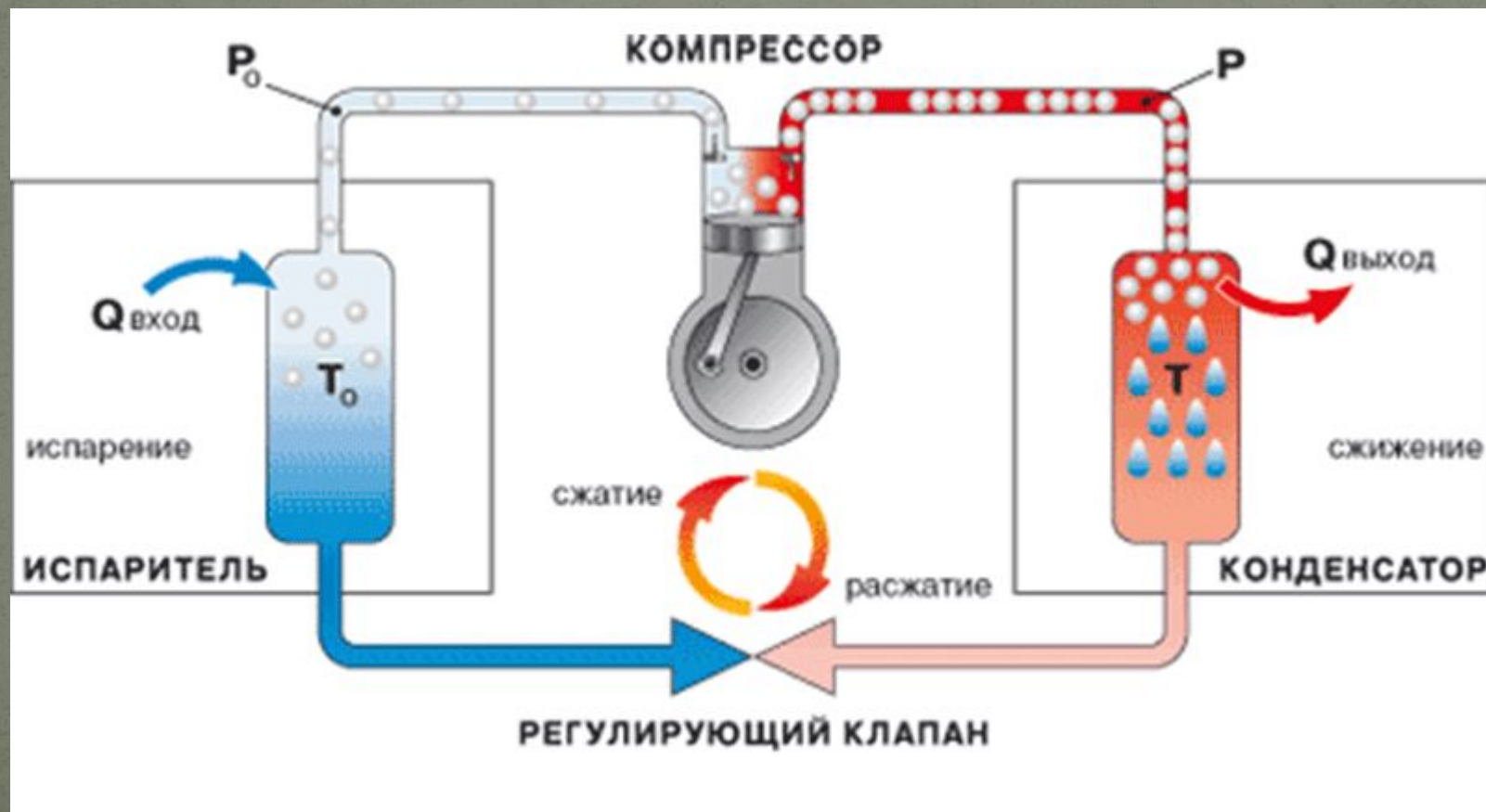


Холодильні машини

Принцип работы компрессора



Холодильна машина

- пристрій, що служить для відводу теплоти від охолоджуваного тіла при температурі нижчій, ніж температура навколишнього середовища. Процеси, що відбуваються в холодильних машинах, є окремим випадком термодинамічних процесів, тобто таких, в яких відбувається послідовна зміна параметрів стану робочої речовини: температури, тиску, питомого обсягу, ентальпії. Холодильні машини працюють за принципом теплого насоса — віднімають теплоту від охолоджуваного тіла і з витратою енергії (механічної, теплової і т. д.) і передають її охолоджуваному середовищу (зазвичай воді або навколишньому повітрю), що має більш високу температуру, ніж охолоджуване тіло. Холодильні машини використовуються для отримання температур від 10°C до -150°C . Область нижчих температур відноситься до кріогенної техніки. Робота холодильної машини характеризується їх холодопродуктивністю.

