотони. Сонячні колектори. Пасивні системи. Активні системи. Плaskі колектори. Фокусуючі колектори. Фотоефект. Сонячні батареї. Кіловат. Фотохімічні реакції. Фотосинтез.

Контрольні запитання та завдання

1. Які є типи сонячних колекторів?
2. Що таке пасивні сонячні елементи і де вони використовуються?
3. Опишіть основні моменти перетворення сонячної енергії у природному фотосинтезі.
4. Наведіть техніко-економічні аспекти сонячної енергетики.
5. Охарактеризуйте відмінності між активними та пасивними сонячними системами.
6. Які фізичні основи використання сонячної енергії?
7. У чому полягає сутність геліоенергетики?
8. Як відбувається фотоелектричне перетворення сонячної енергії?
9. Де виникає енергія Сонця?
10. Охарактеризуйте основні завдання розвитку сонячної енергетики в Україні.

6.2. Вітроенергетика

Основні питання

1. Історія розвитку вітроенергетики.
2. Розвиток вітроенергетики в Україні.
3. Техніко-економічні та екологічні аспекти.
4. Висновки та пропозиції.

6.2.1. Історія розвитку вітроенергетики

Людство живе на дні повітряного океану, у світі вітрів, хоча впродовж тривалого часу не могло пояснити багато явищ, пов'язаних із вітрами. Вітри виникають у результаті перепадів тиску повітря.

Енергія вітру здавна використовувалася людиною. Відомо, що вітряки працювали у Персії за 200 р. до н.е. Ще раніше вони застосовувались у Китаї. До революції 1917 р. у кожному другому українському селі працював вітряк. У наш час великі здобутки розвитку вітроенергетики мають Данія, США, Канада, Нідерланди, Іспанія, Греція та ін.

Першу вітрову електростанцію потужністю 100 кВт споруджено у Криму 1931 р. Нині в Україні зводиться кілька зазначених станцій у Криму та Миколаївській області. За підрахунками вчених, загальний вітроенергетичний потенціал землі у 30 разів перевищує річне споживання енергії у всьому світі. Важливо, що під час роботи ВЕС навколишнє середовище не забруднюється. Єдиний негативний вплив – це низько-частотний шум ВЕС, що працюють, та загибель птахів, які потрапляють у лопасті вітрогенераторів. Нині найпростішим способом використання енергії вітру можна вважати приєднання вітрових установок до енергосистем із сучасними гідроелектростанціями (ГЕС), де енергію можна запасати.

Вітрова енергія є відновлювальним ресурсом, який в Україні недостатньо використовується, однак може ефективно використовуватися у середніх, і особливо південних краях. За кордоном використанню вітрової енергії присвячені урядові програми. Нині у Голландії спостерігається “мірошницький бум”. Уряд запропонував великі субсидії усім, хто запустить у хід вітряк. Навіть парламент країни, що дбайливо охороняє “характерний національний пейзаж” і не є прихильником будь-якого шуму, цього разу не заперечував проти використання екологічно чистої вітрової енергії. Нині на території Голландії, позбавленої запасів вугілля, нафти і газу, діють близько

тисячі вітрогенераторів струму, що дозволяє задовольняти потреби всієї країни в електроенергії приблизно на 10%.

6.2.2. Розвиток вітроенергетики в Україні

В Україні 1917 року налічувалося 20-30 тисяч вітряків, які виробляли 120-200 тис. кВт·год. енергії. Але поступово, до 1955 року, їх кількість зменшилася до 8500 з потужністю 7100 кінських сил. У середині 60-х років у сільському господарстві експлуатувалося всього кілька сотень вітрових енергетичних установок із встановленою середньою потужністю близько 4 кВт, здебільшого, для водопостачання, вироблення постійного струму, перемелювання зерна. До 1982 р. їх кількість скоротилася до 15 із виробітком електроенергії близько 10 тис. кВт·год., тобто в Україні у ці роки вітрова енергія майже не використовувалася.

Сьогодні в Україні введено в дію більше шести вітрових електростанцій таких, як: Миронівська, Воробіївська, Трускавецька, Ново-Азовська, Чорноморська, Євпаторійська, ВЕС та інші. Українські енергетики нині освоюють випуск вітчизняних вітрових установок. Однак проблем у цій галузі дуже багато, зокрема є необхідність у підвищенні ефективності експлуатації ВЕС та розробці новітніх вітроустановок. У таблиці 6.3 наведено дані частки виробленої вітрової електроенергії у сумарному виробництві електроенергії в Україні.

Таблиця 6.3

Частка вироблення ВЕС у сумарному виробництві електроенергії в Україні

Показники	Одиниця вимірювання	Роки		
		1998	1999	2000
Сумарне виробництво електроенергії	млрд. кВт·год.	178,0	173,0	172,8
Виробництво електроенергії ВЕС	млрд. кВт·год.	3,36	4,56	4,33
Частка ВЕС у виробленій електроенергії	%	0,0019	0,0260	0,0250

Принцип дії усіх різновидів вітрових агрегатів однаковий. Під дією вітру обертається вітрове колесо з лопатями і передає обертовий момент на вал генератора, який виробляє електроенергію.

Україна має потужні ресурси вітрової енергії: річний технічний

вітроенергетичний потенціал дорівнює 30 млрд. кВт·год.

У результаті обробки статистичних метеорологічних даних за швидкістю та повторюваністю швидкості вітру проведено районування території України за швидкостями вітру і визначено питомий енергетичний потенціал вітру на різній висоті відповідно до зон районування.

Наведені дані є базовими при впровадженні вітроенергетичного обладнання і призначені для використання проектувальниками об'єктів вітроенергетики для встановлення оптимальної потужності вітроагрегатів та типу енергії (електрична або механічна) для ефективного її виробництва у конкретній місцевості.

В умовах України за допомогою вітроустановок можливим є використання 15-19% річного об'єму енергії вітру, що проходить крізь перетин поверхні вітроколеса. Очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1 м² перетину площі вітроколеса у перспективних регіонах становлять 800-1000 кВт·год./м² за рік.

Застосування вітроустановок для виробництва електроенергії у промислових масштабах найбільш ефективно в регіонах України, де середньорічна швидкість вітру понад 5 м/с: на Азово-Чорноморському узбережжі, в Одеській, Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Луганській, Миколаївській областях, АР Крим та у районі Карпат.

Експлуатація тихохідних багатолопатевих вітроустановок з підвищеним обертальним моментом для виконання механічної роботи (перемелювання зерна, підняття та перекачки води і т.д.) є ефективною практично на всій території України.

Вітроенергетика України набула достатнього досвіду виробництва, проектування, будівництва, експлуатації та обслуговування як вітроенергетичних установок, так і вітроенергетичних станцій; у країні є достатньо високий науково-технічний потенціал і розвинена виробнича база. Останнім часом на розвитку вітроенергетичного сектора позначається державна підтримка, що забезпечує реалізацію ініціатив щодо удосконалення законодавства, структури керування, створення вигідних умов для внутрішніх і зовнішніх інвесторів.

Реалізація державних національних програм у галузі вітроенергетики на 2010 рік передбачає загальне річне виробництво електроенергії на вітроелектростанціях та автономних вітроустановках близько 5,71 млн. МВт год.; що дозволить забезпечити близько 2,5 відсотка від загального річного електроспоживання в Україні.

Використання наведених у посібнику даних щодо потенціалу

вітрової енергії значно спрощуватиме і здешевлюватиме роботи по вибору та проектуванню вітроенергетичного обладнання та об'єктів вітроенергетики.

6.2.3. Техніко-економічні та екологічні аспекти

Аналіз причин незадовільного стану української вітроенергетики

Комплексним показником правильності обраної стратегії будівництва ВЕС є коефіцієнт використання встановленої потужності, досягнуті значення якого за час експлуатації українських ВЕС проаналізуємо більш детально. Приклади ВЕС наведено на рис. 6.5.



