

більш енергоефективну і надійну техніку. Крім того, котельний імпорту забезпечений розвинутою сервісною мережею, і ефективна сервісна підтримка – ще одна конкурентна перевага дорожчої імпортової техніки.

Крім названих вище німецьких фірм, до переліку європейських компаній, що працюють в Україні, входять і такі відомі фірми, як чеські Dakon, Мора Моравія, Protherm; італійські Ariston, BAXI, Beretta, Ferroli, Fondital; французькі De Dietrich і Saunier Duval.

## **3.2 Виробництво енергії за допомогою відновлюваних джерел енергії**

### **3.2.1 Сонячна енергія**

Сонячна енергія вічна і непостійна, доступна і невлотима, щедра і мізерна, мінлива і розсіяна, можливо, тому ми небайдужі до Сонця і готові пробачити йому головний недолік, що полягає в тому, що щедрість його епізодична і часом недоречна, а мізерність припадає на той період, коли воно найбільш бажане. Тим не менш, техніка і економіка, позбавлені емоційного сприйняття і не схильні прощати нічого, що не гарантує прибутку, ставляться до Сонця цілком прагматично, закріпивши за ним на нинішньому етапі розвитку науки і технологій в галузі будівництва практично тільки одну утилітарну можливість – гріти воду для побутових потреб у теплу пору року там, де це економічно виправдано.

Таке звуження сфер практичного використання сонячної енергії в кліматичних умовах України стане зрозумілішим, якщо звернутися до рис.3.1, на якому показані величини енергії сонячного випромінювання, що проривається до Землі через хмари і падає протягом року на 1 квадратний метр горизонтальної поверхні в регіонах, представлених шістьма українськими містами.

Неважко переконатися, що за шість місяців теплого періоду на поверхню землі падає ледова частка річної кількості сонячної енергії, і використання залишкової її частини в холодну пору року не обіцяє дивідендів тим, хто ризикнув би долати технічні труднощі і нести фінансові втрати, пов'язані з роботою геліоустановки в зимову холоднечу з надією витягти сповна падаючу з неба енергію. Втім, якщо розглядати звернені до півдня, захід і схід вікна будівель як елементи пасивної сонячної системи опалення, то всі побудовані в Україні будівлі сприймають в сонячні дні зими приблизно 32 млн. ГДж теплової енергії,

і, якби цією енергією вдалося замінити теплоту, подавану з опалювальних котелень, можна було б заощадити приблизно 1,5 млн. тон умовного палива на рік, що складає близько 4% від тієї кількості палива, яке витрачається на опалення. Однак цей ефект повинен бути досягнутий не засобами активної геліотехніки, а при автоматичному регулюванні теплової потужності опалювальних систем.

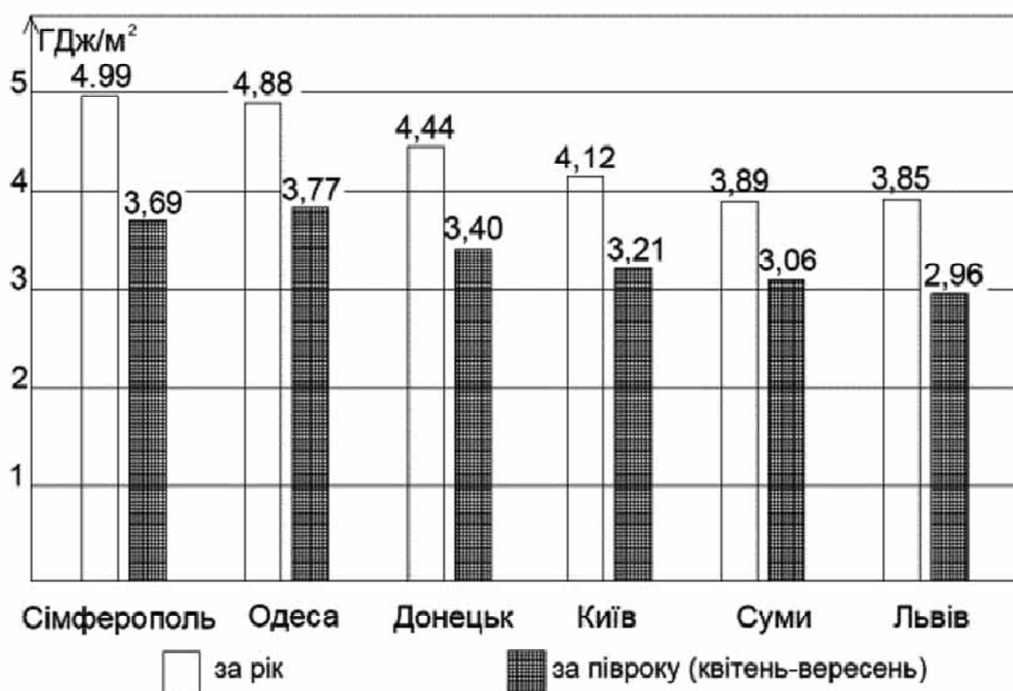


Рис.3.1. Енергія сонячної радіації , що досягає поверхні землі в містах України

Система гарячого водопостачання є зручним споживачем сонячної теплоти, тому що температура води в ній не занадто висока, а в літній час вона відрізняється від температури зовнішнього повітря не більше ніж на 35-40 °С, а це дозволяє запроектувати сонячну установку при досить високих значеннях коефіцієнта корисної дії сонячного колектора.

