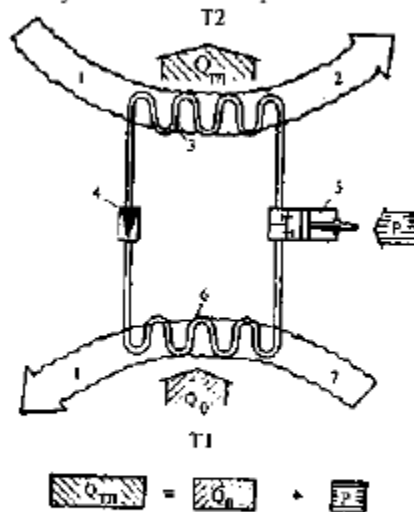


Використання низькопотенційної теплоти за допомогою теплових насосів

Принцип дії і класифікація теплових насосів

Використання теплових насосів (ТН) для опалювання, гарячого водопостачання є способом, альтернативним іншим способам, таким, як традиційне спалювання органічного палива, широко поширене центральне парове або водяне опалювання, електрообігрів і ін.

Тепловий насос здійснює передачу внутрішньої енергії від енергоносія з низькою температурою до енергоносія з більш високою температурою. Оскільки відповідно до другого основного закону термодинаміки теплова енергія без будь-якої зовнішньої дії може переходити тільки з високого температурного рівня на більш низький, для здійснення тепло-насосного циклу необхідно використовувати привідну енергію. Тому процес передачі енергії в напрямку, протилежному природному температурному напору, здійснюється у круговому циклі. На рисунку 1 у приклад наведена схема парової холодильної машини, де робочою речовиною служить кипляча при низькій температурі рідина — холодоагент.



1 — енергоносій, 2 — приймач теплоти; 3 — конденсатор; 4 — регулюючий клапан; 5-компресор; 6 — випаровувач; 7 — джерело теплоти.

Рисунок 1 – Теплонасосний цикл (холодильна машина)

Енергоносії, які постачають теплову енергію з низькою температурою для здійснення тепло-насосного циклу, називаються джерелами теплоти. Вони віддають теплову енергію шляхом теплопередачі, конвекції і (або) випромінювання. Енергоносії, які сприймають в тепло-насосному циклі теплову енергію підвищеного потенціалу, називаються приймачами теплоти. Вони сприймають теплову енергію шляхом теплопередачі, конвекції і (або) випромінювання. Енергоносієм, який служить джерелом теплоти, надходить у випаровувач, де випаровується рідкий холодоагент. Теплота випаровування, необхідна для цього, відбирається від джерела теплоти, так як випаровування холодоагенту проходить при низькій температурі.

У круговому циклі пари холодоагенту всмоктуються компресором і стискаються до високого тиску. При стискуванні їх температура підвищується, що створює можливість віддачі теплової енергії теплоприймачу.

Пари холодоагенту при підвищенні тиску надходять у конденсатор, через який протікає енергоносієм, що служить приймачем теплоти. Його температура нижча температури пари холодоагенту при підвищеному тискові. При конденсації пари виділяється теплова енергія, яка сприймається теплоприймачем. Із конденсатора рідкий холодоагент через регулюючий вентиль (дросельний клапан) надходить знову у випаровувач, і круговий цикл замикається. У регулюючому вентилі високий тиск, при якому надходить холодоагент із конденсатора, знижується до тиску у випаровувачі. Одночасно знижується його температура.

Таким чином, за допомогою теплового насоса можлива передача теплової енергії від джерела теплоти з низькою температурою до приймача з високою температурою при підводі зовні механічної енергії для привода компресора (приводна енергія). Як видно з рисунка 1, схема холодильної машини і теплового насоса відрізняється тільки призначенням.

До холодильних машин належить обладнання, яке дозволяє здійснити відбирання теплової енергії від тіл з температурою, нижчою від температури навколишнього середовища (тобто виробництво холоду). Якщо необхідно отримати визначену кількість теплоти з високою температурою або одночасно і теплоти, і холоду, таке обладнання належить до теплових насосів.