Рис.6.5. ВЕС з горизонтально-осьовими вітродвигунами

Фактичне значення ККД Аджигольської ВЕС на 76% більше, ніж Донузлавської, що має практично такий самий вітропотенціал, і на 55% більше, ніж на Новоазовській ВЕС, вітропотенціал якої приблизно на 20% вище від Аджигольського.

Для з'ясування результатів розглянемо причини, які до цього призвели. У 1993 році КВВП Донузлавської ВЕС становив 7,2%. Відомо, що цього року у складі станції працювали лише серійні ВЕУ американського виробництва (три турбіни). Введення в експлуатацію великої кількості таких самих турбін українського виробництва спричинило тенденцію до зниження коефіцієнта використання встановленої потужності. Тому викликає сумнів те положення, що експлуатація ліцензійної ВЕУ USW 56-100 в умовах вітропотенціалу України дозволить отримати значення ККД більше 10 відсотків.

Для переконливості наведеного висновку проаналізуємо багаторічну роботу вітроферми Алтамонт Песс, Каліфорнія. Вітротурбіни на

ній почали встановлювати у 1981 році і до кінця 1989 року весь парк складався з 7388 турбін, майже половину яких (3428 шт., або 46,4%) становили турбіни USW 56-100. Із сумарної (745 МВт) встановленої потужності парку 153 МВт становили ВЕУ іншого типу одиначної потужності від 120 до 750 кВт. У залишковій сумарній встановленій потужності вітротурбіни USW 56-100 становили 62 %.

З аналізу показників роботи вітроферми видно загальну тенденцію зростання значень коефіцієнта використання встановленої потужності (КВВП) зі зростанням одиначної потужності ВЕУ. У правильності зробленого висновку переконує низьке значення КВВП у 1984 році, коли в парку ферми переважали установки малої потужності.

Класифікація вітрових енергетичних установок (ВЕУ)

Принцип дії всіх різновидів вітрових агрегатів однаковий. Під дією вітру обертається вітрове колесо з лопатями і передає обертовий момент на вал генератора, який виробляє електроенергію.

Усі існуючі різновиди вітрових агрегатів можна класифікувати так:

1. За призначенням: для виробництва електроенергії; для підняття води; для отримання тепла.
2. За потужністю: малої потужності (до 100 кВт); середньої потужності (від 100 до 500 кВт), мегаватного класу (0,5-4 МВт і вище).
3. За напрямом вісі вітрового сприймального устаткування:
 - а) з горизонтальною віссю обертання: паралельного напрямку вітро-вого потоку – вітряки; перпендикулярного вітровому потоку (водяне колесо);
 - б) з вертикальною віссю обертання, перпендикулярною напрямку вітрового потоку: з двоярусними вертикальними лопатями на загальному валу; з двома лопатями у вертикальній площині, розташованими на візках і нахиленими у зовнішній бік осі, а також об'єднаних горизонтальним крилом в єдину конструкцію з центральною опорою; з багатьма лопатями, розміщеними на візках, пов'язаних між собою, які рухаються по колу з діаметром, набагато більшим за висоту лопатей (це своєрідний замкнутий у кільце поїзд, який рухається по кільцевій колії).
4. За кількістю лопатей вітрового колеса: дволопатевої, трилопатевої, багатолопатевої.
5. За типом вітрового колеса: крильчасті, роторні.
6. За умовами праці: ізолювані, в енергокомплексі з НС, ГЕС,

ГАЕС, СЕС та дизельними установками.

7. За роботою в енергосистемі: підключені до енергосистеми, підключені автономно до споживача.

Ця класифікація добре відображає всю різноманітність ВЕУ як за специфікою роботи, так і за їх застосуванням. Найбільшого розповсюдження набули вітрові колеса з горизонтальною віссю обертання, паралельно напрямку вітрового потоку, і з вертикальною віссю обертання (ортогональні).

Перспективи малої вітроенергетики: (побутові вітряки)

Споживання енергії, а разом з ним і її вартість збільшуються у всьому світі, і наша країна тут не виняток. Але ресурси планети виснажуються, дедалі більшу тривогу викликає стан екології. От чому постійно зростає інтерес до нетрадиційних, екологічно чистих джерел енергії – вітру, сонця, хвиль. Гостру нестачу енергії відчують фермери, садівники, вахтовики, геологи, тваринники. Близько 30% фермерських господарств і 20% садово-городніх ділянок взагалі не підключені до електричних мереж. Будівництво нових ліній електропередач для постачання віддалених ізольованих споживачів провадиться надто повільно через хронічний брак коштів, а дизельні генератори часто функціонують неефективно, та до того ж вони вимагають регулярного і кваліфікованого обслуговування, вартість моторного пального дедалі підвищується, його доставка недостатньо надійна і економічна.

Тим часом підраховано середнє використання електроенергії сільськими жителями, до яких, принаймні в літній період, цілком можна зарахувати і власників дачних котеджів. Воно становить 115 кіловат на місяць. Ця цифра складається з вимог забезпечення так званого “інтелектуального побуту”. Це освітлення, радіо, телебачення, побутовий холодильник, електробритва, кип’ятильник, дрібні електроінструменти, комп’ютер, городній насос, праска. Не забудемо і того, що за останній час з’явилося багато побутової техніки, що працює від вбудованих акумуляторів, які необхідно періодично заряджати: ліхтарики, мобільні телефони, ті самі електробритви, електроінструмент та ін.

Звичайно, взимку енергії буде потрібно більше – будинок потрібно опалювати. Але оскільки традиція пічного опалювання не тільки не старіє, але і переживає своєрідне відродження у вигляді появи нових

конструкцій надекономічних печей, а нестачі в дровах немає, додаткової витрати електрики тут не передбачається.

Сучасні вітроенергетичні установки (вітряки) діляться на два класи: потужні, в сотні тисяч кіловат, називаються мережевими тому, що за безвітряної погоди забезпечення споживача енергією надходить з мережі; і автономні, які працюють в парі з акумулятором. Як правило, потужність автономних вітряків не перевищує 5-10 кВт. Вони називаються: вітроелектричні установки малої потужності (ВЕУМП).

На цей унікальний клас вітряків звернув увагу німецький учений і практик Хайнц Шульц. Він і запровадив термін “Kleine Windkraftanlage”, тобто “малі вітроенергетичні установки”.

“Існує думка, – писав Х. Шульц, – що в областях із середньорічними швидкостями вітру менше 4 м/с використання енергії вітру не вигідне. Проте це твердження не поширюється на малі вітросилові установки для зарядки акумуляторів і багатопелюсткові установки, що легко розганяються, для водопідйому. Заселення американських і австралійських внутрішніх територій, де більшість областей мають середньорічні швидкості вітру менше 2 м/с, було б без них неможливим”.

Малі вітроенергетичні установки (ВЕУМП) прості і дешеві в монтажі, експлуатації і ремонті, екологічно чисті (порівняно з іншими джерелами електроенергії), не потребують під час роботи практично жодного обслуговування, періодичного підлаштування та ін. Пара вітрогенератор-генератор може обходитись без редуктора, який ще більше спрощує і здешевлює конструкцію вітряків, підвищує їх надійність.

Таким комплексним набором найважливіших властивостей не володіє жоден клас нетрадиційних енергетичних установок. Причому енергопостачання вони можуть забезпечити в регіонах із середньою швидкістю вітру всього 3-5 м/с. Фактично власник побутового вітряка (ВЕУМП) набуває майже цілковитої незалежності як від традиційних виробників енергії, так і від природних явищ.