Є безліч типів сонячних колекторів, але більшість з них мають елементи, показані на рис. 3.2.

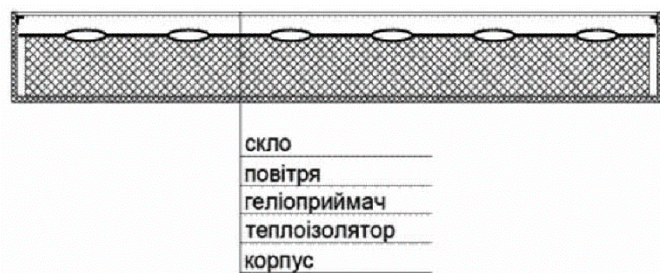


Рис.3.2. Схема сонячного колектора

Найефективніші сонячні колектори виготовляються з корпусом з алюмінію, з двома шарами скла з геліоприймача, які мають так зване селективне покриття, яке забезпечує мінімальні тепло-втрати колектора при променевому теплообміні. Такі колектори досить дорогі, і це подорожчання не завжди виправдовується додатковою їх теплопродуктивністю. Тому часто застосовуються дешевші колектори зі сталевими корпусами і геліоприймачами, захищеними одним шаром скла.

Схема найпростішої геліоустановки гарячого водопостачання представлена на рис.3.3.

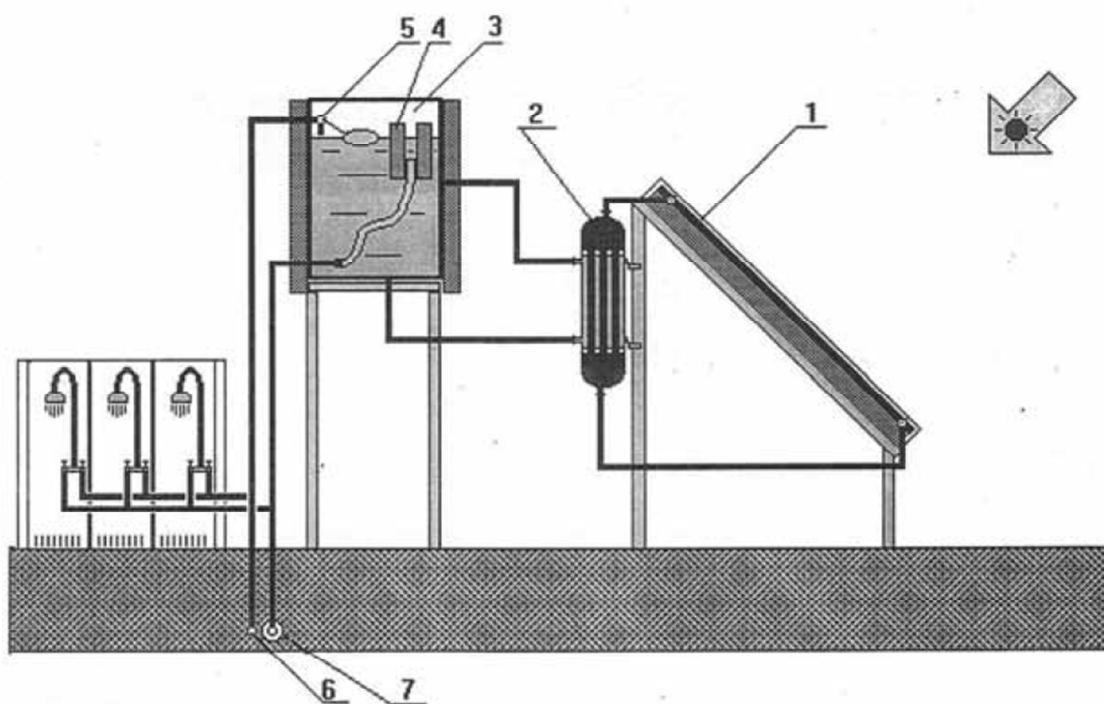


Рис.3.3. Схема геліоустановки гарячого водопостачання

Схема включає в себе два контури циркуляції. У первинному контурі, що містить геліокотел 1, який складається з об'язаних трубопроводами сонячних колекторів, вода циркулює при природному спонуканні. Підігріта в сонячних

колекторах вода під дією гравітаційного тиску спрямовується до теплообмінника 2, в якому тепло передається водопровідній воді, якою наповнений теплоізований резервуар – накопичувач 3. У результаті розшарування (стратифікації) температура води в баку не буде однаковою. Найвищих значень температура досягне у верхній зоні бака. Щоб мережа гарячого водопостачання отримувала воду з найвищою температурою, забірний патрубок прикріплений до поплавка 4.