Історія

Перші холодильні машини з'явилися в середині XIX ст. Одна з найстаріших холодильних машин — абсорбційна. Її винахід і конструктивне оформлення пов'язано з іменами Дж. Леслі (Великобританія, 1810), Ф. Карре (Франція, 1850) і Ф. Віндхауза (Німеччина, 1878). Перша парокомпресійна машина, яка працювала на ефірі, побудована Дж. Перкінс (Велика Британія, 1834). Пізніше були створені аналогічні машини з використанням як холодоагенту метилового ефіру і сірчистого ангідриду. У 1874 К. Лінде (Німеччина) побудував аміачну парокомпресійну холодильну машину, яка поклала початок холодильного машинобудування.

Холодильний цикл

- В основі роботи холодильників лежить холодильний цикл. Простий паровий цикл механічної холодильної машини реалізується за допомогою чотирьох елементів, що утворюють замкнутий холодильний контур:
 - компресора,
 - конденсатора,
 - дросельного вентиля і
 - випарника або охолоджувача
- Пара з випарника поступає в компресор і стискається, внаслідок чого його температура підвищується. Після виходу пари з компресора, що має високу температуру і тиск, надходить у конденсатор, де охолоджується і конденсується. У деяких конденсаторах використовується режим переохолодження, тобто подальше охолодження вже сконденсованої рідини нижче її температури кипіння. З конденсатора рідина проходить через дросельний вентиль. Оскільки температура кипіння (насичення) для даного тиску виявляється нижче температури рідини, починається її інтенсивне кипіння; при цьому частина рідини випаровується, а температура решти опускається до рівноважної температури насичення (тепло рідини витрачається на її перетворення в пару). Процес дроселювання іноді називають внутрішнім охолодженням або самоохолодженням, оскільки в цьому процесі температура рідкого холодагента знижується до потрібного рівня. Таким чином, з дросельного вентиля виходить насичена рідина і насичений пара. Насичена пара не може ефективно відводити тепло, тому він пропускається повз випарника і подається прямо на вхід компресора. Між дроселем і випарником встановлений сепаратор, в якому пара і рідина розділяються.

Холодоагént

- Холодоагént або холодильний агént (англ. refrigerant) — робоча речовина холодильної машини, яка при кипінні або в процесі розширення забирає теплоту від охолоджуваного об'єкта і потім після стиснення передає її охолоджувальному середовищу (воді, повітрю тощо).
- Холодоагент є окремим випадком теплоносія. Важливою відмінністю є використання теплоносіїв в одному і тому ж агрегатному стані, в той час, як холодоагенти зазвичай використовують фазовий перехід (кипіння й конденсацію)

Вимоги до холодоагентів

- До холодильних агентів ставиться низка вимог. Вони повинні мати:
 - низьку температуру кипіння при тиску вище від атмосферного (щоб уникнути підсмоктування повітря);
 - помірний тиск і температуру конденсації;
 - низьку температуру твердіння і високу критичну температуру;
 - велику теплоту паротворення при малих питомих об'ємах пари;
 - малу теплоємність;
 - високу теплопровідність.
- Крім того, бажано, щоб холодоагенти були вибухобезпечними, нетоксичними, негорючими, нейтральними до конструкційних матеріалів, інертними до мастила тощо.