Як показано на рисунку 1, теплопродуктивність (теплова потужність) теплового насоса складається з двох складових: теплоти, отриманої випаровувачем від джерела теплоти (Q_0), і приводної енергії P , за допомогою якої отримана теплова енергія піднімається на більш високий температурний рівень. Звідси впливає визначення теплових насосів: тепловий насос являє собою пристрій, який сприймає тепловий потік при низькій температурі (на холодній стороні), а також необхідну для привода енергію і передає споживачу тепловий потік, об'єднуючи обидва потоки енергії при підвищеній (порівняно з холодною стороною) температурі.

Це визначення дійсне для компресорних та абсорбційних теплових насосів.

Абсорбційний тепловий насос має також випаровувач і конденсатор, які працюють так само, як у паро-компресорному циклі. Теплота підводиться до випаровувача, викликає кипіння холодоагенту при низькому тиску. Корисне тепло відводиться до конденсатора, всередині якого проходить конденсація при високому тиску. Однак в абсорбційному циклі використовується додатковий контур, в якому протікає рідкий абсорбент або розчинник. Випари холодоагенту поглинаються рідиною при низькому тиску.

Потім рідина спеціальним насосом перекачується в область високого тиску, де підводиться теплота, і незважаючи на високий тиск, пари холодоагенту виділяються з рідини. Оскільки суміш рідкого абсорбенту і холодоагенту практично нестисливі, витрати потужності на насос малі і джерелом первинної енергії є тільки теплота, що підводиться до генератора пари, який завжди має максимальну температуру циклу. Теплота, що виділилась в абсорбері, підсумовується з теплою від конденсатора.

На сьогодні найбільше розповсюдження дістали паро-компресорні теплові насоси, тому саме для таких систем в подальшому викладаються енергетичні оцінки і розрахунки.

Теплові насоси можна класифікувати за наступною ознакою:

- за принципом дії;
- за використовуваними джерелами низькопотенційного тепла;
- по поєднанню використовуваного низькопотенційного тепла з середовищем, що нагрівається в теплових насосах;
- за видами енергії, що витрачається.

За першою ознакою розрізняють паро-компресорні, абсорбційні і термоелектричні теплові насоси.

Як джерела низькопотенційного тепла для теплових насосів можуть бути використані:

- зовнішнє повітря;
- поверхневі води (річка, озеро, море);
- підземні води;
- ґрунт;
- сонячна енергія;
- низькопотенційне тепло штучного походження (скидні води, нагріті води технологічних процесів і ін.).

При класифікації за поєднанням джерел низькопотенційного тепла і середовища, що нагрівається, розрізняють наступні варіанти:

- повітря-повітря;
- повітря-вода;
- ґрунт-повітря;
- ґрунт-вода;
- вода-повітря;
- вода-вода.

За видами енергії, що витрачається, розрізняють теплові насоси, що використовують електроенергію, паливо того або іншого вигляду, вторинні енергетичні ресурси.

Конструкції теплових насосів

До основних елементів теплових насосів належить робоче тіло (робоче середовище), компресор, теплообмінник, приводний двигун.

Робоче середовище. Серед термодинамічних властивостей пари робочих середовищ найбільш важливою є максимальна допустима конденсаційна температура або пов'язаний з цим тиск. Тиск, межі якого залежать від компресора, визначає також і температуру опалення. Робота теплового насоса характеризується коефіцієнтом перетворення (КОП).

Найбільш часто використовуються робочі середовища (таблиця 1) R-12 і R-22. Вони мають відповідно максимальну конденсаційну температуру 80 і 60°C, а опалювальна температура складає відповідно 70 і 50°C. Хороші властивості має аміак, за допомогою якого можна отримати і більш високу конденсаційну температуру. Недоліком аміаку є висока токсичність. В абсорбційних теплових насосах найчастіше використовують пари середовищ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ і $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$.

