



Studia Podyplomowe

EFEKTYWNE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

w ramach projektu

**Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji Zarządzania
Energia**

Metody oszczędzania energii w budynkach

Dr inż. Łukasz Mika

Metody oszczędzania energii w budynkach

ODZYSK CIEPŁA

Odzysk ciepła w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych budynków polega na wykorzystaniu ciepła zawartego w powietrzu wywiewanym do wstępnego podgrzania (ochłodzenia) powietrza nawiewanego.

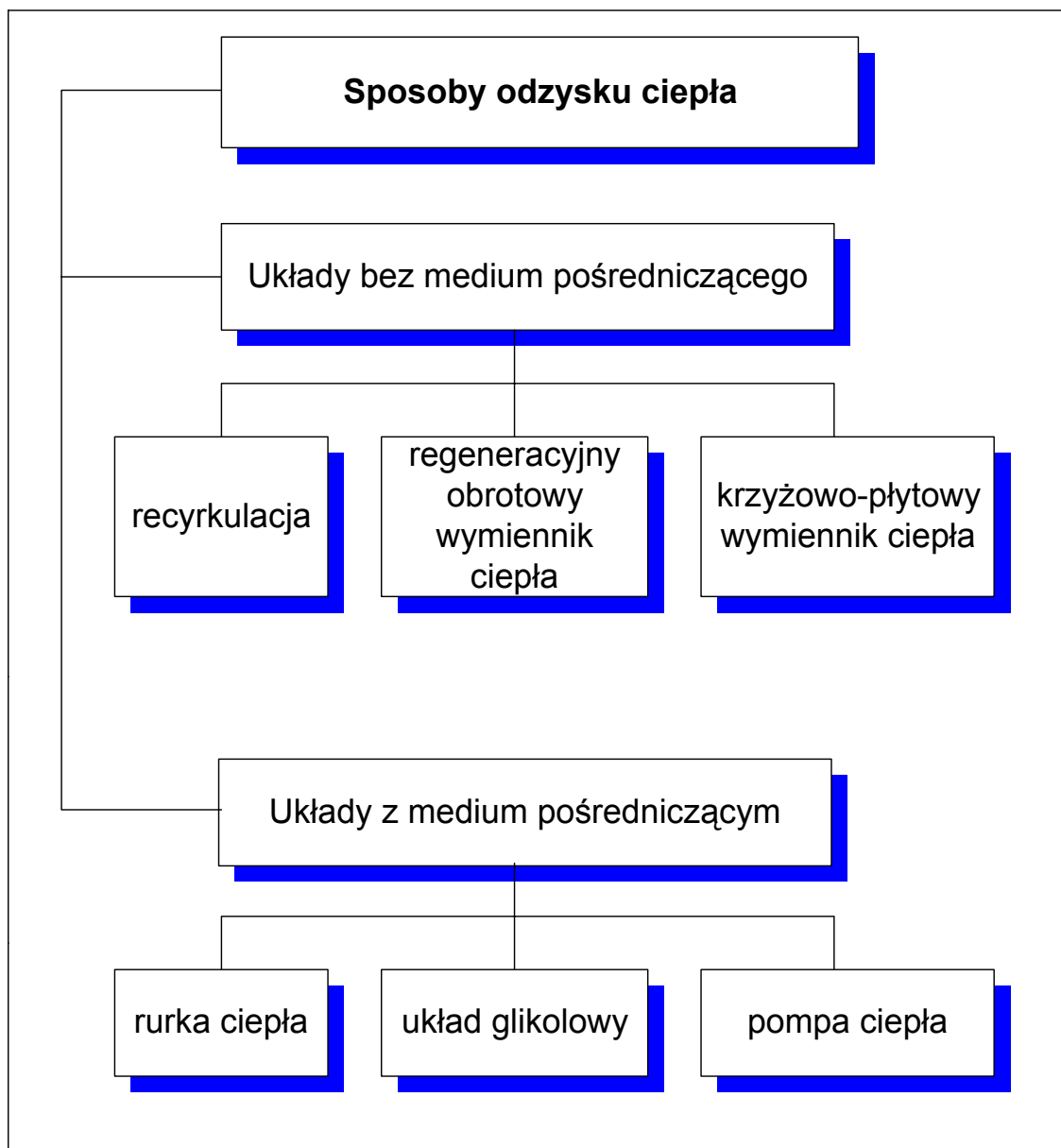
W nowoczesnych rozwiązaniach odzysku ciepła z powietrza wywiewanego statystycznie największe zastosowanie znalazły w warunkach klimatycznych zbliżonych do warunków polskich kolejno: regeneratory obrotowe, rekuperatory, wymienniki ciepła z czynnikiem pośredniczącym i pompy ciepła.