Немає жодної необхідності створювати нові потужні вітряки величезних розмірів. Перехід в енергетичну область середньої потужності досить просто здійснити шляхом створення енергетичних комплексів (ЕК), що складаються з декількох вітроустановок (до 5-10 одиниць). Підсумовування потужностей здійснюється на єдиному акумуляторі. Хоча такий комплекс не вдасться розмістити на шести дачних сотках, площу все ж таки він займе невелику. Номінальна потужність ЕК може бути доведена до 10-15 кВт, пікова потужність –

до 20-25 кВт, вироблення – до 1800 кВт·год./міс, натомість вартість виготовлення знижується в 3-4 рази.

Подібний комплекс здатен цілком забезпечити енергією не те що велике фермерське господарство або заміський палац, але й невелике селище, куди ЛЕП не доходять. Таких селищ в країні до цих пір немало. Щоправда, для певності в нього рекомендується включити резервні джерела – сонячні батареї, а також дизельну або бензинову міні-електростанцію: від примх погоди слід себе надійно захистити.

Завдяки своїм справді унікальним експлуатаційним властивостям і технічним характеристикам малі вітряки (ВЕУМП) здатні не лише забезпечити “інтелектуальний побут” сільського і дачного будинку. Вони практично не мають альтернативи у розв’язанні завдання забезпечення енергією найрізноманітніших автономних станцій: навігаційних, радіорелейних, метеорологічних, тих, що обслуговують нафтогазопроводи та ін.

Мабуть, найдоказовішим аргументом на користь вітряків став досвід Китаю, який проголосив шестирічну програму електрифікації регіонів Маньчжурії, що не мають стаціонарних джерел електроенергії і енергоносіїв, за допомогою малих вітроелектроустановок (приблизно до 2 кВт), підключивши до їх виконання 60 НДІ і 100 заводів. Це завдання було виконане – випущено 10 мільйонів таких ВЕУ.

Висновки та пропозиції

1. Фактичне виконання Комплексної програми докорінним чином розійшлося із заявленою стратегічною метою – виходом України на рівень передових держав за розвитком вітроенергетики та створенням умов для затвердження вітчизняної вітроенергетики.

2. Рішення про розвиток вітроенергетики за допомогою будівництва ВЕС на основі ліцензійних турбін USW 56-100 призвело до негативних наслідків:

2.1. Майже припинено роботи зі створення вітчизняних ВЕУ.

2.2. Ледве досягнувши 3-10% проектної потужності, ВЕС, що будуються, вже потребують заміни вітротурбін для забезпечення економічної ефективності виробництва електроенергії.

2.3. Мала ефективність роботи українських ВЕС не лише не привернула жодного інвестора, але й відштовхнула потенційних приватних інвесторів і замовників від інвестицій у будівництво ВЕС в Україні.

3. За наявності могутнього науково-проектного та виробничого потенціалу не створено жодної вітчизняної ВЕУ, конкурентоспроможної на європейському ринку.

4. Закріплена нормативними документами МКР практика використання розробок інших країн, що склалася в Україні, навіть теоретично не може вивести її вітроенергетику на передові рубежі, що прирікає країну на постійне технічне відставання.

5. Монопольне становище, в якому опинився виробник вітротурбін USW 56-100, і відсутність конкурентності на українському ринку вітроенергетичного устаткування спричинили стагнаційну ситуацію, яка склалася у вітчизняній вітроенергетиці та продовжує поглиблюватися.

6. Перспектива розвитку вітроенергетики в Україні повинна ґрунтуватися на будівництві ВЕС з ВЕУ одиничною потужністю 1,5...5,0 МВт.

7. Потрібно трансформувати Комплексну програму будівництва ВЕС у Державну програму розвитку вітроенергетики в Україні відповідною зміною пріоритетів і контролю.

8. Необхідно забезпечити державну підтримку створення вітчизняного вітроенергетичного устаткування з параметрами, вищими за іноземні аналоги, для чого з цільового фінансування передбачати на цю мету не менше 40 % коштів.

9. Слід завершити будівництво функціонуючих ВЕС до їх проектних потужностей, а проектування та будівництво нових ВЕС здійснювати лише на базі високоефективних ВЕУ.

Основні терміни та поняття

Вітроенергетика. Вітрова електростанція. Вітряк. Лопать. Генератор. Метеорологічні дані. Вітроагрегати. Вітроколесо. Обертальний момент. Механічна робота. Вітротурбіна. Крильчасті та роторні вітрові колеса.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте визначення вітрової енергетики, охарактеризуйте її структуру.
2. Проаналізуйте історію розвитку вітроенергетики.
3. Опишіть стан та перспективи розвитку вітрової енергетики в Україні.
4. Чим зумовлений розвиток вітроенергетики в Україні?
5. Яка частка вироблення ВЕС у сумарному виробництві електроенергії

в Україні?

6. Проаналізуйте причини незадовільного стану української вітроенергетики.

7. Як класифікуються вітрові енергетичні установки (ВЕУ)?

8. Визначте стан вітрових електростанцій в Україні сьогодні.

9. Зробіть порівняльний аналіз крильчастих та роторних вітрових колес.

10. Якими є основні напрями розвитку вітрової енергетики?

6.3. Мала гідроенергетика

Основні питання

1. Техніко-економічні та екологічні аспекти.
2. Малі гідроенергетичні станції та установки.
3. Світовий досвід розвитку малої гідроенергетики.
4. Стан малої гідроенергетики в Україні.

6.3.1. Техніко-економічні та екологічні аспекти

Енергооснащеність здебільшого визначає технічний прогрес, сприяє розвитку високих технологій, допомагає у створенні добробуту і життєвих вигод населення. Водночас подорожчання природних джерел енергії – вугілля, нафти і газу – призводить до постійного підвищення тарифів на електроенергію, що негативно позначається на реалізації згаданих положень, на діяльності малих і середніх промислових виробництв, а також фермерських господарств.

Реальним виходом із становища, що склалося, може стати підвищення ролі малої гідроенергетики як альтернативного джерела енергії. До того ж, сучасний рівень техніки дозволяє створювати устаткування для мікро- і малих ГЕС, які забезпечують якість віддаленого споживача електричною енергією, яка не поступається за своїми параметрами якості електроенергії, виробленої великими тепловими і гідроелектростанціями.

Завдяки відсутності паливної складової собівартості енергії, що виробляється на ГЕС, та незначним експлуатаційним витратам вона є найдешевшою з усіх традиційних джерел енергії. Але спорудження потужних ГЕС призводить до значних економічних втрат через вилучення великих площ найпродуктивніших земель, негативно впливає на біосферу, змінюючи усталений баланс природних екосистем, викликає соціальне напруження внаслідок відселення людей у нові, часто гірші місцевості.

Перелік потенційних джерел електроенергії для малої енергетики надзвичайно широкий. Це ріки, річки, струмки, природні перепади висот на озерних водоскидах і на зрошувальних каналах іригаційних систем. Гідропотенціал малих річок України учетверо перевищує потенціал великих річок. На нашій території протікає 22 тис. малих річок загальною довжиною близько 200 тис. км, економічний річний

потенціал яких становить близько 30 млрд. кВт·год., тобто 15% виробленої у 1990 році електроенергії.

Турбіни малих ГЕС можна використовувати як гасителі енергії на перепадах висот трубопроводів, призначених для перекачування різних видів рідких продуктів. Крім того, для часткової компенсації електроенергії установка невеликих енергоагрегатів можлива на технологічних водотоках, на промислових і каналізаційних скидах та ін. Малу енергетику, в першу чергу, варто використовувати у таких віддалених і важкодоступних районах, де поблизу немає ліній електропередач, тому що будувати такі лінії найчастіше дорожче, ніж встановити малу ГЕС.