Таблиця 1 – Робочі середовища теплових насосів

| Робоче середовище | Хімічна формула | Температура кипіння при 0,1013 МПа, °C | КОП, ε | Ефективність опалення (об'ємна потужність) q_v , кДж/м ³ | Тиск в конденсаторі p_c , МПа | Співвідношення тисків p_c/p_0 | Кінцева компресорна температура, °C |
|-------------------|---|--|--------|---|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| R-12 | CF_2Cl_2 | -29,9 | 5,16 | 2290 | 1,22 | 3,96 | 57 |
| R-22 | CHF_2Cl | -40,8 | 5,14 | 3761 | 1,93 | 3,88 | 74 |
| R-502 | 49% R-22 51% R-115 | -45,6 | 4,35 | 3676 | 2,11 | 3,68 | 55 |
| R-11 | CFCl_3 | +23,8 | 5,53 | 443 | 0,24 | 5,88 | 62 |
| Аміак | NH_3 | -33,6 | 5,53 | 4275 | 2,06 | 4,96 | 117 |
| R-114 | $\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}$ | +3,6 | 3,65 | 806 | 0,449 | 5,1 | 50 |
| RC-318 | C_4F_8 | -8,1 | 2,79 | 1100 | 0,64 | 5,0 | 50 |
| R-142 | $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_2\text{Cl}$ | -9,2 | 4,7 | 1157 | 0,68 | 4,6 | 60 |

Хлорофторвуглецеві (ХФВ) робочі середовища збільшують парниковий ефект на землі. За даними Intergovernment Panel on Climate change, їх внесок у цей ефект за останні 10 років складає 24%. ХФВ характеризуються впливом на потепління на землі і потенціалом озоноруйнування. Вплив емісії ХФВ на глобальне потепління характеризується GWP, величина якого залежить від часу життя холодоагенту в атмосфері Землі. Так, заборонений з 2000 р. найбільш енергетично ефективний холодоагент R-12 має надзвичайно високе значення $\text{GWP} = 4500$, що еквівалентне викидам CO_2 при виробництві 4000 кВтгод електроенергії. Навіть з урахуванням невеликої маси холодоагенту, яким заправляються холодильники і теплові насоси за час їх експлуатації, прямий внесок у потепління залишається достатньо високим. Тому в найближчі роки основним робочим тілом побутової холодильної техніки буде холодоагент R-134a, який за своїми термодинамічними і енергетичними властивостями близький до R-12 і порівняно з ним має менший $\text{GWP} = 1300$. Для подальшого зменшення GWP застосовують суміш R-134a і R-152 ($\text{GWP} = 150$). На сьогодні ця суміш як холодильний агент починає застосовуватися в холодильниках АО «Норд». Дослідження показали, що добавка до R-134a 20% R-152 підвищує енергетичну ефективність на 1-2%.

Компресори. Розрізняють ротаційні, поршневі, гвинтові та відцентрові компресори для теплових насосів. До компресорів пред'являють такі вимоги:

- більш висока температура конденсації (біля 60°C);
- більш висока допустима температура стискування (біля 100°C);
- високий ККД;
- по можливості плавне регулювання продуктивності без її втрат;
- невисокий рівень шуму.

Ротаційні компресори працюють при низьких тисках і ступенях стискування. Вони застосовуються при потужностях привода до 5 кВт, вихідному тиску до 1 МПа.

Поршневі компресори найбільш розповсюджені в теплових насосах. Великі компресори досягають потужності 100-150 кВт, а невеликі конкурують з ротаційними. Поршневі компресори поділяються на відкриті та герметичні. У відкритому компресорі приводний вал виходить зовні через ущільнення в корпусі. Привод може бути електричним або від іншого двигуна. У герметичній конструкції ущільнення виключені, а привод здійснюється електродвигуном, розміщеним у середині кожуха, який герметично ущільнений (заварений). Це одночасно розв'язує дві проблеми: ліквідує витoki через ущільнення і забезпечує охолодження електродвигуна. Основні характеристики компресора, за якими він вибирається: тиск на виході, температура, різниця тисків, тиск всмоктування, відношення тисків.

Гвинтові компресори призначені для продуктивностей, які перевищують сферу застосування поршневих компресорів. Цей компресор складається з двох гвинтового виду роторів, що обертаються разом в ущільненому корпусі. Стискування проходить у зазорах між зачепленими гвинтами. Продуктивність гвинтового компресора може змінюватися ступінчасто. Завдяки відсутності робочих клапанів і вузлів передаточного механізму, таких, як шатунні і поршні, досягається більш висока надійність порівняно з поршневим компресором. Принциповим недоліком гвинтових компресорів є підвищення вартості і рівня шуму.

