

Chłodnictwo

Literatura

„Chłodnictwo i klimatyzacja” Gutkowski K., Butrymowicz D. - WNT 2007

„Technika chłodnicza w klimatyzacji” Kołodziejczyk L., Rubik M. – Arkady 1976

„Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda, chłodnictwo” Recknagel, Sprenger, Schramek – Omni Scala 2008

„Ogrzewanie i klimatyzacja” Recknagel, Sprenger, Honmann, Schramek – EWFE, 1994

„Termodynamiczne podstawy obniżania temperatur” Królicki Z. – PWr 2006

„Chłodnictwo” Maczek K., Mieczysławski M. – PWr 1981

Chłodnictwo – podstawy teoretyczne

Chłodnictwo – nauka i technika osiągania i utrzymywania temperatur obniżonych w stosunku do temperatury początkowej ciała obserwowanego lub w stosunku do temperatury ich otoczenia.

Teoretyczne podstawy chłodnictwa wynikają wprost z takich dyscyplin naukowych, jak: termodynamika, mechanika płynów, wymiana ciepła.

Obowiązują tu również prawa przyrody znane z procesów fizycznych:

zasada zachowania masy (substancji) oraz pędu (ilości ruchu)

(w układzie izolowanym podczas przemian i oddziaływań fizycznych oraz reakcji chemicznych masa pozostaje stała oraz w układzie izolowanym całkowity pęd układu - iloczyn masy i prędkości ciała – pozostaje stały)

zasada zachowania energii, bilans energii oraz I zasada termodynamiki

(w układzie izolowanym suma wszystkich rodzajów energii układu jest stała (nie zmienia się w czasie); energia nie może być ani utworzona, ani zniszczona, może jedynie zmienić się forma energii)

II zasada termodynamiki

(wg Clausiusa: ciepło nie może samorzutnie przepływać od ciała o temperaturze niższej do ciała o temperaturze wyższej)

Jeśli w procesie obniżania lub utrzymywania temperatury jakiegoś ciała uczestniczą tylko substancje otoczenia naturalnego, np. powietrze, płyny, to taki sposób realizacji procesu nazwiemy chłodzeniem naturalnym lub krótko – **chłodzeniem**. Z ang. cooling *, lub z niem. kühlen.

Jeśli natomiast w procesie obniżania lub utrzymywania temperatury ciała uczestniczą substancje o temperaturze obniżonej w sposób sztuczny w stosunku do temperatury otoczenia naturalnego, np. przez realizację lewobieżnego obiegu termodynamicznego, to taki sposób nazwiemy chłodzeniem sztucznym lub krótko – ziębieniem.

Z ang. refrigerating *, z niem. kälten.

* PN-ISO 5149:1997 Mechaniczne instalacje ziębnicze do oziębiania i ogrzewania – Wymagania bezpieczeństwa

Ziębnik – obiegowy czynnik termodynamiczny, którego przemiany składają się na obieg ziębnienia; jego zadaniem jest odbieranie ciepła z ciała chłodzonego przez odparowanie w parowniku przy niskim

ciśnieniu, a następnie oddanie tego ciepła do otoczenia w procesie skraplania. Np.: R22, R134a, R407C, R410A, R507, R717, R744, R290, R600a itp.