Бак поповнюється через поплачковий клапан 5, приєднаний до водопроводу 6, а підігріта в геліоустановці вода подається споживачам по трубопроводу гарячого водопостачання.

Сонячні системи гарячого водопостачання знаходять застосування у закладах відпочинку, побутових приміщеннях різних виробництв, житлових будинках та інших будівлях, де визнано виправданим вкладання коштів у спорудження сонячних систем з метою скорочення витрат на придбання палива або на оплату теплоносіїв, на заробітну плату персоналу котелень в літній період або на спорудження самої котельні, якщо сонячна установка здатна замінити її в установах сезонного типу.

Для того, щоб оцінити економічну доцільність спорудження сонячної установки, фахівці повинні розробити техніко-економічне обґрунтування та рекомендації, з яких замовнику стане ясно, які витрати він понесе, скільки палива або електроенергії він зможе заощадити за рік експлуатації і через скільки років окупляться його витрати. Такі рекомендації можуть бути зроблені на основі розрахунків, виконаних з урахуванням місцевих умов виробництва і споживання теплоти.

### **3.2.2 Теплові насоси**

Тепловий насос – це машина, яка сприймає теплоту довкілля для того, щоб передати її тілу з вищою температурою.

*Теплові насоси і довкілля.* Ще недавно в Україні про теплові насоси було відомо лише вузькому колу фахівців, однак, в останні роки вони стали широко згадуватися в засобах масової інформації, інтерес до цього виду техніки стали проявляти проектні організації, ділові кола, а також офіційні особи, що пов'язують з новими опалювальними пристроями певні надії на вихід зі складної енергетичної ситуації.

Успіхи в розвитку техніки теплонасосного опалення за кордоном обнадіюють вітчизняних ентузіастів цього напрямку і обіцяють сприятливі перспективи. У 1993 році в США було побудовано близько 1 млн. односімейних житлових будинків, з яких 246 000 були обладнані опалювальними тепловими насосами. Загальна кількість встановлених в Сполучених Штатах теплових насосів оцінюється величиною 7,7 млн, що складає близько 11% загальної кількості опалювальних установок. Менше вражає європейський досвід, де обсяг застосування теплових насосів характеризується не мільйонами одиниць обладнання, але досить великою кількістю тисяч установок. В Австрії в 1993 році було продано понад 1000 комплектів опалювальних теплових насосів, в той час як теплонасосні установки гарячого водопостачання продавалися в цій країні в кількості до 6000 комплектів на рік. У Нідерландах, де пристрій теплонасосних систем забезпечується державними субсидіями, в 1993 році встановлено 110 тис. теплових насосів. Нинішній обсяг продажів теплових насосів у Швеції становить близько 35 тис. комплектів на рік, а в Швейцарії щорічно встановлюється до 3 тис. одиниць теплонасосного обладнання.

Позитивний досвід багатьох країн не обов'язково застосуємо до України, де складна економічна ситуація може продиктувати інші підходи до вирішення аналогічних технічних завдань, і тільки науковий підхід до проблеми дозволить визначити з достатнім ступенем точності потрібні тенденції, на які впливають такі негативні фактори, як відносна бідність української економіки з одного боку і недостатня її енергоозброєність з іншого.

Можливість використання в теплових насосах енергії довкілля відкриває нові можливості енергозбереження у сфері житлово-цивільного будівництва. Разом з тим, перетворення низькопотенційної енергії довкілля пов'язане з витратами електричної енергії, а висока вартість обладнання стримує замовників навіть там, де застосування теплових насосів об'єктивно виправдане. У цих умовах не можна рекомендувати повсюдне застосування теплових насосів, однак у конкретних умовах їх використання для опалення та гарячого водопостачання може виявитися вигідним для споживача і раціональним для енергетичної системи.

Здатність теплового насоса брати енергію з навколишнього середовища вигідно відрізняє його від інших теплогенераторів, які всі свої теплові втрати разом з продуктами згоряння скидають в атмосферу (рис. 3.4).

Для того, щоб тепловий насос міг віднімати енергію від довкілля при відносно низькій температурі, до нього необхідно підвести механічну енергію, яка здебільшого перетворюється з електричної енергії. Зазвичай при теплонасосному опаленні потрібно приблизно в три рази менше електричної енергії, ніж при прямому перетворенні електричної енергії в теплову, наприклад, в електрорадіаторах.