Приводні двигуни. Приводом компресора може служити як електродвигун, так і двигун внутрішнього згорання (ДВЗ). Привод від електродвигуна найбільш розповсюджений, що пояснюється його дешевизною, простотою в експлуатації і високою надійністю. Разом з тим електродвигун менш ефективний за первинною енергією. При використанні ДВЗ з'являється можливість використовувати в якості привода теплоту води, нагрітої в охолоджуючому контурі двигуна, і теплоту вихлопних газів. Для того щоб отримати 100 кВт теплової потужності, у тепловому насосі на привод компресора необхідно витратити 43 кВт електричної потужності, що еквівалентно 170 кВт від палива, спаленого на електростанції. У випадку дизельного двигуна для отримання тієї ж кількості теплоти вимагається 88 кВт потужності спаленого палива.

Теплообмінні апарати. Випаровувач у теплових насосах служить для відбирання теплоти з навколишнього середовища або від теплоносія при низькій температурі, при цьому холодоагент переходить із рідкої фази в газоподібну. У зв'язку зі значною різницею коефіцієнтів теплообміну потоку газів і рідин застосовують і різні конструкції випаровувачів для охолодження рідин і газів.

Випаровувачі для охолодження рідин залежно від конструкції поділяють на: кожухотрубні, типу «Труба в трубі», змійовикові, регісторні, пластинчасті.

Кожухотрубна конструкція найбільш широко застосовується, у випаровувачів для охолодження рідин. Рідина, що охолоджується, може проходити як усередині труб, так і між ними. Двотрубна конструкція застосовується для теплових насосів теплопродуктивністю менше 40 кВт. Перевага такої конструкції полягає в тому, що обидві рідини, що беруть участь у теплопередачі, рухаються у протитоці. У змійовиках, регісторних та пластинчастих випаровувачах холодоагент, призначений для випаровування, подається всередину змійовика, регістру або пластин. Такі конструкції застосовують у тих випадках, коли випаровувачі вбудовані у круглі або багатокутні резервуари, де протікає рідина, що охолоджується. Так як коефіцієнт теплообміну холодоагента, що випаровується, вищий, ніж при теплообміні потоку газу, в якості теплопередаючої поверхні у випаровувачах для охолодження газу завжди застосовуються труби з розвинутою поверхнею із сторони руху газу, пластинчасті і ребристі труби. Газ або повітря пропускають через пучки пластинчастих або ребристих труб під тиском. Часто застосовують вентиляційно-випаровувальні агрегати, які складаються з випаровувача, вентилятора, що створює рух повітря, і кожуху.

Конденсатори в теплових насосах служать для відведення теплоти при температурі, яка перевищує температуру навколишнього середовища. При цьому холодоагент переходить із пароподібного стану в рідинний, тобто конденсується. В якості охолоджуваної речовини для конденсаторів застосовують як рідини (особливо воду), так і газу (особливо повітря). Тип охолоджуваної речовини, яка сприймає теплоту конденсації, залежить у теплонасосному циклі від способу застосування. Використання повітря для цього має сенс тоді, коли воно являє собою речовину, до якої повинна підводитися теплота. При використанні рідин в якості охолоджуючої конденсатор речовини їх функцією часто є лише транспортування корисної теплоти від конденсатора до місця її споживання.

Конденсатори з рідинним охолодженням по конструктивному вирішенню поділяються на кожухотрубні, двотрубні і змійовиковотрубні.

Кожухотрубна конструкція найчастіше застосовується в конденсаторах. При цьому холодна речовина пропускається всередині труб, а холодоагент конденсується на зовнішній стороні труб у міжтрубному просторі. Для забезпечення більш високого нагрівання холодної речовини організується рух пари холодоагенту знизу вгору. Конструкція «труба в трубі» має перевагу у створенні повного протитоку обох речовин, завдяки чому досягається більш висока температура теплоносія на виході. У конденсаторах змійовиковотрубних конструкцій з повітряним охолодженням в якості теплопередаючого елементу завжди застосовують труби зі збільшеною поверхнею зі сторони газу. Для досягнення більшшої компактності апарату і його здешевлення здійснюється вимушений рух газу або повітря через пучки ребристих труб.