Одним з найбільш актуальних завдань є створення ефективного, надійного і недорогого устаткування для мікро- і малих ГЕС. Як інженерна основа для виробництва такого устаткування можуть бути використані практично всі типи класичних гідротурбін, однак аналіз їхніх можливостей з погляду використовуваних напорів, габаритів гідроагрегатів, вартості виготовлення устаткування і будівництва засвідчив, що використання класичних гідравлічних турбін для цієї мети не завжди є раціональним. Гідроагрегати з класичним типом турбін, особливо для низьких напорів (2-15 метрів), складні за конструкцією, дорожчі у виготовленні і вимагають значних затрат на будівництво гідротехнічних споруд. Будівництво ж гребель на таких водотоках для підвищення напорів і використання інших типів класичних турбін призводить до затоплення значних територій, що є недоцільним з економічної й екологічної точок зору. Досвід свідчить, що автоматичний перенос принципів створення устаткування і технічних рішень з великої гідроенергетики в малу докорінно неправильний. Створення устаткування для мікро- і малих ГЕС вимагає зовсім інших підходів. Оптимальним шляхом розв'язання цієї проблеми є створення високо-ефективних проточних частин поперечно-струменевих чи дворазових гідротурбін, а також їхніх досконалих конструкцій на базі турбіни типу "Банки". Проточна частина і конструкції поперечно-струменевих турбін постійно удосконалювалися з погляду поліпшення їх енергетичних і експлуатаційних якостей. Максимальний коефіцієнт корисної дії (ККД) таких турбін, якого досягнуто у світі нині, становить близько 90%. Простота конструкції, низька собівартість, надійність експлуатації за досить високої енергетичної ефективності дає підставу розглядати поперечно-струменеві турбіни як пріоритетний тип турбін для оснащення ними агрегатів мікро- і малої гідроенергетики. За однакових умов поперечно-струменеві турбіни мають менші розміри, а також

значно меншу вартість і витрати на спорудження гідротехнічних споруд порівняно з класичними турбінами.

Такі турбіни можуть експлуатуватися при напорах від 1 м й одержувати при цьому значні потужності за наявності достатніх витрат води – оскільки витрати і потужність при тому самому напорі води можуть варіювати, на відміну від класичних турбін, не лише за діаметром робочого колеса, але і його довжиною. Необхідно відзначити, що діапазон використання поперечно-струменевих турбін надзвичайно широкий. Зазначений тип турбін для агрегатів мікро- і малих ГЕС може застосовуватися при напорах від 1,5 до 180 метрів. Існує реальна можливість створення на базі поперечно-струменевих турбін однотипного устаткування для мікро- і малих ГЕС у широкому діапазоні напорів і потужностей, замість різних типів класичних турбін, що використовуються нині.

6.3.2. Світовий досвід розвитку малої гідроенергетики

Мала гідроенергетика розвивається швидкими темпами в усьому світі. Більше 80 тисяч сільських ГЕС Китаю постачають 18-20% річного виробництва електроенергії і забезпечують 33% її потреби у сільському господарстві. В Японії 1300 малих ГЕС забезпечують 20% річного виробництва електроенергії.

Світовим лідером у малій гідроенергетиці є Китай, де з 1950 р. по 1996 р. загальна потужність малих ГЕС зросла з 5,9 до 19200 МВт. У планах Китаю на найближче десятиліття – будівництво понад 40000 малих ГЕС з щорічним введенням в експлуатацію до 1000 МВт. В Індії в кінці 1998 р. установлена потужність малих ГЕС (одиначною потужністю до 3 МВт) становила 173 МВт, на стадії будівництва знаходяться ГЕС загальною потужністю 188 МВт. Визначено місця будівництва ще близько 4000 станцій із загальною проектною потужністю 8370 МВт. Ефективно працюють малі ГЕС у низці європейських країн, у тому числі в Австрії, Фінляндії, Норвегії, Швеції.

За оцінками Американської асоціації інженерів-електриків, якщо в 1980 р. частка електроенергії, що вироблялася на НПДЕ, у світі становила 1%, у 2005 р. – 5 %, до 2020 р. вона досягне 13 та до 2060 р. – 33%. За даними Міністерства енергетики США, в цій країні до 2020 р. обсяги виробництва електроенергії на базі НПДЕ можуть становити до 10% від загального виробництва (включаючи потужні ГЕС).

Приклад міні-ГЕС наведено на рис. 6.6.



Рис. 6.6. Міні-ГЕС

Більше 30 тисяч МНЕС працює у Німеччині, з них 3250 повністю автоматизовано. Близько 4100 МГЕС є у Франції, по 1200-1300 станцій у Швеції та Австрії, близько 1000 – у США. До 2010 року у США працюватиме понад 8000 малих ГЕС, у Японії – 1930, удвічі збільшиться парк МГЕС у Чехії та Словаччині. Найбільші темпи будівництва МГЕС очікуються у Канаді та Японії (щорічно по 70-80 електростанцій). В Іспанії з кінця 80-х років здійснюється проектування та будівництво сучасних автоматизованих МГЕС загальною потужністю 2500 МВт. Широкому будівництву МГЕС сприяє невеликий термін зведення споруд.

6.3.3. Стан малої гідроенергетики в Україні

В Україні є 260 водосховищ ємністю 10-100 млн.м³, придатних для побудови мікро-ГЕС і міні-ГЕС потужністю від 500 до 2000 кВт кожна з напором 5-10 м. Такі ГЕС не порушують ланцюги біологічних і гідрохімічних процесів, фактично, не впливають на природний режим водотоку, русло річки та стан берегів. Вони сприяють регулюванню рівня ґрунтових вод, зменшенню ерозії ґрунтів. Як енергооб'єкти, МГЕС вирізняються сталістю (як джерело стабілізації енергосистеми у разі порушення її живучості), а також зростанням конкурентоспроможності у разі зростання цін на органічне паливо.

Стримуючим чинником залишаються порівняно значні питомі капіталовкладення, зокрема на спорудження греблі. У разі комплексного вирішення енергетичних, водогосподарських і соціальних проблем “енергетична” частка капіталовкладень суттєво зменшується.

Вирішальним стимулом до відновлення занедбаних і побудови

нових МГЕС є можливість приватизації водогосподарських споруд разом із земельною ділянкою.

Верхня межа потужності обладнання малої гідроенергетики становить 30 МВт. Згідно з міжнародною класифікацією, до малих гідроелектростанцій (МГЕС) відносяться станції потужністю від 1 до 30 МВт, до міні-ГЕС – від 100 до 1000 кВт, до мікро-ГЕС – не більше 100 кВт. Загальний потенціал гідроенергетичних ресурсів світу становить 2200 ГВт. Загальний річний гідроенергетичний потенціал малих річок України становить 12,5 млрд. кВт·год., або 28% загального гідропотенціалу всіх річок України.

В Україні нараховується більше 63000 малих річок та водостоків, загальною довжиною 135,8 тис. км., з яких близько 60 тис. (95%) дуже малі – довжиною менше 10 км (басейни рік Вісли, Південного Бугу, Дунаю, Дністра, Дніпра і т.д.).

Заміна дизельних та бензинових електричних установок на мікро-ГЕС, як правило, є вигідною, не кажучи вже про позитивні біологічні наслідки. Малі водосховища відіграють роль біологічної очисної споруди і сприяють збільшенню кисню у воді нижнього б'єфа після пропуску її через гідротурбіни, що має позитивний екологічний ефект.

Нині на території України збереглося 150 малих ГЕС, з яких 49 – працюють, решта – не працюють. Отже, сучасний стан малої гідроенергетики в Україні можна охарактеризувати як незадовільний: обладнання застаріле, значна його частина потребує ремонту або знаходиться у критичному стані. Перспективи розвитку малої гідроенергетики України до 2010 року визначені у Програмі державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики.

Основні терміни та поняття

Енергооснащеність. Мала гідроенергетика. Експлуатаційні витрати. Зрошувальні канали. Іригаційні системи. Енергоагрегати. Робоче колесо. Поперечно-струменеві турбіни.