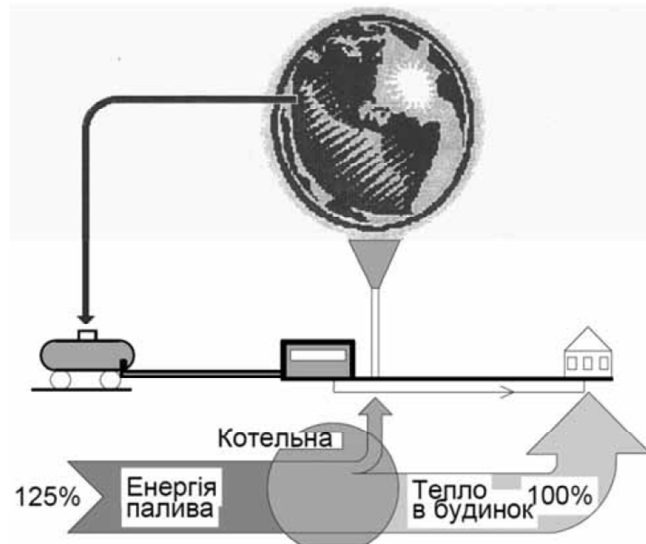


Рис.3.4. Схема потоків енергії при опаленні від котельної

Таке порівняння, однак, не цілком коректне, оскільки електрична енергія виробляється на теплових електростанціях з дуже низьким коефіцієнтом корисної дії, і правильніше було би оцінювати ефективність теплового насоса за величиною первинної енергії палива, витраченої на виробництво одиниці споживаної теплоти. Схема потоків енергії при теплонасосному опаленні представлена на рис.3.5.

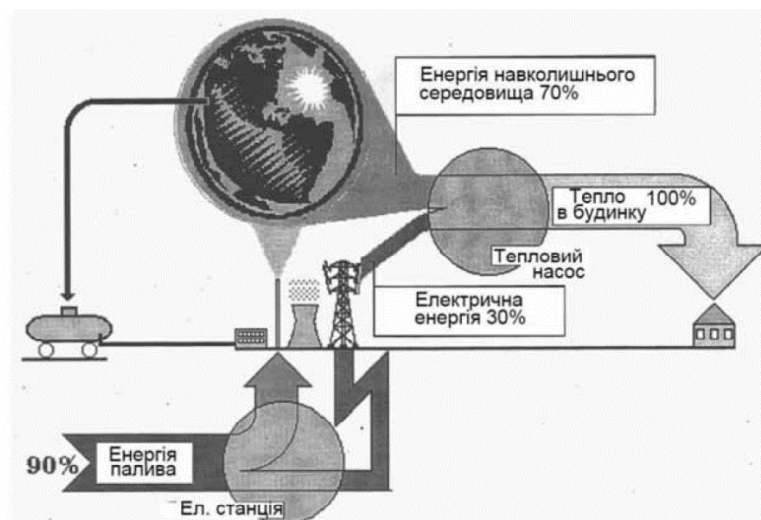


Рис.3.5. Схема потоків енергії при теплонасосному опаленні

Таким чином, при використанні теплового насоса можна отримати корисного тепла більше, ніж міститься в витраченому на його виробництво паливі, але ненабагато, не в кілька разів, а на кілька десятків відсотків більше, що, втім, може зумовити в певних умовах значний економічний ефект.

Відомо багато типів теплових насосів, однак найбільш уживаним є компресорний парорідинний тепловий насос, який складається з чотирьох основних елементів: компресора, конденсатора, випарника і терморегулювального вентиля (рис.3.6).