Збільшення розмірів теплообмінників підвищує їх вартість, але одночасно зменшує різницю температур між кипінням і конденсацією, а це означає збільшення КОП. Тому необхідно розрахувати оптимальний теплообмінник, виходячи з економічних міркувань. Різні підходи до цього питання обумовили те, що в умовах Англії теплові насоси мають практично вдвічі більший конденсатор порівняно з агрегатами, що випускаються в США.

Тепловий насос потрібно захищати від несприятливих умов роботи, обмерзання випаровувача, коли джерелом теплоти є вода.

Теплові насоси випускаються і широко застосовуються в усіх розвинених країнах світу. В Україні серійно випускаються теплові насоси Мелітопольським заводом холодильного машинобудування (нині АТ «Реформа»).

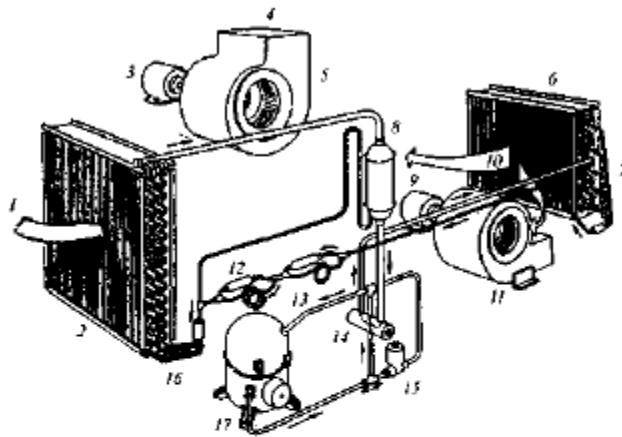
Характеристики і типи теплових насосів, які випускає АТ «Реформа», наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Теплові насоси АТ«Реформа» (МЗХМ)

| Марка | Тип (випаровувач-конденсатор) | Призначення | Теплопродуктивність, кВт | Потужність електродвигуна, кВт |
|---------------|-------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|
| ТХУ 50-2-0 | Повітря-Повітря | Сушіння, нагрівання і охолодження повітря | 60 | 21 |
| НКВ60-2-8(08) | Повітря-Вода | Опалення і гаряче водопостачання | 60 | 24 |
| НКТ5-4-9(08) | Вода-вода | Опалення і гаряче водопостачання | 19 | 4,1 |
| НКТЮ-4-9(08) | Вода-вода | Опалення і гаряче водопостачання | 38 | 8,3 |
| ТХУ 6-4-0 | Вода-вода | Опалення і гаряче водопостачання | 8 | 2,65 |
| ТХУ 24-4.-0 | Вода-вода | Опалення і гаряче водопостачання | 29,5 | 10,8 |
| ТХУ 16-2-0 | Вода-(Повітря, вода) | Опалення і гаряче водопостачання | 19,76 | 6,3 |

Джерела теплоти теплових насосів

Повітря як джерело теплоти. Типова повітряно-повітряний тепловий насос показан на рисунку 2. Зовнішнє повітря проганяється через оребрені трубки випаровувача, усередині яких циркулює робоче тіло. Таким чином, теплота відводиться від конденсатора до повітря приміщення, що опалюється. У міру зниження температури навколишнього середовища необхідна кількість теплоти для опалення підвищується, але здатність теплового насоса підтримувати навіть постійну теплову потужність знижується. Для усунення цього недоліку застосовують додаткові нагрівачі — електричні або на органічному паливі. Розміщують випаровувач у місцях, де температура повітря підігрівається сонячним випромінюванням, наприклад під покрівлею на горіщі будинку.



1 — зовнішнє повітря; 2 — випаровувач; 3 — двигун вентилятора; 4 — викиди охолодженого повітря; 5 — вентилятор зовнішнього повітря; 6—конденсатор; 7—холодне повітря з приміщення; 8— регулятор витрат; 9 — двигун вентилятора; 10—нагріте повітря в приміщенні; 11 — вентилятор внутрішнього повітря; 12-зворотні клапани; 13— капіляри; 14—розподільчий клапан; 15 — клапан розвантаження компресора; 16—розподілювач потоку; 17—компресор.