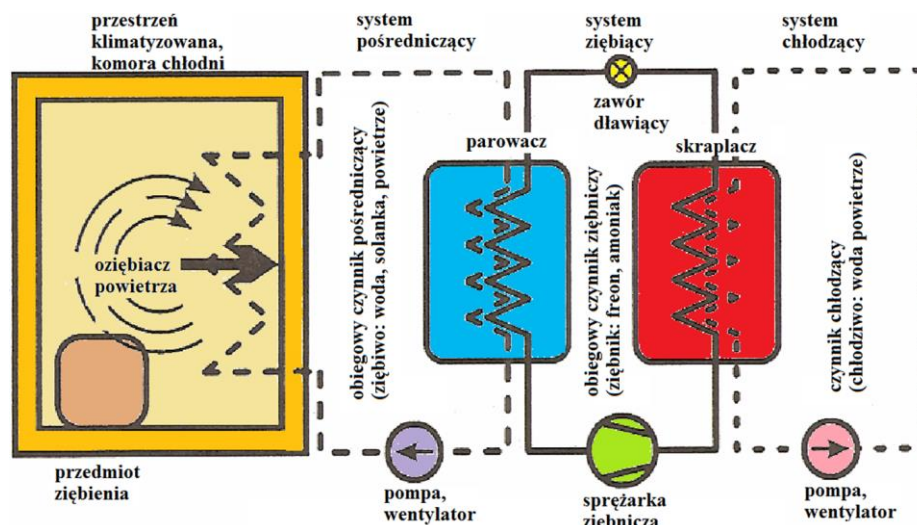
Ziębiwo - czynnik pośredniczący w przekazywaniu ciepła krążący pomiędzy ochładzanym ciałem a parowaczem agregatu ziębniczego.

Np.: powietrze w centrali klimatyzacyjnej, oziębiana woda, wodne roztwory glikolu, solanki itp.

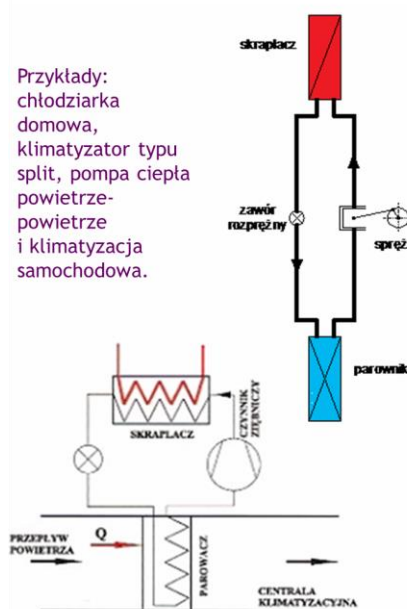
Chłodziwo – czynnik chłodzący stosowany do odprowadzenia ujemnego ciepła obiegu, krążący pomiędzy skraplaczem agregatu ziębniczego a ośrodkiem odbierającym ciepło.

Np.: woda lub powietrze chłodzące skraplacz.