Класифікація

- Залежно від температури кипіння при атмосферному тиску холодоагенти поділяють на 3 групи:
 - високотемпературні (вище від -10°C);
 - помірні (у діапазоні $-10\ldots-50^{\circ}\text{C}$);
 - низькотемпературні (нижче від -50°C).
- Основними холодильними агентами переважно є [аміак](#), [фреони](#) ([хладони](#)) і деякі [вуглеводні](#).
- Аміак належить до групи помірних холодоагентів. Перевагами аміаку є його низька вартість і високі теплофізичні показники. Недоліками є токсичність, вибухонебезпека. Аміак також є агресивним до деталей з міді та її сплавів.
- Фреони в більшості випадків є нешкідливими і негорючими; налічується понад 50 різних фреонів та їх сумішей, що використовуються у всіх температурних групах. Найпоширенішими є фреон-12, фреон-22 (належать до помірних холодоагентів) і фреон-13 (низькотемпературний холодоагент).
- Вуглеводні ([етан](#), [пропан](#), [етилен](#)) мають низьку температуру замерзання, але є вибухонебезпечними; застосовуються в крупних і середніх холодильних установках в нафтохімічній і газовій промисловості.
- В адсорбційних пароежекторних холодильних машинах і машинах, що працюють на водному розчині бромистого літію (бромистолітієвих) холодильним агентом слугує вода.
- В холодильно-газових машинах як холодоагент в основному використовуються [гелій](#), [водень](#), [азот](#) або [повітря](#).
- Не слід плутати холодоагенти й [кріоагенти](#). У кріоагентів температура кипіння є нижчою, також для холодоагентів ставляться вищі вимоги по взаємодії з оливами компресорів.
- Кріоагент — речовина, що використовується як робоче тіло в кріогенних системах. Кріоагенти мають температуру кипіння нижчу від -120°C . Це, переважно, чисті гази: [гелій](#), [азот](#), [кисень](#), [аргон](#) й деякі вуглеводні ([метан](#), [етан](#)). Принциповою різницею у використанні холодильних агентів у вигляді азоту, гелію тощо є те, що рідина витрачається і випаровується (переважно, в атмосфері), тобто реалізується розімкнутий холодильний цикл. У холодильних машинах фреон чи аналогічний газ працює у замкнутому циклі, стискаючись за допомогою [компресора](#), охолоджується в [конденсаторі](#), розширюючись в дроселі або детандері, випаровується у [випарнику](#).

Маркування

- Маркування холодоагентів у форматі R-# було запропоноване компанією DuPont. Числа та літери, що записані на місці ідентифікаційного номера визначають молекулярну структуру холодоагента.
- Граничні вуглеводні та їх галогенні похідні позначаються літерою R з трьома цифрами після неї, тобто у форматі R-xyz, де:
 - x (сотні) дорівнює кількості атомів вуглецю, зменшеній на одиницю;
 - y (десятки) дорівнює кількості атомів водню, збільшеній на одиницю;
 - z (одиниці) дорівнює кількості атомів фтору.
- Наприклад:
 - Холодоагент R-134a має 2 атоми вуглецю, 2 атоми водню, 4 атоми фтору, а суфікс «а» вказує що це ізомер — тетрафторетан.
 - Серії R-400, R-500 позначають суміші холодоагентів.
 - Ізобутан має власне позначення як холодоагент R-600a і містить 0 атомів фтору, 10 атомів водню, 4 атоми вуглецю, а суфікс «а» вказує, що це ізомер.
- Різним неорганічним сполукам присвоєна серія 700, й ідентифікаційний номер холодоагентів, що належать до цієї серії, визначається як сума числа 700 і молекулярної маси холодоагенту.
- Наприклад, для аміаку, хімічна формула якого NH_3 , отримаємо $1 \times 14 + 3 \times 1 + 700 = 717$. Таким чином його позначення буде: R-717.

Історія виникнення теплового насосу

- Концепцію теплових насосів було розроблено ще в 1852 британським фізиком та інженером Вільямом Томсоном (Лордом Кельвіном) і в подальшому вдосконалено та деталізовано австрійським інженером Петером фон Ріттінгером. Петера Ріттера фон Ріттінгера вважають винахідником теплового насосу, оскільки саме він спроектував і встановив перший відомий тепловий насос у 1855 році [1].
- Практичного застосування тепловий насос набув значно пізніше, а точніше у 40-х роках XX століття, коли винахідник-ентузіаст Роберт Вебер (Robert C. Webber) експериментував з морозильною камерою [2]. Одного разу Вебер випадково доторкнувся до гарячої труби на виході камери і зрозумів, що тепло просто викидається назовні. Винахідник замислився над тим, як використати це тепло, — і вирішив помістити трубу в бойлер для підігріву води. У результаті Вебер забезпечив свою родину такою кількістю гарячої води, що її вони просто не могли використати, — і при цьому частина тепла потрапляла у повітря. Це наштовхнуло його на думку, що від одного джерела тепла можна підігрівати і воду, і повітря одночасно: Вебер удосконалив свій винахід і почав проганяти гарячу воду по спіралі (через змієвик) і за допомогою невеликого вентилятора розповсюджувати тепло по будинку з метою його опалення.
- Згодом саме у Вебера з'явилась ідея «викачувати» тепло із землі, де температура не надто змінювалась протягом року. Він помістив у ґрунт мідні труби, якими циркулював фреон, що «збирав» тепло землі. Газ конденсувався, віддаючи своє тепло у домі, та знов проходив через змієвик, щоб підібрати наступну порцію тепла. Повітря приводилося в рух за допомогою вентилятора і розповсюджувалось по будинку.
- У 40-х роках тепловий насос був відомим через свою надзвичайну ефективність, але реальна потреба у ньому виникла за часів Арабського нафтового ембарго у 70-х роках, коли, незважаючи на низькі ціни на енергоносії, з'явився інтерес до енергозбереження.