Рисунок 2 – Схема теплового насоса типу повітря – повітря

Вода як джерело теплоти. Артезіанська вода має майже однакову температуру, приблизно від 10°C у північних областях до 15°C поблизу екватора.

Ґрунтові води, температура яких протягом року складає 8-10°C, мають сприятливі властивості для використання в теплових насосах без підготовчих процесів. Інфільтрація охолодженої води здійснюється в тому випадку, коли ґрунтова вода не може бути використана для технологічних потреб. Водопідійомні та інфільтраційні колодязі повинні бути розташовані один від одного не менше ніж на 15 м.

Вода відкритих водоймищ, таких, як озера, моря та ріки, також може служити джерелом теплоти. При її використанні, як і у випадку з повітрям, трапляються труднощі взимку: Вода надходить з температурою 4-7°C. Щоб вона не замерзала, її не слід охолоджувати до 1-2°C.

Слабо нагріта вода як джерело теплоти — найбільш привабливе джерело. Тому викидна вода в побуті сільських і міських будинків (ванни, душі посудомийні і пральні машини) може використовуватись як джерело теплоти теплових насосів.

У сільськогосподарському виробництві в якості джерела теплоти можна використовувати: теплоту викидного повітря, рідкого гною, молока.

Ґрунт як джерело теплоти. У США значна частина теплових насосів використовують ґрунт як джерело тепла. На рисунку 3 показані ізоплети температури ґрунту, характерні для України залежно від глибини і періоду року. Як видно з рисунку, при закладці теплообмінника на глибину більше 1 м можна вилучати теплоту із ґрунту. При цьому треба мати на увазі, що необхідна для випаровувача теплового насоса площа поверхні землі в багато раз перевищує опалювальну площу.

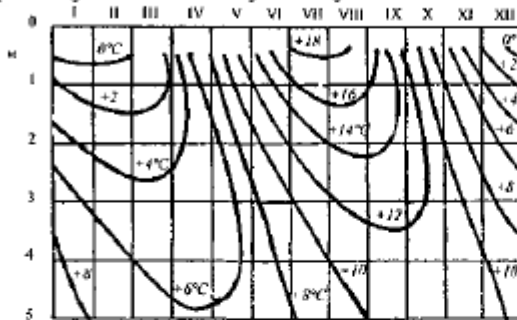


Рисунок 3 – Ізоплети температур ґрунту в залежності від глибини і періоду року (для району Києва)

Зі збільшенням глибини прокладки труб мінімум використання теплового потоку зміщується за часом до моменту, при якому починається зростання температури зовнішнього повітря. Таким чином, можна використовувати як джерела: тепло землі — зовнішнє повітря. Додаткове акумулювання теплоти у ґрунті можливе, якщо теплообмінник служить улітку для відводу теплоти у ґрунт.

Теплообмінники у ґрунті, закладені за схемою (рисунком 4), складаються із систем труб у вигляді горизонтально прокладених змієвиків, по яких пропускається теплоносій (вода, антифриз, розсіл). Теплоносій віддає тепло холодоагенту у спеціальному теплообміннику. Середня температура розсолу взимку складає -3°C.



1 — подача; 2 — зворотна лінія.

Рисунок 4 – Схема прокладання ґрунтового теплообмінника

Зі збільшенням вмісту вологи у ґрунті і підвищенню завдяки цьому теплопровідності і кращому контакту із трубами питомий тепловий потік зростає. Теплопровідність сухого ґрунту залежно від щільності і хімічного складу коливається в межах 0,14-0,52 Вт/(м·К), вологого — 0,8-2,5 Вт/(мК). Матеріалом труб служить корозійностійкий поліетилен (ТГЛІ2І58І) або нержавіюча сталь.

За датськими дослідженнями, при закладці теплообмінника на глибину 1,5 м при кроці розміщення труб у 2 м погонний тепловий потік до випаровувача з ґрунту складає 20-25 Вт/м.

Німецькі дослідження показують наступні оптимальні параметри: діаметр труб 20-25 мм, відстань між трубами 0,5-1,8 м, глибина закладки 0,5-3 м (залежно від властивостей ґрунту), питоме теплонадходження 6-45 Вт/м² поверхні ґрунту, довжина труб кожної вітки 100 м, температура теплоносія 0-5°C при $\Delta T = 5^\circ\text{C}$.