Контрольні запитання та завдання

1. Завдяки чому малі гідроелектростанції є найдешевшими з усіх традиційних джерел енергії?

2. Назвіть потенційні джерела електроенергії для малої гідроенергетики.

3. Як можна використовувати турбіни малих ГЕС?
4. Проаналізуйте найактуальніші завдання розвитку малої гідроенергетики.
5. Які переваги гідроагрегатів з класичним типом турбін?
6. У чому сутність світового досвіду розвитку малої гідроенергетики?
7. Охарактеризуйте стан малої гідроенергетики в Україні.
8. Які чинники перешкоджають ефективному розвитку малої гідроенергетики в Україні?
9. Що є вирішальним стимулом до відновлення занедбаних і побудови нових МГЕС?
10. Якою є верхня межа потужності обладнання малої гідроенергетики?

6.4. Геотермальна енергетика

Основні питання

1. Поняття геотермальної енергії.
2. Світове значення геотермальної енергетики.
3. Геотермальні електростанції.
4. Геотермальні теплові насоси.
5. Потенціал геотермальної енергії України.

6.4.1. Поняття геотермальної енергії

Геотермальна енергія – це тепло Землі, яке утворюється внаслідок розпаду радіоактивних речовин у земній корі та мантії. Температура земної кори углиб підвищується на $2,5-3^{\circ}\text{C}$ через кожні 100 м (так званий геотермальний градієнт). Так, на глибині 20 км вона становить близько 500°C , на глибині 50 км – порядку $700-800^{\circ}\text{C}$. У певних місцях, особливо по краях тектонічних плит материків, а також у так званих “гарячих точках”, температурний градієнт вище майже у 10 разів, і тоді на глибині 500-1000 метрів температура порід сягає 300°C . Однак і там, де температура земних порід не така висока, геотермальних енергоресурсів цілком достатньо.

Енергетичні ресурси (джерела енергії) – це матеріальні об’єкти, в яких зосереджена енергія, придатна для практичного використання людиною. Як згадувалося раніше, енергоресурси поділяють на первинні та вторинні. Первинні енергоресурси – це природні ресурси, які не переробляли і не перетворювали: сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, вода річок і морів, гейзери, вітер тощо.

У свою чергу, первинні ресурси (або види енергії) поділяють на поновлювані і неоновлювані. Непоновлювані джерела енергії – це природньо утворені й накопичені в надрах планети запаси речовин, здатних за певних умов звільняти енергію, що міститься в них. Такими є викопне органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ, торф, горючі сланці), ядерне паливо. Поновлювані джерела енергії – ті, відновлення яких постійно здійснюється в природі (сонячне випромінювання, біомаса, вітер, вода річок та океанів, гейзери тощо) і які існують на основі постійних чи періодично виникаючих у природі потоків енергії, наприклад: сонячне випромінювання (біомаса, енергія сонця, вітру, хвиль); гравітаційна взаємодія Сонця, Місяця і Землі (наслідком

якої є, наприклад, морські припливи та відпливи); теплова енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах (геотермальна енергія джерел гарячої води – гейзерів). Крім природних джерел поновлюваних енергоресурсів, сьогодні дедалі більшого значення набувають антропогенні, до яких належать теплові, органічні та інші відходи діяльності людства.

Різні види енергетичних ресурсів мають різну якість, для палива її характеризує теплотворна спроможність, тобто скільки енергії (тепла) може виділити це джерело.

Усю природну теплоту, яка міститься в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів:

- пара, вода, газ;
- розігріті гірські породи.

Гідротермальні джерела енергії поділяються на термальні води, пароводяні суміші і природну пару.

Для отримання теплоти, акумульованої у надрах землі, її спочатку треба підняти на поверхню. Для цього бурять свердловини і, якщо вода досить гаряча, вона піднімається на поверхню природним чином, за нижчої температури може знадобитися насос. Геотермальні води – екологічно чисте джерело енергії, що постійно відновлюється. Воно суттєво відрізняється від інших альтернативних джерел енергії тим, що його можна використовувати незалежно від кліматичних умов і пори року.

Виходячи з наявних оцінок запасів геотермальної енергії, пріоритетними районами в Україні є Керченський півострів, Закарпаття, Прикарпаття (Львівська обл.), Донецька, Запорізька, Луганська, Полтавська, Харківська, Херсонська, Чернігівська та інші області.

Слід очікувати на ефективне використання підземних енергоносіїв у першу чергу в Прикарпатті, де залишилася велика кількість старих нафтових свердловин. Загальний потенціал підземних вод регіонів Прикарпаття та Криму становить 1,5 млн. м³ на добу або 550 млн. м³ на рік. Ресурси геотермальної енергії в Україні по тепловому еквіваленту перевищують запаси традиційного палива.

В Україні визначено шість пріоритетних напрямів розвитку геотермальної енергетики:

- створення геотермальних станцій для теплопостачання міст, населених пунктів і промислових об'єктів;
- створення систем теплопостачання з підземними акумуляторами теплоти;

- створення сушильних установок;
- створення холодильних установок;
- створення схем геотермального теплопостачання теплиць.

6.4.2. Світове значення геотермальної енергетики

Геотермальна енергія є практично невичерпним джерелом енергії для людини. Джерело геотермальної енергії – нагріта вода (пара) з надр земної кори. Нині термальні води широко використовуються для опалення й гарячого водопостачання низки країн – Ісландія, Австралія, Нова Зеландія, Італія.

Нині в усьому світі працюють близько 20 геотермальних електростанцій, а їх загальна потужність становить близько 1,5 тис. МВт (з періодом роботи станції до 50 років).

Видобуток енергії здійснюється системами, які піднімають теплоносій на поверхню землі. У країнах, бідних на копалини, зацікавлення геотермальним теплопостачанням особливо велике. Це такі країни, як Ісландія, Нова Зеландія, Японія, Мексика.

Сільськогосподарські об'єкти, що створюють, як правило, невелике теплове навантаження (до 5 МВт), найкраще відповідають тепло-технічним характеристикам геотермальної енергії з глибиною свердловин 1000-3000 м. Одним з таких об'єктів є теплиці. У багатьох районах є геотермальні води з температурами 140-180°C на глибинах 4-5 тис. м. Такі джерела слід використовувати для централізованого теплопостачання міст і промислових об'єктів.

Можливість одночасного використання малодебітних нафтових свердловин для видобутку нафти і геотермального тепла надасть нове життя закритим або неекономічним виробництвам.

6.4.3. Геотермальні електростанції

Є два види геотермальних станцій: перші для генерування струму використовують пару, другі – перегріті геотермальні води. У перших суха пара зі свердловини надходить у турбіну або генератор для вироблення електроенергії. На станціях іншого типу використовуються геотермальні води температурою понад 190°C. Вода природним чином підіймається вгору свердловиною, подається в сепаратор, де внаслідок зменшення тиску частина її кипить і перетворюється на пару. Пара спрямовується в генератор або турбіну і виробляє електрику. Це найбільш поширений тип геотермальної електростанції.

Значні масштаби розвитку геотермальної енергетики в майбутньому можливі лише у разі одержання теплової енергії безпосередньо з

гірських порід. У цьому випадку в місцях, де знайдено сухі гарячі скельні породи, бурять паралельні свердловини, між якими утворюють систему тріщин. Тобто фактично формується штучний геотермальний резервуар, в який подається холодна вода з наступним отриманням пари або пароводяної суміші.