Тепловий насос

- Внутрішній контур теплових насосів складається з таких компонентів:
- Конденсатор;
- Капіляр;
- Випарник;
- Компресор, що працює від електричної мережі;
- Терморегулятор, який управляє обладнанням;
- Холодоагент.

Принцип роботи

- Холодоагент під високим тиском через капілярний отвір попадає у випарювач, де за рахунок різкого зменшення тиску відбувається процес випару. При цьому холодоагент відбирає тепло у внутрішніх стінок випарювача, а випарювач у свою чергу відбирає тепло в земляного або водяного контуру, за рахунок чого він постійно охолоджується. Компресор вбирає холодоагент із випарювача, стискає його, за рахунок чого температура холодоагенту різко підвищується й виштовхує в конденсатор. Крім цього, у конденсаторі, нагрітий у результаті стиску холодоагент віддає тепло (температура порядку 85-125 градусів Цельсія) опалювальному контуру й переходить у рідкий стан. Процес повторюється постійно. Коли температура в будинку досягає необхідного рівня, електричне коло розривається терморегулятором і тепловий насос перестає працювати. Коли температура в опалювальному контурі падає, терморегулятор знову запускає тепловий насос. У такий спосіб холодоагент у тепловому насосі робить зворотний цикл Карно.
- Як ми бачимо, теплові насоси перекачують розсіяну теплову енергію землі, води або навіть повітря у відносно високопотенційне тепло для опалення об'єкта. Приблизно 75% опалювальної енергії можна зібрати безкоштовно із природи: ґрунту, води, повітря й тільки 25% енергії необхідно затратити для роботи самого теплового насоса. Інакше кажучи, власник теплових насосів заощаджують 3/4 коштів, які він би регулярно витрачав на дизпаливо, газ або електроенергію для традиційного опалення. Попросту кажучи, тепловий насос за допомогою теплообмінників збирає теплову енергію із землі (води, повітря) і «переносить» її в приміщення.
- Теплові насоси здатні не тільки опалювати приміщення, але й забезпечувати гаряче водопостачання, а також здійснювати кондиціонування повітря. Але при цьому в теплових насосах повинен бути реверсивний клапан, саме він дозволяє тепловому насосу працювати у зворотному режимі.

Типи теплових насосів

- Залежно від **принципу роботи** теплові насоси поділяють на компресійні та абсорбційні. Компресійні теплові насоси завжди діють за допомогою механічної енергії (електроенергії), в той час як абсорбційні теплові насоси можуть також працювати на теплі як джерелі енергії (за допомогою електроенергії чи палива).
- Залежно від **джерела відбору тепла** теплові насоси поділяються на [три](#) :
 1. **Геотермальні** (використовують тепло землі, наземних або підземних ґрунтових вод)
 - а) замкнутого типу
 - горизонтальні
 - Колектор розміщується кільцями або хвилясто у горизонтальних траншеях нижче глибини промерзання ґрунту (зазвичай від 1,20 м і більше) [\[4\]](#). Цей спосіб є найбільш економічно ефективним для жилих об'єктів за умови відсутності дефіциту земельної площі під контур.
 - вертикальні
 - Колектор розміщується вертикально у свердловини глибиною до 200 м [\[5\]](#). Цей спосіб застосовується у випадках, коли площа земельної ділянки не дозволяє розмістити контур горизонтально або є загроза пошкодження ландшафту.
 - водні
 - Колектор розміщується хвилясто або кільцями у водойму (озеро, ставок, річку) нижче глибини промерзання. Це найдешевший варіант, але є вимоги до мінімальної глибини та об'єму води у водоймі для певного регіону.
 - б) відкритого типу
 - Така система використовує як теплообмінну рідину воду, що циркулює безпосередньо через систему геотермального теплового насосу в рамках відкритого циклу, тобто вода після проходження системою повертається у землю. Цей варіант можливо реалізувати на практиці лише при наявності достатньої кількості відносно чистої води та за умови, що такий спосіб використання ґрунтових вод є дозволеним.
- 2. **Повітряні** (джерелом відбору тепла є повітря)
- 3. **Такі, що використовують вторинне тепло** (наприклад, тепло трубопроводу центрального опалення). Цей варіант є найдоцільнішим для промислових об'єктів, де є джерела паразитного тепла, яке потребує [утилізації](#).