Продуктивність теплового насоса знижується на 5% на кожний градус зниження температури випаровувача.

Сонячні колектори і абсорбери як джерела теплоти.

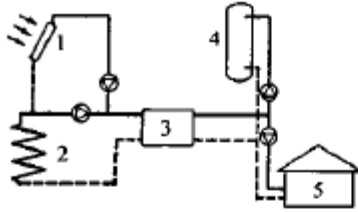
Колектори і абсорбери прямо перетворюють сонячну енергію в термічну, підігрівуючи теплоносії, який віддає теплоту випаровувачу. Віддаючи тепло у випаровувач при температурі більш високій, ніж навколишнє повітря, ґрунт або вода, сонячні колектори підвищують ККД теплового насоса. У більшості випадків для стабілізації теплової потужності теплового насоса доцільно тепло від сонячного колектора подавати в рідинний тепловий акумулятор, куди занурені трубки випаровувача. Тепловий акумулятор дає енергію на випаровування, коли навколишня температура низька для випаровувача і може виконувати і функцію гарячого водопостачання.

Обмеження в застосуванні сонячних колекторів накладаються їх вартістю.

У літературних джерелах і проектах фірм енергетичну ефективність колекторів оцінюють за величиною відношення корисної потужності до інтенсивності сонячного випромінювання. При виборі продуктивності колектора коефіцієнт енергетичної ефективності слід оцінювати, виходячи з режиму експлуатації та кліматичних умов — інтенсивності сонячної радіації і різниці температур теплообмінника (абсорбера) і навколишнього середовища.

При виборі сонячних колекторів поряд з їх термодинамічними властивостями вирішальне значення має розмір капіталовкладень.

Сонячні колектори застосовуються також разом із ґрунтовими теплообмінниками (рисунок 5). На рисунку 6 наведені результати розрахунків (для умов США), які показують співвідношення між енергоспоживанням компресора і площею ґрунтового і сонячного колекторів при річному виробітку тепла 12,26 МВт · год. Для покриття 1 кВт витрат приміщення, що опалюється, потрібно більше 3 м² площі сонячного колектора. При сонячному колекторі площею 30 м² із ґрунтовим теплообмінником 100 м² КОП теплового насоса складає 3,4. А при відсутності сонячного колектора і площі ґрунтового теплообмінника 300 м² КОП = 2,7.



1 — сонячний колектор; 2 — труби у ґрунті; 3 — тепла помпа; 4 — бак; 5 — приміщення, що опалюється.

Рисунок 5 – Схема теплового насоса з одночасним використанням теплоти ґрунту і Сонця

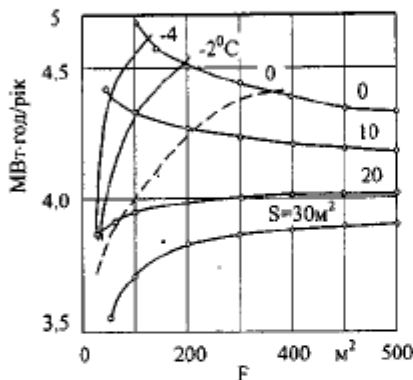


Рисунок 6 – Залежність електроспоживання компресора і циркуляційного насоса від площі ґрунтового F і сонячного S колекторів

Сонячний колектор являє собою зачорнений теплообмінник (абсорбер), ізольований знизу і з боків, а зверху покритий одним або двома шарами скла. Якщо теплообмінник зачорнити з усіх боків, не застосовуючи ізоляції і заklenня, то отримуємо сонячний абсорбер, значно дешевший від колектора, який, незважаючи на невеликий коефіцієнт енергетичної ефективності, успішно застосовується як джерело тепла. Важливою характеристикою абсорбера з огляду корисно знятої з нього енергії є коефіцієнт теплопередачі від навколишнього середовища до корпусу абсорбера. Якщо коефіцієнт теплопередачі сонячного колектора при одношаровому заklenні складає $5-8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, то в абсорбері він значно більший. Збільшує його величину, а значить, і ефективність використання абсорбера, роса та іній, що випали на корпусі. При цьому коефіцієнт теплопередачі складає $25-34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Якщо сонячний абсорбер не входить до складу огорожувальної конструкції покриття, тобто ізоляція його зворотної сторони не потрібна, то коефіцієнт теплопередачі практично подвоюється. За даними німецьких вчених, приріст енергії абсорбера за рахунок випромінювання складає 20%.