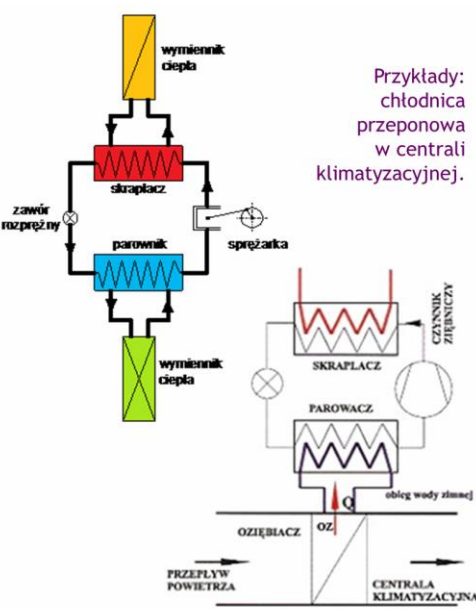
Obieg ziębniczy



Bezpośredni system ziębienia



Pośredni system ziębienia



Zmiany stanu skupienia wody

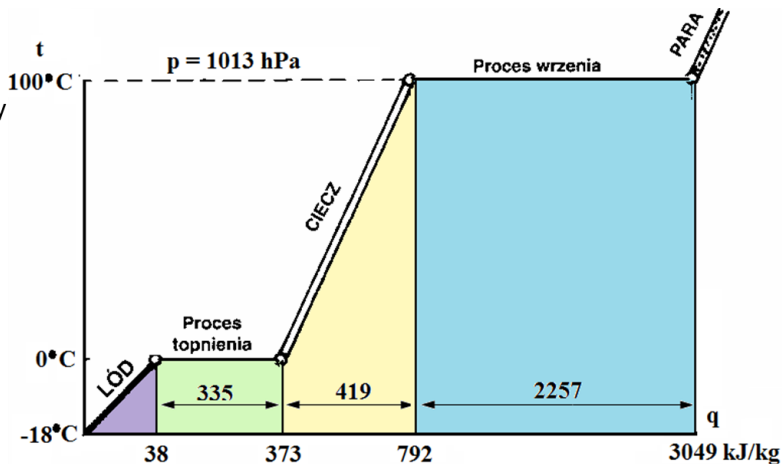
1. Ciepło właściwe lodu $c_l=2,11\text{kJ/kgK}$. Do podniesienia temperatury 1kg lodu od -18°C do 0°C należy dostarczyć 38kJ ciepła jawnego.

2. Ciepło topnienia lodu $r_l=335\text{kJ/kg}$. Przemiana lodu w wodę przy 0°C po doprowadzeniu 335kJ ciepła utajonego.

3. Ciepło właściwe wody $c_w=4,19\text{kJ/kgK}$. Wzrost temperatury wody od 0°C do 100°C po dostarczeniu 419kJ ciepła jawnego.

4. Ciepło parowania wody $r_p=2257\text{kJ/kg}$. Przemiana wody w parę przy 100°C po doprowadzeniu 2257kJ ciepła utajonego.

5. Dalsze dostarczanie ciepła jawnego spowoduje przegrzanie pary.



Zadaniem **chłodziwy** jest **ochłodzenie powietrza** zewnętrznego lub mieszaniny powietrza zewnętrznego i wywiewanego z pomieszczenia lub powietrza za układem do odzysku ciepła do wymaganej temperatury powietrza nawiewanego.

Maksymalne zapotrzebowanie mocy do **chłodzenia powietrza** w okresie ciepłym może wystąpić w warunkach obliczeniowych okresu ciepłego tzn. wtedy, gdy wartość bilansu zbędnego ciepła jawnego jest największa, lub gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest największa (w Polsce w lipcu i sierpniu o godz. 15 czasu słonecznego).

Sposoby chłodzenia – dziś

W obiegu termodynamicznym korzysta się ze znanych procesów fizycznych. Do najczęściej wykorzystywanych w klimatyzacji należą:

Sprężarkowy obieg chłodniczy realizowany dzięki doprowadzeniu energii mechanicznej:

Parowy obieg chłodniczy,

Sorpcyjny obieg chłodniczy, przy dostarczeniu dodatkowej energii cieplnej:

Absorpcyjny obieg chłodniczy,

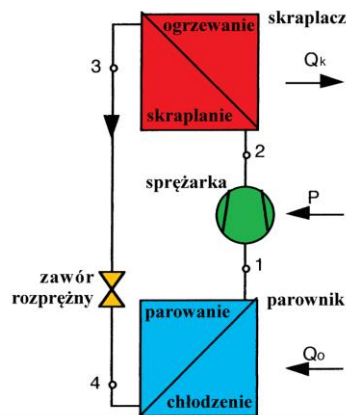
Adsorpcyjny obieg chłodniczy,

Sprężarkowe urządzenia chłodnicze, których obieg realizowany jest dzięki doprowadzeniu energii mechanicznej, z wykorzystaniem przemian fazowych (wrzenia i skraplania) ziębnika.

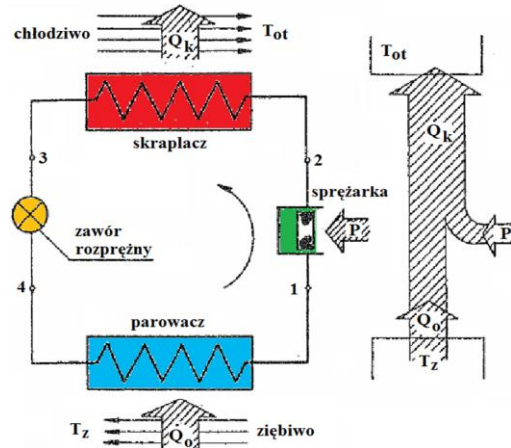
Zazwyczaj stosuje się kompaktowe urządzenia chłodnicze, nazywane agregatami chłodniczymi lub potocznie chłodziarkami czy chillerami.