6.4.4. Геотермальні теплові насоси

Середня температура Землі на глибині 3-5 м упродовж року становить 10-13°C і вище. З цього можна скористатися для опалення й охолодження будинків, виробничих приміщень, тваринницьких ферм за допомогою теплообмінників і теплонасосних установок, що дає змогу заощаджувати до 50-70% теплоти, яка використовується для створення оптимального температурного режиму у приміщеннях. Для цього у землі за певною схемою прокладають канали для руху повітря або заривають труби, в які подається вода (чи інший теплоносій). Незалежно від того, що циркулює в такій системі, за рахунок теплообміну із землею такий тепловий насос може поглинати тепло землі й передавати його в будинок у холодну пору року або переміщувати тепло з будинку в землю у спекотну пору.

У деяких випадках використання теплової геотермальної помпи дозволяє економити до 2/3 енергії, що використовується для опалення.

6.4.5. Потенціал геотермальної енергії України

Україна має значні ресурси геотермальної енергії, загальний потенціал яких у Програмі державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- та тепло-енергетики оцінюється величиною 438109 кВт·год. за рік, що еквівалентно запасам палива обсягом 50 - 106 т у.п.

Геотермальні ресурси України – це передусім термальні води і тепло нагрітих сухих гірських порід. Крім цього, до перспективних для використання у промислових масштабах можна віднести ресурси нагрітих підземних вод, які виводяться з нафтою та газом чинними свердловинами нафто-газових родовищ.

Одним з перспективних напрямів розвитку геотермальної енергетики є створення комбінованих енерготехнологічних вузлів для отримання електроенергії, теплоти та цінних компонентів, що містяться в геотермальних теплоносіях.

Геотермальні установки потребують зовсім невеликих ділянок землі, набагато менших, ніж необхідні під енергетичні установки інших типів. Вони можуть розміщуватися практично на будь-яких землях,

включаючи сільськогосподарські угіддя. Якби можна було використувати усього лише 1 % геотермальної енергії Земної кори (глибина 10 км), ми б мали у своєму розпорядженні кількість енергії, що у 500 разів перевищує всі світові запаси нафти і газу. У 2001 р. потужність електростанцій, що використовують геотермальні ресурси, в усьому світі становила близько 8500 МВт. У 2006 р. цей показник перевищив 11000 МВт.

Оцінка можливостей використання геотермальних ресурсів в Україні провадилася незалежно в декількох організаціях, наприклад, у таких, як у Санкт-Петербурзькому гірничому інституті ім. Г.В. Плеханова, Інституті технічної теплофізики НАН України (м. Київ), Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України (м. Львів) та ін. Результати, котрі запропоновані для використання, надто приблизні і базуються на окремих відомостях і далеко неповних геофізичних даних. Однак вчені дають обнадійливі та досить обґрунтовані прогнози щодо можливості створення в різних районах Криму ГеоТЕС сумарною встановленою потужністю від 7 до 35 млн.кВт. Навіть нижня межа оцінок є цифрою величезною і свідчить про велику перспективність робіт у цьому напрямі.

Розрахунки таких систем показують, що за певного заданого режиму функціонування ГЦС можна експлуатувати впродовж наперед заданого строку (наприклад, 30 років) без зниження початкової температури теплоносія на виході із підйомних свердловин. Для реалізації ідеї створення ГЦС необхідно, щоб на родовищі, що розробляється, існував проникливий колектор з достатньо великою потужністю (50 і більше метрів) і доброю проникливістю.

На рис. 6.7 наведено один із можливих варіантів принципової технологічної схеми ГеоТЕС з використанням оборотної системи технічного водопостачання із застосуванням плівкових баштових градирень.

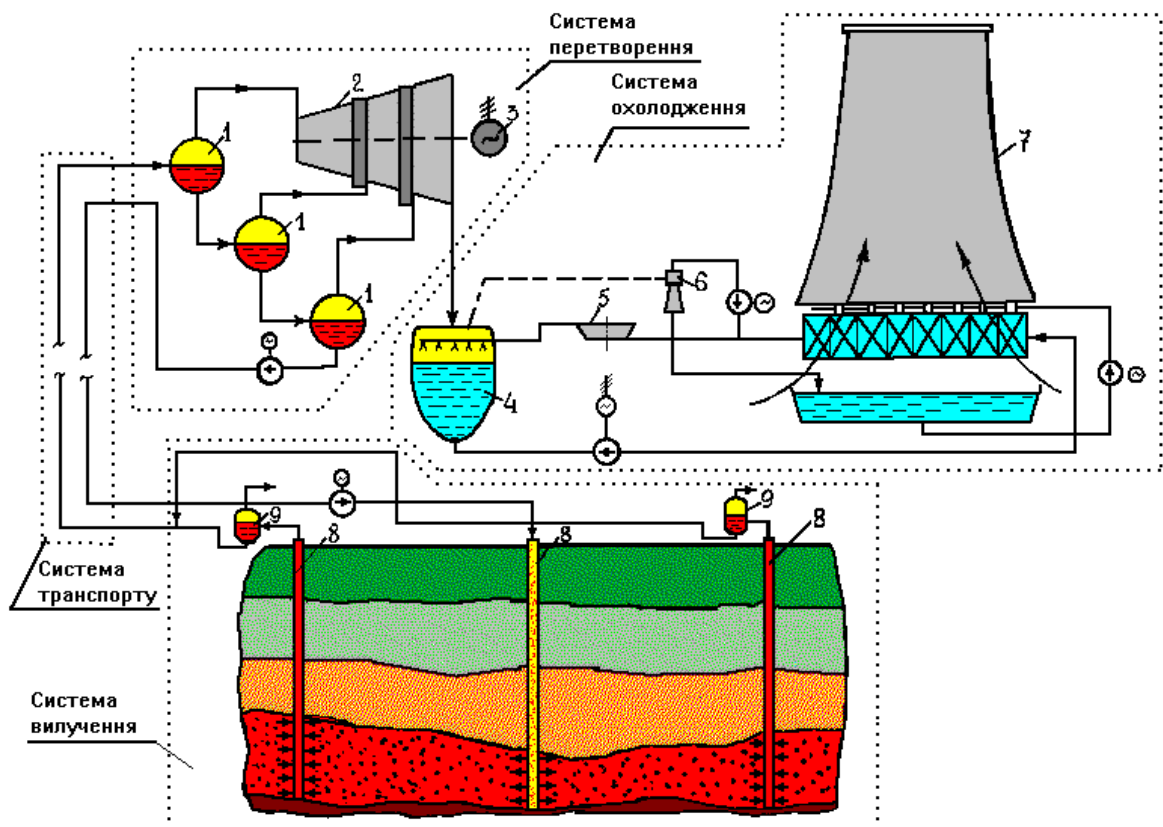


Рис. 6.7. Принципова технологічна схема варіанта наземного комплексу ГеоТЕС: 1 – випарник; 2 – турбіна; 3 – генератор; 4 – конденсатор; 5 – гідротурбіна; 6 – ежектор; 7 – градирня; 8 – свердловини; 9 – газовідділювач; 10 – насоси.

На рис. 6.8 наведено принципову схему станції з двоконтурною енергоустановкою на низькокиплячих речовинах блочно-модульної конструкції з енергоустановками ізраїльської фірми “ORMAT”, яка рекомендується для застосування на ГеоТЕС, що проектується.

Порівняння техніко-економічних показників двох варіантів показує переваги варіанта станції з бінарними енергоустановками, що пов'язано, здебільшого, з більш високими технічними показниками і більш високими експлуатаційними властивостями ізраїльського обладнання.