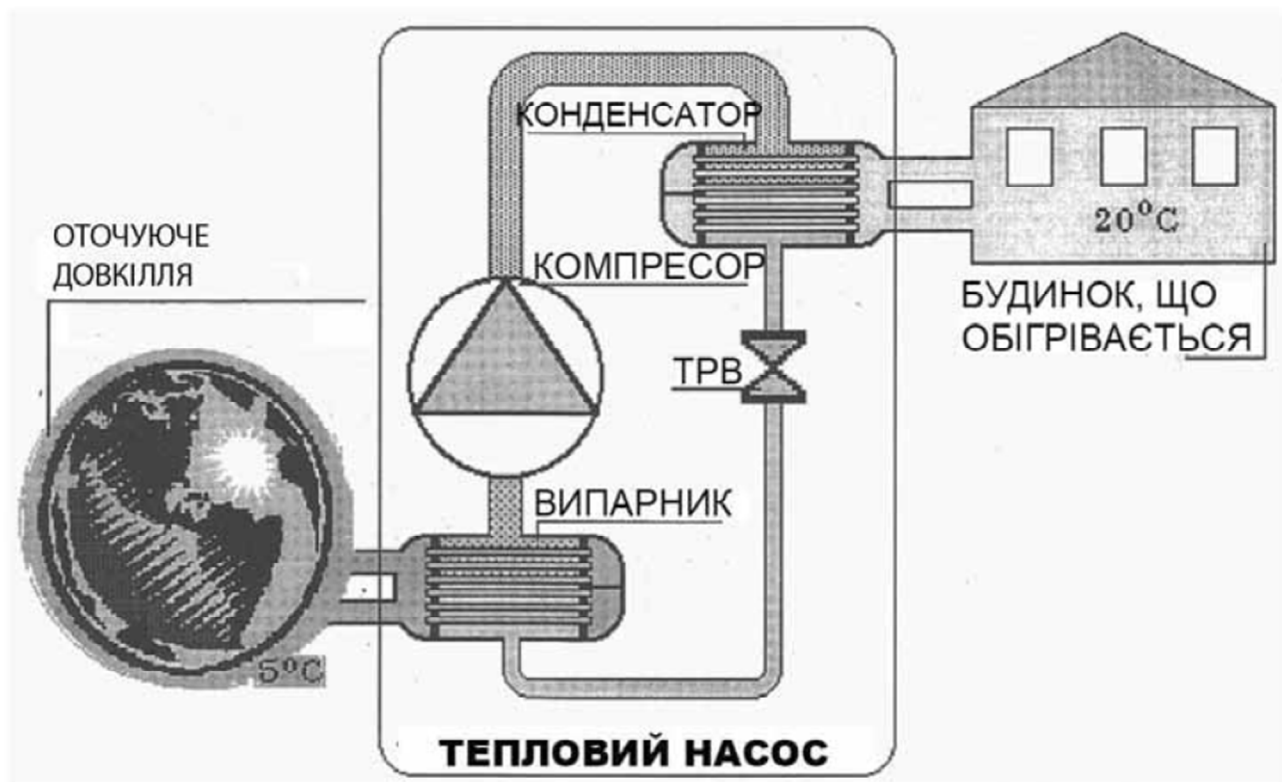


Рис.3.6. Ілюстративна схема перетворення природної енергії в тепловому насосі

Всі апарати теплового насоса заповнені легкокиплячим холодильним агентом, для якого температура навколишнього середовища є настільки високою, що у випарнику починається кипіння рідкого холодоагенту. Утворені пари відсмоктуються компресором. При стисненні в компресорі температура парів холодоагенту підвищується настільки, що в конденсаторі, що омивається теплоносієм системи опалення, пари зріджуються, а теплота конденсації передається теплоносію, який при цьому нагрівається. На шляху до випарника рідкий холодоагент проходить через терморегулювальний вентиль, де різко знижується

тиск рідини, після чого і починається її кипіння у випарнику, де цикл замикається.

Відношення виробленої теплової енергії до витраченої в роботі компресора називають коефіцієнтом перетворення теплового насоса.

Цей коефіцієнт залежить від різниці температур джерел. Якщо ця різниця відносно невелика, то величина коефіцієнта перетворення може досягти високих значень, а при значній різниці температур коефіцієнт знижується. Зазвичай вважається, що ефективність опалювального теплового насоса забезпечується при коефіцієнті перетворення, рівному 3 і більше, однак розрахунок ефективності теплового насоса являє собою досить складну задачу, яка може бути вирішена з урахуванням конкретних умов експлуатації.

**Природні джерела енергії.** Навколишнє природне середовище теоретично може розглядатися як невичерпне джерело низькопотенційної енергії для теплових насосів, однак на практиці слід враховувати реальні температурні рівні низькотемпературних джерел. Наприклад, в кліматичних умовах південного берегу Криму зовнішнє повітря із зимовою розрахунковою температурою, рівною 6-8 градусів морозу, є прийнятним джерелом теплоти, головна перевага якого полягає в доступності і безмежності. Для решти районів України, в яких повітря взимку охолоджується до температури мінус 20 градусів і нижче, його використання в теплових насосах призвело б до отримання таких низьких значень коефіцієнта перетворення, що не могло б бути й мови про конкурентоздатність теплонасосного опалення, не кажучи вже про значні технічні труднощі перетворення теплової енергії при таких низьких температурах зовнішнього повітря.

У деяких країнах знайшли застосування так звані бівалентні системи опалення, в яких тепловий насос застосований одночасно з традиційним паливним теплогенератором. Такі системи могли б використовувати зовнішнє повітря як джерела теплоти протягом більшої частини опалювального періоду, однак, реальний коефіцієнт перетворення для таких систем повинен розраховуватися з урахуванням роботи другого теплоджерела.

Найбільш прийнятним для більшої частини України джерелом низькопотенційного тепла є грантова вода, яка зберігає протягом усього року постійну температуру на рівні плюс 8-12 градусів, що забезпечує ефективну роботу теп-



лових насосів. Найпростіше в цьому випадку використовувати воду зі свердловин, що знаходяться в зоні прибережного фільтрату річок або інших природних водойм, куди можна скидати відпрацьовану воду.

Якщо поблизу немає водойми, то ґрунтову воду, що забирається з однієї свердловини, слід після охолодження в випарнику закачувати в іншу, пробурену до того ж водоносного горизонту. При цьому буде забезпечена циркуляція води через водоносний шар, поверхня дотику якого з шарами ґрунту буде служити для теплообміну з ґрунтовим масивом (рис.3.7).