W ponad 90% zainstalowanych urządzeń stosowany jest sprężarkowy parowy obieg chłodniczy. Ma on współcześnie największe znaczenie w technice chłodniczej i klimatyzacyjnej. Podstawą działania jest teoretyczny idealny proces obiegu Carnota, tzw. obieg lewobieźny.

Schemat sprężarkowego urządzenia ziębniczego



Sprężarkowe urządzenie chłodnicze składa się z **parowacza** służącego do pobierania ciepła (chłodzenie), **sprężarki** (kompresora), wyposażonej w silnik napędowy do dostarczania energii, **skraplacza** (kondensatora), w którym oddawane jest ciepło, oraz **elementu rozprężnego** (dławiącego) wykorzystywanego do obniżenia ciśnienia. Dla właściwego działania urządzenia chłodniczego, wszystkie elementy układu muszą być połączone ze sobą przewodami rurowymi tworząc obieg zamknięty, w którym krąży ziębnik.



Rodzaje agregatów

Agregat ziębniczy (agregat chłodniczy) – sprężarka, skraplacz, parowacz

i inny osprzęt zamontowane są na stałe na ramie nośnej, gotowe do podłączenia czynników pośredniczących. Najczęściej przy pośrednich systemach ziębienia, całość posadowiona na dachu lub w maszynowni chłodniczej. Konieczne użycie ziębiwa.

Agregat skraplający - sprężarka, skraplacz, zbiornik ciepłego czynnika

i inny osprzęt zamontowane są na ramie nośnej; parowacz w innym miejscu np. w centrali klimatyzacyjnej. Najczęściej przy bezpośrednich systemach ziębienia, agregat posadowiony na dachu.

Agregat sprężarkowy – sprężarka, silnik i wyposażenie pomocnicze zamontowane są na ramie nośnej; parowacz osobno np. w centrali klimatyzacyjnej; skraplacz osobno np. na dachu. Najczęściej przy bezpośrednich systemach ziębienia, agregat w maszynowni chłodniczej, konieczne użycie chłodziwa

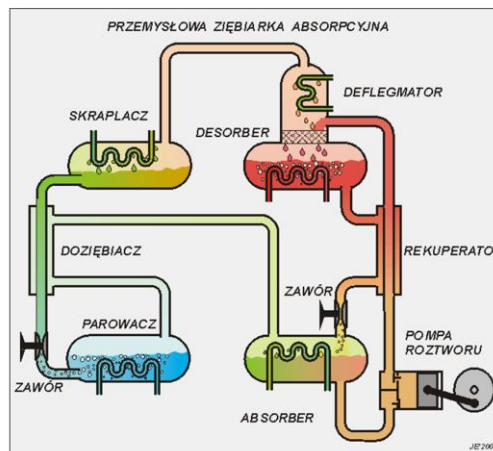
Absorpcyjne urządzenia chłodnicze, w których czynnik chłodniczy (absorbent) jest pochłaniany (absorbowany) przez roztwór roboczy (absorbant), krążący w obiegu zamkniętym, a następnie ponownie uwalniany do procesu chłodniczego przez dodanie energii cieplnej.

Adsorpcyjne urządzenia chłodnicze, w których czynnik chłodniczy, adsorbowany przez powierzchnię ciała stałego, jest cyklicznie uwalniany w wyniku dostarczenia energii cieplnej, przy wykorzystaniu dwóch równoległych i zamiennie pracujących urządzeń, tworząc w ten sposób pseudo-ciągły proces chłodzenia.