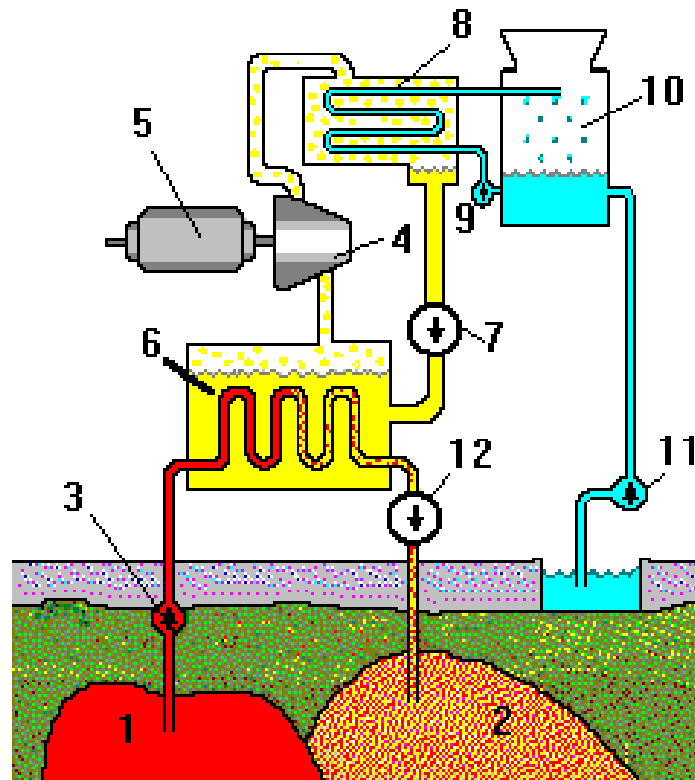


Рис. 6.8. Принципова технологічна схема варіанта ГеоТЕС з бінарними енергоустановками виробництва фірми “ORMAT” :

1 – басейн гарячої води; 2 – зона закачки охолодженого теплоносія; 3 – заглиблений насос для відкачки геотермального теплоносія; 4 – турбіна; 5 – генератор; 6 – парогенератор; 7 – циркуляційний насос; 8 – конденсатор; 9 – насос технічного водопостачання; 10 – градирня; 11 – насос добавочної води; 12 – насос закачки геотермального теплоносія в пласт.

Основні терміни та поняття

Геотермальна енергія. Тепло землі. Радіоактивні речовини. Земна кора. Геотермальний градієнт. Енергетичні ресурси. Первинні та вторинні енергоресурси. Гідротермальні джерела. Геотермальні води. Підземні енергоносії. Системи теплопостачання. Свердловина. Термальні води. Пароводяні суміші.

Контрольні запитання та завдання

1. Розкрийте поняття геотермальної енергії.
2. Які критерії розвитку геотермальної енергетики вам відомі?
3. Як можна розглядати всю природну теплоту, яка міститься в земній корі?
4. У чому полягає світове значення геотермальної енергетики?
5. Які країни активно займаються розвитком геотермальної енергетики?
6. Поясніть принцип дії геотермальної електростанції.

7. За рахунок чого можливі значні масштаби розвитку геотермальної енергетики в майбутньому?
8. Що таке геотермальні теплові насоси? Як вони функціонують?
9. Охарактеризуйте потенціал геотермальної енергії України.
10. Зробіть свої висновки та дайте пропозиції щодо розвитку геотермальної енергетики.

6.5. Альтернативні джерела, що менш відомі в Україні

Основні питання

1. Малі газові та нафтогазові родовища як відновлювальні джерела енергії.
2. Шахтний метан, некондиційний газ.
3. Використання теплових насосів.
4. Теплова енергія океану.

6.5.1. Малі газові та нафтогазові родовища як відновлювальні джерела енергії

Щороку відкриваються нові родовища, здійснюються геологічні дослідження по уточненню запасів, змінюється статус родовищ, уточнюються обсяги енергоносіїв та можливості їх видобутку.

Отже, прогнозні оцінки запасів, видобування та використання паливно-енергетичних ресурсів щорічно змінюються (коригуються), але для прийняття рішень на політичному, економічному, соціальному рівнях важливо оперувати з наявними тенденціями та можливими сценаріями розвитку, потенційними можливостями як видобутку, так і споживання конкретних видів енергоносіїв.

Нині доведено, що запаси нафти становлять близько 150 млрд. т, природного газу – 150 трлн. м³, кам'яного та бурого вугілля – 1 трлн. т. з урахуванням середньої теплоти згорання та за умови використання всіх цих запасів лише на отримання енергії, їх енергетичний еквівалент становитиме близько 1 трлн. т у.п. – менше шістдесятої частки сонячної одиниці (хоча потенційні запаси органічного палива оцінюються у 7 трлн. т у. п.).

Нафта залишається найважливішим джерелом енергії в світі. Країни, що розвиваються, володіють понад 86 відсотками світових запасів. Серед розвинених країн доведені запаси поділяються майже порівну між членами ОЕСР та рештою держав.

Лева частка в енергобалансі світу належить нафті, її частка у використанні первинних енергоресурсів становить 39,3%. Далі йдуть вугілля – 25,3 % і природний газ – 25,0%. Необхідно підкреслити, що частка вугілля в енергетичному балансі неухильно зменшується, а частка газу – збільшується.

Відомо, що основні великі родовища нафти світу були відкриті ще в 50-80-х роках XX століття. За останні 40 років найбільшим відкриттям у цьому плані став басейн Північного моря із запасами в 60 млрд. барелей (8,16 млрд. т), що трохи більше сумарного споживання нафти протягом останніх трьох років.

6.5.2. Шахтний метан, некондиційний газ

Джерел низькопотенційної енергії існує достатньо у всьому світі та в Україні зокрема. Це енергія ґрунту, ґрунтових вод, водоймищ і повітря. Розвинута промисловість країни, низька ефективність використання енергії, значні обсяги стоків та відходів обумовлюють дуже значний потенціал цієї вторинної енергії, який може бути використаний за відповідного розвитку теплонасосних технологій. Науково-промисловий потенціал для створення вітчизняного виробництва теплонасосних установок (ТНУ) в Україні достатній. Екологічна ефективність та економічна доцільність розвитку цього напрямку доведені світовим досвідом. Перепонами на шляху широкомасштабного впровадження цих надзвичайно перспективних технологій в Україні є відносно висока собівартість систем з використанням ТНУ для приватних будинків, відсутність досвіду і спеціального обладнання для їх установки, а також брак інформації щодо переваг цих технологій. Для промислових підприємств головною причиною неуваги є відносно дешева енергія традиційних джерел (газу, вугілля та ін.).

Надійним додатковим джерелом енергії в Україні може бути **синтез-газ**, який можна одержати із бурого вугілля, відходів переробки кам'яного вугілля, торфу та ін., а також **шахтний метан**. За розрахунками фахівців Національного агентства з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР), у 2008 р. виробництво синтез-газу може зрости до 1 млрд. м³, а в найближчі 15-20 років планується досягнути виробництва 40 млрд. м³ синтез-газу, що є еквівалентом 25 млрд. м³ природного газу. В Україні розроблено нові технології виробництва синтез-газу практично з будь-якої біомаси, є приклад побудови експериментального заводу, планується розширювати будівництво нових заводів з переробки бурого вугілля у синтез-газ.

За запасами шахтного метану Україна посідає 4 місце у світі, але його видобуток (утилізація) становить всього 80 млн. м³ на рік. Якщо використати сучасні та перспективні технології, Україна може найближчим часом видобувати 2-4 млрд. м³ метану, а в перспективі – до 6-9 млрд. м³ метану на рік.

6.5.3. Використання теплових насосів

Нагнітати тепло з ґрунту можна за допомогою теплового насоса.

Ще в позаминулому столітті британський фізик Вільям Томпсон придумав пристрій, який назвав “помножувачем тепла”, що і заклало фундамент для розвитку названої технології.

Тепловий насос – це багатофункціональний прилад, що поєднує у собі функції опалювального котла, джерела гарячого водопостачання і кондиціонера. Основна відмінність від усіх інших джерел тепла полягає у винятковій можливості використовувати поновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища на потребу опалення і нагрівання води. Ці пристрої інколи називають “тепловими насосами”, завдяки здатності, так би мовити, “перекачувати” тепло з низькотемпературного джерела до високотемпературного. Такі системи працюють без використання палива і практично не забруднюють шкідливими викидами атмосферу. Крім того, вони заощаджують до 80% енергії, що іде на опалення. Цю енергію прилад отримує з навколишнього середовища, тобто сплачувати потрібно лише за ті 20% енергії, що витрачаються на роботу циркуляційних насосів і компресора.