Можливість використання ґрунтової води пов'язана з певними географічними умовами місцевості і геологічною будовою ґрунтового масиву. Не скрізь є водойми, ґрунтова вода залягає не завжди на зручних горизонтах, а водопроникність водоносного шару не у всіх випадках здатна забезпечити циркуляцію води в потрібних кількостях без високонапірних закачувальних насосів, застосування яких могло б зажадати більше енергії, ніж це необхідно для приводу компресора теплового насоса. У цих випадках теплову енергію можна відняти безпосередньо від ґрунту.

Використання теплоти ґрунту пов'язане з пристроєм, що примикає до опалювального тепловим насосом будівлі території ґрунтового теплообмінника. За кордоном широко застосовуються горизонтальні ґрунтові теплообмінники, що утворюються після укладання в траншеї глибиною 1,5-2 метри пластмасових трубопроводів, по яких циркулює незамерзна рідина. Такий пристрій обумовлює виникнення ряду господарських і експлуатаційних проблем, пов'язаних з агротехнічним використанням території, особливо для садівництва, а для площ, які до моменту будівництва вже зайняті будівлями або деревами, такий спосіб взагалі непридатний.

У багатьох випадках можуть знайти застосування вертикальні ґрунтові теплообмінники, виконані у вигляді свердловини з завареною знизу обсадною трубою. Утворювану при цьому замкну- ту ємність заповнюють незамерзною рідиною і за допомогою опущеного в нижню частину шланга здійснюють циркуляцію рідини по всій довжині вертикального теплообмінника. На рис.3.8 показана система опалення, в якій використовується теплова енергія, перетворена з низькопотенційної енергії ґрунту.

Вертикальні ґрунтові теплообмінники практично не займають території садиби, а необхідна за розрахунком поверхня теплообміну може бути досягнута при бурінні свердловин потрібного діаметру на потрібну глибину. При роботі

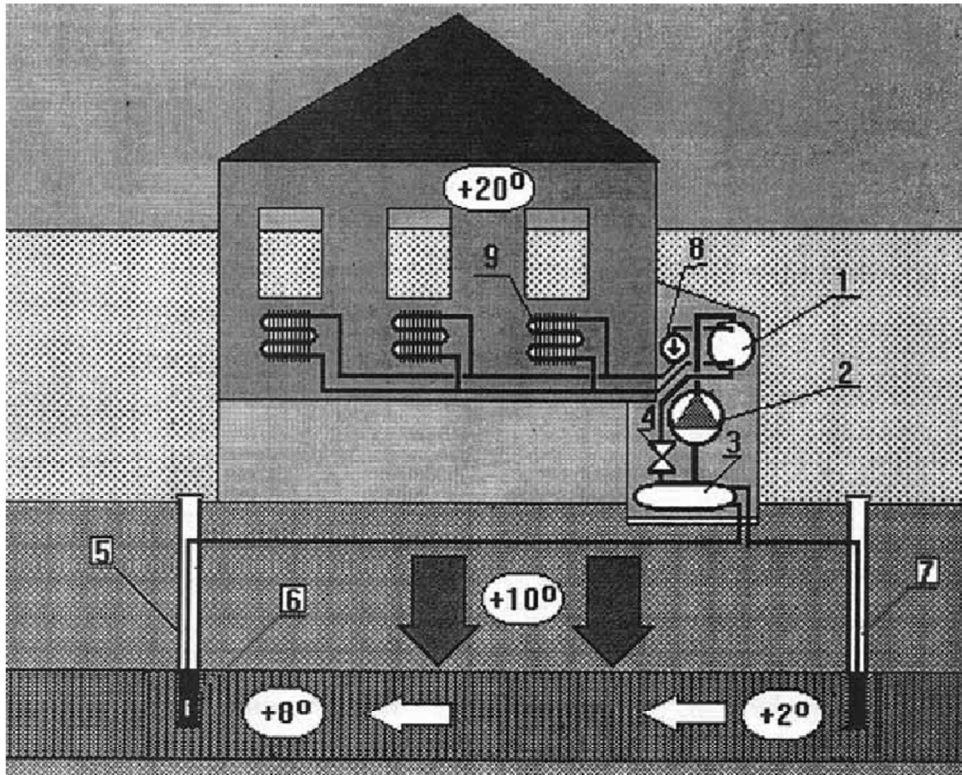


Рис.3.7. Схема теплового насоса, що використовує теплоту ґрунтової води в системі водяного опалення:

1 – конденсатор, 2 – компресор, 3 – випарник, 4 – ТРВ, 5 – водозабірна свердловина, 6 – занурний насос, 7 – свердловина водоскидання, 8 – циркуляційний насос, 9 – опалювальний прибор