Absorpcyjny obieg chłodniczy

W ziębiarce absorpcyjnej zachodzą następujące procesy:

- Desorpcja (odpędzanie)
- Rektyfikacja
- Skraplanie
- Dławienie
- Parowanie (wrzenie)
- Absorpcja (pochłanianie)
- Pompowanie
- Odzyskiwanie ciepła



Najważniejszymi dziedzinami wykorzystania ciepła odpadowego z urządzeń chłodniczych są:

- obróbka powietrza klimatyzacyjnego, ciepła woda do zasilania nagrzewnic powietrza w centralach wentylacyjnych, bezpośrednie ogrzewanie pow. nawiewanego do pomieszczeń np. w supermarketach,
- zasilanie w czynnik grzewczy kurtyn powietrznych,
- ciepła woda użytkowa do celów sanitarnych lub komunalno-bytowych,
- układy centralnego ogrzewania niskotemperaturowego, ogrzewanie podłogowe, sufitowe lub ściennie w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej,
- bezpośrednie wykorzystanie ciepła odpadowego w procesach suszenia, np. w suszarniach drewna, makaronów, dojrzewalniach wędlin
- zasilanie w ciepło dolnego źródła pompy ciepła,
- procesy przetwórstwa spożywczego np. chłodzenie mleka, warzenie piwa czy przetwórstwo mięsa,
- ochrona przed przemarzaniem gruntu pod mroźniami,

Co wpływa na odzysk ciepła odpadowego?

Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na możliwości odzysku ciepła odpadowego z urządzeń chłodniczych są:

- rzeczywisty profil obciążenia chłodniczego obiektu,
- parametry pracy, w szczególności temperatura i ciśnienie skraplania,
- temperatura tłoczenia par ziębnika,
- liczba godzin pracującej instalacji chłodniczej,
- ciągłość tej pracy,
- praca instalacji całoroczna czy okresowa (lato, zima),
- temperatury zasilania źródła ciepła odzyskanego,
- uzasadnione stosowania oddzielnych wymienników do odzysku ciepła skraplania i ciepła przegrzania w celu otrzymania dwóch strumieni podgrzewanej wody o różnych parametrach.

Sposoby działania urządzeń sprężarkowych

- Urządzenie, w którym odbywa się cykliczny proces parowania - sprężania - skraplania - dławienia, nazywane jest w zależności od zamierzonego skutku działania:
- Urządzeniem chłodniczym, gdy zamierzonym skutkiem działania jest odprowadzanie ciepła (mocy chłodniczej Q_o), obniżenie temperatury, czyli ochładzanie,
- Pompą ciepła, gdy zamierzonym skutkiem działania jest otrzymywanie ciepła Q_k , podniesienie temperatury, czyli ogrzewanie.
- Warto pamiętać, że agregat ziębniczy wykorzystujemy przez 3 - 5 miesięcy, przez resztę roku możemy używać go jako pompę ciepła.

Jakość każdego urządzenia określa stosunek osiąganych efektów do nakładów, który określany jest jako *efektywność*. Wartość sprawności jest zawsze mniejsza od 1, jednak w wyniku dopływu ciepła niskotemperaturowego (po stronie zimnej) wartość tego stosunku zwiększa się i jest ona dla pompy ciepła zawsze, zaś w przypadku urządzenia chłodniczego w większości przypadków, większa niż 1. Współczynnik wydajności zdefiniowany w następujący sposób:

Urządzenie ziębnicze:

$$\epsilon_z = \frac{Q_o}{P}$$

Pompa ciepła:

$$\epsilon_{pc} = \frac{Q_k}{P} = \frac{Q_o}{P} + 1 = \epsilon_z + 1$$

Urządzenie ziębno-grzejne:

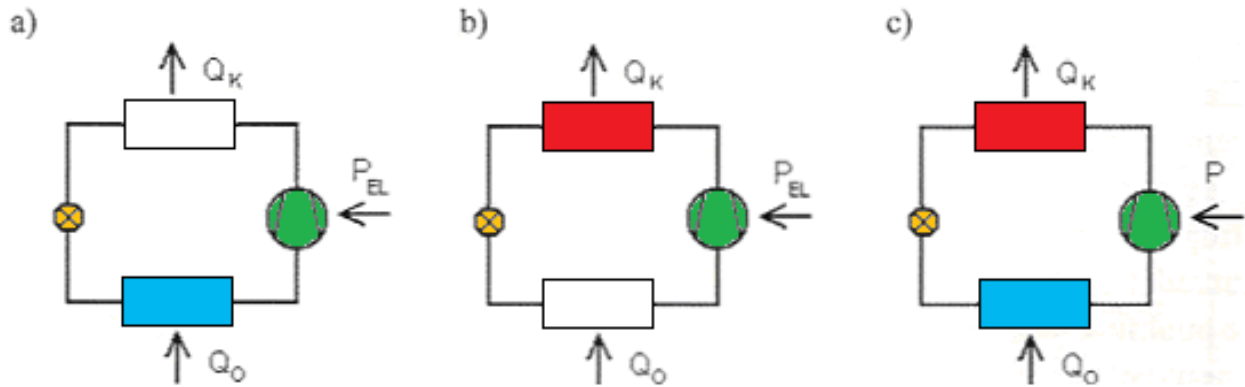
$$\epsilon_{zg} = \frac{Q_o + Q_k}{P} = 2 \cdot \epsilon_z + 1$$

Z porównania tych efektywności wynika, że warto zajmować się odzyskiem ciepła z instalacji ziębniczej.

Funkcje sprężarkowych obiegów chłodniczych

Można wyróżnić trzy funkcje urządzenia realizującego obieg lewobieżny i są to:

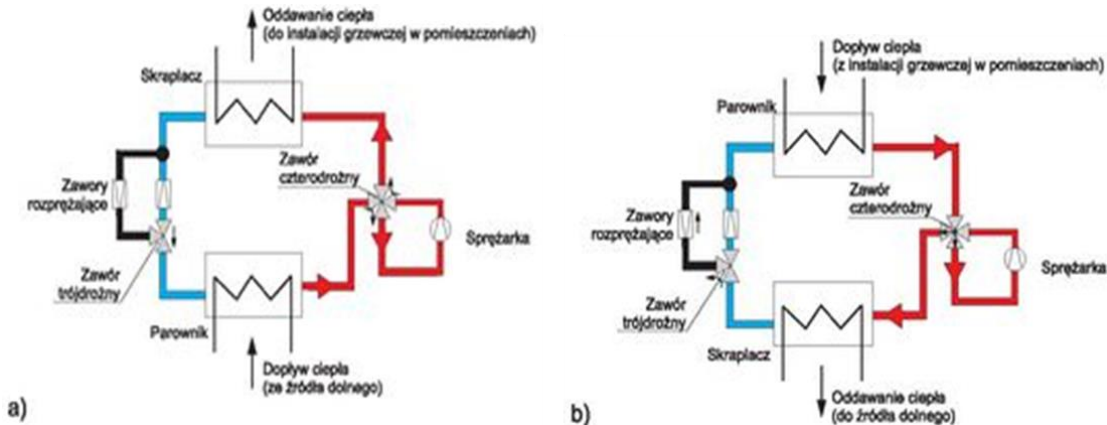
- funkcja ziębienia - ziębiarka (a)
- funkcja grzania - pompa ciepła (b)
- funkcja ziębienia i grzania jednocześnie - urządzenie ziębno-grzejne (c)



Pompy ciepła

Aby wykorzystać agregat chłodniczy jako pompę ciepła, wystarczy obrócić kierunek tłoczenia sprężarki i dodać drugi zawór rozprężny.

Zmienia się kierunek przepływu czynnika chłodniczego i tym samym kierunek przepływu ciepła.



W obiegu czynnika chłodniczego sprężarkę podłączono przez zawór czterodrogowy, który pozwala przetłaczać czynnik na odpowiedni wymiennik. Skraplacz i parownik zamieniają się rolami.

Agregaty sprężarkowe z funkcją free-cooling

Free Cooling jest systemem pozwalającym na wytwarzanie schłodzonej wody bez angażowania sprężarek chłodniczych.

Przy wykorzystaniu niskiej temperatury powietrza zewnętrznego w chłodnych porach roku.