Переваги теплових насосів

- **Економічність.** Тепловий насос використовує електричну енергію значно ефективніше будь-яких котлів, які спалюють паливо. Коефіцієнт ефективності теплових насосів значно більше одиниці. Між собою теплові насоси порівнюють за умовною величиною — коефіцієнтом перетворення тепла (КПТ), також це поняття називається коефіцієнтом трансформації тепла, потужності, перетворення температур. Він показує відношення одержуваного тепла до витраченої енергії. Приміром, $\text{КПТ} = 4,5$ означає, що номінальна (споживана) потужність теплового насоса становить 1 кВт, на виході ми одержимо 4,5 кВт теплової потужності, тобто 3,5 кВт тепла ми одержуємо із природи;
- **Широкий спектр застосування.** На нашій планеті існує безліч розсіяного тепла. Земля й повітря є скрізь, також більшість людей не мають проблем з водою. Саме вони містять в собі теплову енергію, отриману від сонця. Теплові насоси незалежно від погодних умов, падіння тиску в газовій трубі зберуть це тепло для вас. Усе що потрібно для цього — електрична енергія. Але якщо її немає, це теж не проблема — деякі моделі теплових насосів можуть використовувати дизельне паливо або бензин для своєї роботи;
- **Екологічність.** Тепловий насос не тільки заощаджує гроші, але й береже здоров'я власникам будинку та їх дітям. Прилад не спалює паливо, виходить, не утворюються шкідливі окиси типу CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , PbO . Тому навколо будинку на ґрунті немає слідів сірчаної, азотистої, фосфорної кислот і бензольних з'єднань.² Та й для нашої планети застосування теплових насосів безсумнівне благо. Адже на ТЕЦ скорочується витрата газу або вугілля на виробництво електрики. Застосовувані ж у теплових насосах хладони не містять хлорвуглецю і озонобезпечні;
- **Універсальність.** Теплові насоси, обладнані реверсивним клапаном, працюють як на опалення, так і на охолодження. Теплонасос може відбирати тепло з повітря будинку, прохолоджуючи його. Влітку надлишкове тепло можна використовувати для підігріву побутової води або для басейну;
- **Безпека.** Теплові насоси Атмосистеми вибухово- і пожежобезпечні. У процесі опалення відсутні небезпечні гази, відкритий вогонь або шкідливі суміші. Деталі теплонасоса не нагріваються до високих температур, здатних стати причиною пожежі. Зупинка теплового насоса не приведе до його поломки, ним можна сміло користуватися після тривалого простою. Також виключене замерзання рідин у компресорі або інших складових частинах.

Особливості

- 1. Чим менше різниця між температурою джерела теплоти та температурою теплоносія в опалювальному контурі, тим більший коефіцієнт перетворення тепла (КПТ). Тому вигідніше опалювати приміщення низькотемпературними системами опалення: системою «тепла підлога» або повітряним опаленням, тому що в цих випадках теплоносій за медичними вимогами і будівельними нормами не повинен бути вище 35 °С.
- 2. Чим більший коефіцієнт завантаження теплового насосу, тим доцільніше його використання. Наприклад, системи нагріву води для басейнів працюють у постійному режимі, протягом усього року. Їхній коефіцієнт завантаження (використання потужності протягом року) може сягати 80%. В системах опалення будинків коефіцієнт завантаження обладнання становить близько 30...40%. Відповідно, в першому випадку річна економія від застосування теплового насосу рівної потужності буде в 2...3 рази більше, ніж в другому, а строки окупності обладнання - в 2...3 рази менше.
- 3. Чим більші теплові втрати, тим доцільніше використання теплових насосів: по-перше, питома вартість для теплових насосів великої потужності (вартість встановленого кВт) в 3...5 разів нижче, ніж для ТН малої потужності; а по-друге, чим більші обсяги споживання теплоти, тим більша економія від застосування ТН в абсолютному вимірі.
- Регулювання діяльності у сфері теплових насосів**
- На цей час в Україні немає законодавчих та технічних можливостей для визначення дійсних технічних показників теплових насосів. Користуючись цим, деякі виробники та продавці теплових насосів вказують завищені показники обладнання. Відомі два випадки, коли під виглядом теплових насосів кінцевому споживачу встановлювались електрокотли, у зміненому корпусі.
- Європейський досвід вказує на необхідність впровадження в Україні міжнародних стандартів, за якими вимірюються показники теплових насосів, та створення відповідної лабораторії. Окрім законодавчого регулювання, в ЄС існує громадська організація Європейська асоціація теплових насосів (ЕНРА), що перевіряє показники теплових насосів та позначає знаком якості QL (Quality Label).

Інформація взята з:

- https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0

Схема работы однокамерного холодильника.