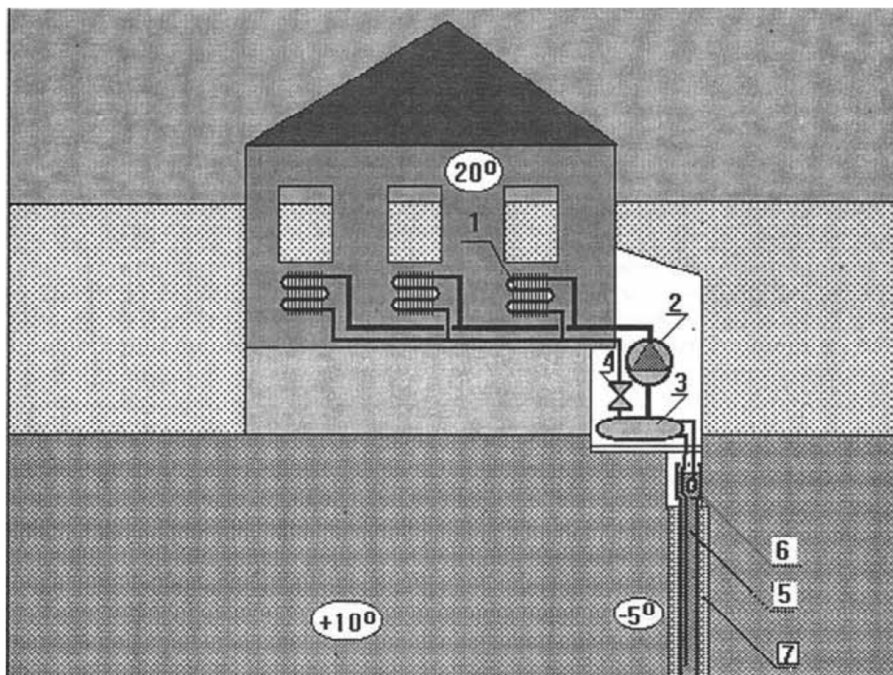


Рис.3.8. Схема теплового насоса, що використовує теплову енергію ґрунту в системі опалювання

теплового насоса навколо свердловин утворюється ґрунтово-льодяна сорочка, концентрація кристалів льоду в якій залежить від природної вологості ґрунту. У вологих ґрунтах ефективність тепломасобміну значно вища, ніж у сухих, не тільки через вищі значення коефіцієнтів теплопередачі, але, головним чином, ще через те, що до віднятої від ґрунтового масиву корисної теплоти додається теплота кристалізації вологи, що міститься в цьому масиві.

Для теплонасосного опалення будівель, розташованих на морському узбережжі або поблизу інших незамерзних водойм, може бути з успіхом застосована вода з цих водойм. Таке рішення може бути досить ефективним, особливо при наявності водозаборів. Принципово можливо забирати воду і з замерзних поверхневих джерел водопостачання, однак при цьому потрібно забезпечити циркуляцію великого обсягу води, що можливо тільки при її надходженні з природних джерел в достатній кількості, а ефективність такого рішення буде залежати від того, наскільки велика потужність насосів випарників.

У випадках, коли технічно неможливо або економічно недоцільно використовувати вищевказані джерела низькопотенційної теплоти, слід розглянути можливість спорудження спеціальної підземної ємності, усередині якої в трубопроводах-льодогенераторах циркулює охолоджена до негативних температур незамерзна рідина. У цьому випадку безпосереднім джерелом теплоти для теплового насоса була б теплота кристалізації води. У сонячні години зимового періоду або під час відлиги за допомогою рідини, що циркулює через сонячні колектори, можна забезпечити часткове танення льоду або повне перетворення його у воду.

### **3.2.3 Енергія вітру**

Енергія вітру – це кінетична енергія рухомого повітря. Вітер, що має енергію, з'являється через нерівномірне нагрівання атмосфери сонцем, нерівності поверхні землі і обертання Землі. Швидкість вітру визначає кількість кінетичної енергії, яка може бути перетворена в механічну енергію або електроенергію. Механічна енергія може використовуватися, наприклад, для помелу зерна і перекачування води. Механічна енергія може також використовуватися для роботи турбін, які виробляють електрику.

Існує два основних способи, за допомогою яких енергія вітру може бути перетворена (як для механічних, так і для електротехнічних цілей): використання або сили «аеродинамічного опору», або «підйому». Спосіб аеродинамічного опору означає просте розміщення однієї сторони поверхні проти вітру, в той час як інша сторона знаходиться з підвітряного боку. Рух за рахунок аеродинамічного опору відбувається в тому ж напрямку, що і дме вітер. Спосіб підйому трохи змінює напрямок вітру і створює силу, перпендикулярну напрямку вітру. Спосіб аеродинамічного опору менш ефективний, ніж спосіб підйому.