Недолік абсорбера полягає в тому, що влітку виникають значні коливання температури випаровування у випаровувачі теплового насоса.

Сонячні абсорбери конкурують як із сонячними колекторами, так і з повітряними теплообмінниками із примусовою циркуляцією повітря. Перевага теплонасосних установок із сонячними абсорберами порівняно з такими ж установками із сонячними колекторами полягає у значно менших капіталовкладеннях, значно більшій кількості годин роботи з повним навантаженням. До недоліків належить дещо знижене значення КОП теплового насоса.

Методи розрахунку теплонасосних установок

У сільськогосподарському виробництві і побуті сільських жителів застосовується три види опалення: радіаторне, панельне і повітряне. Розглянемо особливості розрахунку необхідних температур теплоносія для цих систем опалення.

Для радіаторної системи опалення тепловий баланс приміщення має наступний вигляд:

$$Q_{рад} = Q_{мс}, \quad (1)$$

де $Q_{рад}$ – теплота, яка надходить в приміщення від радіаторів, кВт;

$$Q_{рад} = F_{np} \cdot K_{np} (t_{np} - t_{вн}), \quad (2)$$

$Q_{га}$ – теплові втрати будівлі, кВт;

$$Q_{га} = V \cdot q (t_{вн} - t_{вн}). \quad (3)$$

$F_{га}$ – поверхня опалювальних приладів, яка приймається постійною для даної системи, м²;

$$F_{np} = \frac{Q_{мс}^p}{K_{np} (t_{max} - t_{вн})}, \quad (4)$$

$Q_{мс}^p$ – теплові втрати при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, кВт;

V – об'єм приміщення, м³;

q – питомі втрати теплоти будівлі, кВт/(м³·К), залежать від виду будівельних матеріалів, їх товщини, наявності повітряних прошарків і т.п.;

t_{max} – максимально можлива температура опалювального приладу, °С;

t_{np}, K_{np} – температура і коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу, °С і кВт/(м²·К);

$t_{га}, t_{га.о}$ – температура і розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{вн}$ – температура в опалювальному приміщенні, °С.

Розрахункова температура зовнішнього повітря – це мінімальна температура повітря даного регіону.

У сільськогосподарському виробництві і побуті сільських жителів застосовується три види опалення: радіаторне, панельне і повітряне. Розглянемо особливості розрахунку необхідних температур теплоносія для цих систем опалення.

Для радіаторної системи опалення тепловий баланс приміщення має наступний вигляд:

$$Q_{рад} = Q_{ма}, \quad (1)$$

де $Q_{рад}$ – теплота, яка надходить в приміщення від радіаторів, кВт;

$$Q_{рад} = F_{np} \cdot K_{np} (t_{np} - t_{вн}), \quad (2)$$

$Q_{да}$ – теплові втрати будівлі, кВт;

$$Q_{ма} = V \cdot q (t_{вн} - t_{зв}), \quad (3)$$

$F_{т.д}$ – поверхня опалювальних приладів, яка приймається постійною для даної системи, м²;

$$F_{np} = \frac{Q_{ма}^p}{K_{np} (t_{max} - t_{вн})}, \quad (4)$$

$Q_{ма}^p$ – теплові втрати при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, кВт;

V – об'єм приміщення, м³;

q – питомі втрати теплоти будівлі, кВт/(м³·К), залежать від виду будівельних матеріалів, їх товщини, наявності повітряних прошарків і т.п.;

t_{max} – максимально можлива температура опалювального приладу, °С;

t_{np} , K_{np} – температура і коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу, °С і кВт/(м²·К);

$t_{зв}$, $t_{зв.д}$ – температура і розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$t_{вн}$ – температура в опалювальному приміщенні, °С.

Розрахункова температура зовнішнього повітря – це мінімальна температура повітря даного регіону.