На рис. 6.9 наведено принцип роботи теплового насоса.

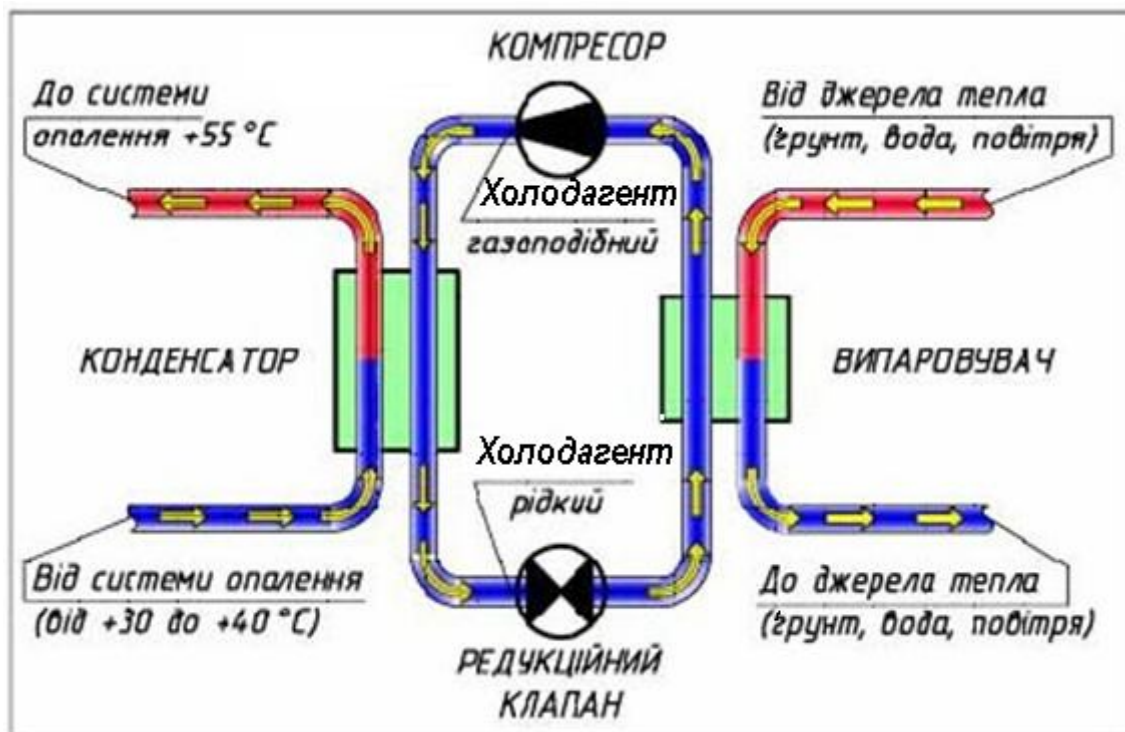


Рис. 6.9. Схема дії теплового насоса

Нам знайома ця технологія на прикладі звичайного побутового

холодильника. Цей прилад складається з двох теплообмінників (конденсатора і випаровувача) і компресора. Ці агрегати об'єднано у загальний контур. Контур заповнюється речовиною – холодагентом, наприклад, фреоном, котрий має досить низьку температуру кипіння, близько 20°C).

Проходячи через випаровувач, він перетворюється з рідкого стану у газ за низького тиску і низької температури.

У такий спосіб тепловим насосом є машина Карно (курс шкільної фізики), що працює у зворотному напрямі. Такий холодильник перекачує тепло з охолоджуваного об'єму до навколишнього повітря. Якщо розмістити холодильник на вулиці, то, витягаючи тепло із зовнішнього повітря і передаючи його всередину будинку, можна таким простим способом обігрівати приміщення.

Застосування теплових насосів в інших країнах. У країнах Європейського союзу, Китаї і Японії заохочують застосування теплових насосів. У Швеції, Іспанії, Великобританії і Китаї ефективно працює програма отримання субсидій за установку цього обладнання. У Франції в населення є можливість оформити податковий кредит за енергозбереження і використання поновлюваних джерел енергії. Національні норми споживання енергії Німеччини висувають суворі вимоги щодо енергоефективності будинків, і це фактично мотивує використання низькотемпературних систем опалення. Європейський союз також увів Директиву по Енергетичних Показниках Будинків для поліпшення показників енергоефективності будівель, і, як результат, теплові насоси становлять близько чверті всього Європейського ринку пристроїв, призначених для обігріву приміщень. А уряд Швеції до 2020 року планує стати першою країною у світі, що послуговуватиметься винятково поновлюваними джерелами енергії.

6.5.4 Теплова енергія океану

Світовий океан, площею 1/3 земної поверхні, містить величезні запаси енергії. Це, по-перше, енергія сонячного випромінювання, поглинута океанською водою, що виявляється в енергії морських течій, хвиль, прибою, різниці температури різних шарів води; і, по-друге, енергія тяжіння Місяця і Сонця, що викликає морські припливи і відпливи. У 1935 р. у США було розпочато будівництво першої у світі припливної електростанції. Енергія хвилі пропорційна квадрату її висоти. Хвиля метрової висоти забезпечує від 20 до 30 кВт енергії. Одна з перших хвильових електростанцій потужністю 350 кВт успішно діє понад 25 років поблизу норвезького міста Бергена.

Морські електростанції, що використовують енергію приливів, працюють на узбережжі Ла-Маншу.

На тихоокеанському острові Наукуру діє електростанція потужністю 100 кВт, що використовує різницю в температурі нагрітого тропічним сонцем поверхневого шару й холодного придонного. В останні роки створені міні-ОТЕС (Ocean Thermal Energy Conversion) потужністю 48,7 кВт для перетворення теплової енергії на електричну. Проектуються нові станції потужністю сотні МВт. Якщо вчені об'єднають свої зусилля, людина зможе опанувати вічну енергію Світового океану.

У ньому між теплими поверхневими водами, що поглинають сонячне випромінювання, і більш холодними придонними досягається різниця температур у 200°C. Установка, яка дозволяє здійснити процес такого перетворення є тепловою машиною, що починає працювати завдяки різниці температур між “холодною” водою, піднятою з глибини океану, і “гарячою”, яка забирається з поверхні. Робоча рідина (робоче тіло) циркулює за замкнутою схемою, відбирає тепло від “гарячої” води в теплообміннику випарника, а в паровій фазі приводить у дію турбіну, що з'язана з генератором, а потім конденсується в охолоджуваному “холодною” водою конденсаторі.

Основні терміни та поняття

Первинні енергоресурси. Родовища. Шахтний метан. Некондиційний газ. Низько потенційна енергія. Теплонасосні установки. Синтез-газ. Утилізація. Конденсатор. Компресор. Теплообмінник. Припливна електростанція. Енергія хвилі. Поверхневі води.

Контрольні запитання та завдання

1. Дайте загальну характеристику альтернативним джерелам енергії.
2. Які причини зумовили пошук поновлюваних джерел енергії?
3. Дайте порівняльну характеристику газовим та нафтовим родовищам в Україні.
4. Які є перспективи розвитку нафтових родовищ у світі?
5. Що таке теплові насоси?
6. Поясніть принцип роботи теплового насоса.
7. Які переваги та недоліки використання енергії ґрунту?
8. Що визначає доцільність вибору теплового насоса?
9. Яке місце в системі пошуку альтернативних джерел енергії посідає тепла енергія океану?
10. Де працюють морські електростанції, що використовують енергію приливів?