Концентрація енергії вітру коливається в широких межах від  $10 \text{ Вт/м}^2$  (при легкому вітерці  $2,5 \text{ м/сек}$ ) і до  $41000 \text{ Вт/м}^2$ , під час урагану зі швидкістю вітру  $40 \text{ метрів на секунду (м/с)}$  або  $144 \text{ км / год}$ . Загалом, енергія вітру пропорційна кубу швидкості вітру. Це означає, що електрична потужність надзвичайно чутлива до швидкості вітру (при подвоєнні швидкості вітру потужність збільшується у вісім разів).

Вітроелектрична станція – установка, що перетворює кінетичну енергію вітру в електричну енергію. Складається вона з вітродвигуна, генератора електричного струму, автоматичного пристрою керування роботою вітродвигуна і генератора, споруд для їх встановлення та обслуговування. На період безвітря вітроелектрична станція має резервний тепловий двигун. Розрізняють крилаті вітродвигуни з коефіцієнтом використання енергії вітру до  $0,48$ , карусельні та роторні з коефіцієнтом використання не більше  $0,15$  і барабанні. Вітродвигуни застосовують у вітроенергетичних установках, які складаються з вітроагрегату – пристрою, що акумулює енергію або резервує потужність, і систем автоматичного управління і регулювання режимів роботи установки. Розрізняють вітроенергетичні установки спеціального призначення (насосні або водопідйомні, електрично зарядні, млинові тощо) та комплексного застосування (вітросилові і спеціальні станції). Потужність вітроенергетичних установок – від  $10$  до  $1000 \text{ Вт}$

З вітроенергетичними установками пов'язуються певні надії на майбутнє, засновані на успіхах українських конструкторів, створити та впровадити енергетичні агрегати потужністю  $100$  і  $250 \text{ кВт}$  (рис.3.9). Вітро-енергетичні турбіни виробляють кондиційну електричну енергію напругою  $380 \text{ вольт}$  при частоті струму  $50 \text{ герц}$ . Номінальна потужність турбіни розвивається при швидкості вітру  $12 \text{ м/с}$ . Робочий діапазон швидкостей вітру, при яких працює турбіна – від  $5$  до  $22 \text{ м/с}$ . У всьому цьому діапазоні ротор турбіни обертається з постійною

кутовою швидкістю, що забезпечується автоматичною установкою кута атаки лопатей турбіни.

Десятки таких вітроагрегатів вже встановлені і дають струм в енергетичну систему України.

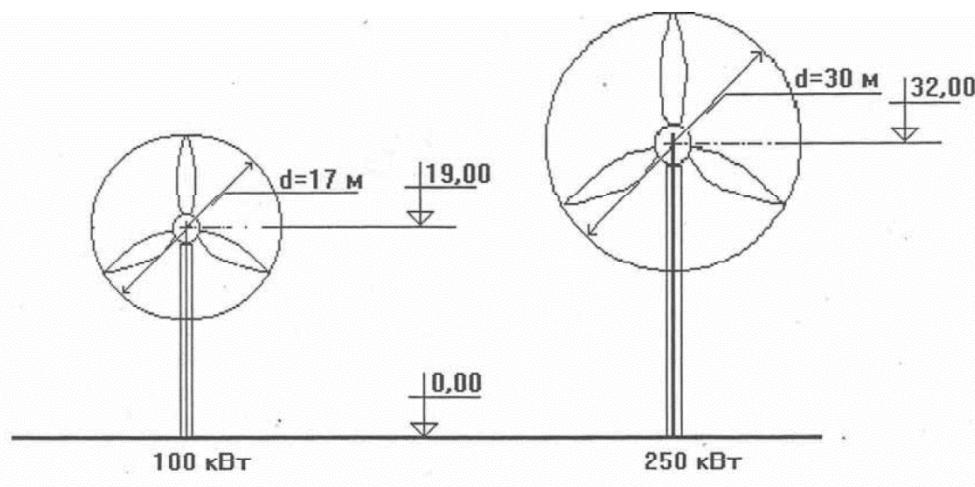


Рис.3.9. Габаритні розміри вітчизняних вітроенергетичних установок потужністю 100 і 250 кВт

Позитивні та негативні риси використання енергії сонця і вітру

**Позитивне:**

- 1) Невичерпність. Розвіданих запасів нафти, газу та урану на 50 років, а енергія вітру і сонця – необмежена
- 2) Екобезпека. Сонячні та вітроелектростанції не виробляють шкідливих викидів
- 3) Дешева експлуатація. Ці електростанції не потребують періодичного ремонту та обслуговування
- 4) Автономність. Можна використовувати далеко від ліній електропередач

**Негативне:**

- 1) Малі потужності. Встановлені потужності і ККД зелених електростанцій не можна порівняти з традиційними
- 2) Великі капіталовкладення. Подібні установки вимагає значних інвестицій і можуть не окупитися
- 3) Залежність від зовнішніх факторів. Якщо вітер поривчастий, а небо – хмарне, ефективність зелених електростанцій зменшується
- 4) Значні площі. Системи вітряків і сонячні батареї вимагають великих територій.