Odzysk ciepła może się odbywać poprzez:

- recyrkulację - zachodzącą wtedy, gdy część powietrza usuwanego z pomieszczenia klimatyzowanego jest mieszana ze strumieniem nawiewanym;
- rekuperację - która zachodzi wtedy, gdy strumienie powietrza nawiewanego i wywiewanego nie stykają się bezpośrednio z tą samą powierzchnią wymiennika, a proces wymiany ciepła odbywa się przez przeponę oddzielającą oba płyny;
- regenerację - która zachodzi wtedy, gdy dwa strumienie na przemian omywają tę samą powierzchnię wymiennika, dzięki czemu realizowana może być nie tylko wymiana ciepła, lecz również wymiana masy.

Metody odzysku ciepła stosowane w klimatyzacji

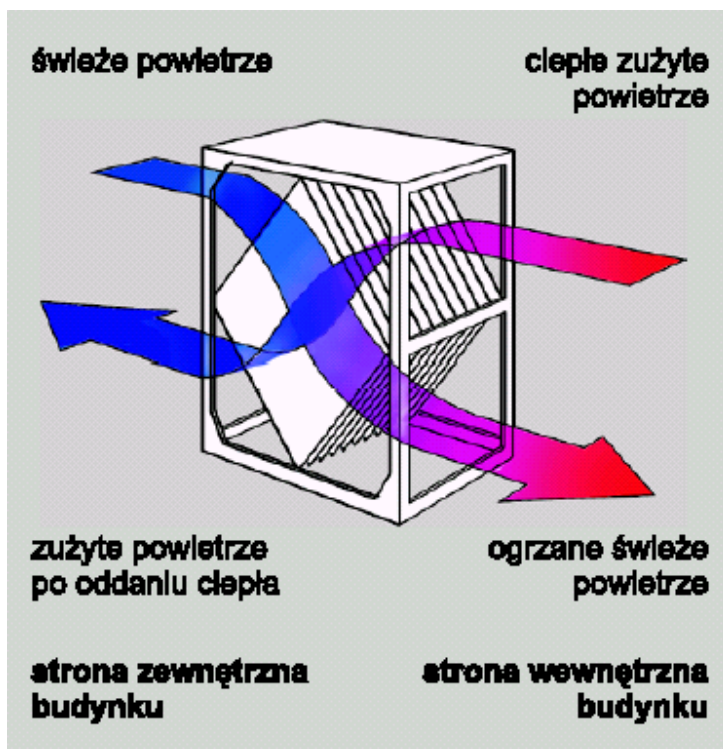
- 1) układy przekazujące ciepło bez medium pośredniczącego, tzn. pracujące w układzie powietrze-powietrze; do tej grupy zalicza się następujące sposoby odzysku ciepła: recyrkulacja, regeneracyjny wymiennik obrotowy, rekuperacyjny wymiennik przeponowy.
- 2) układy przekazujące ciepło poprzez czynnik pośredniczący, tzn. pracujące w układzie powietrze-czynnik pośredniczący-powietrze; do tej grupy zalicza się następujące urządzenia: rurka ciepła, układ z cieczą pośredniczącą, pompę ciepła.



Sposoby odzysku ciepła stosowane w urządzeniach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.

Przeponowe wymienniki ciepła powietrze – powietrze

Wymienniki krzyżowo-płytowe są rekuperatorami, w których wymiana ciepła odbywa się za pośrednictwem przepony oddzielającej powietrze zimne od ciepłego. W tego typu wymiennikach stosuje się przepływ krzyżowy, tzn. strumień powietrza ciepłego przepływa prostopadle do strumienia powietrza zimnego. Przepony najczęściej wykonane są z blachy stalowej (stalowej nierdzewnej) lub aluminiowej.



Wymiennik krzyżowo-płytowy

Zalety wymienników krzyżowo płytowych:

- prostota konstrukcji,
- wymiennik ten nie wymaga doprowadzenia dodatkowej energii spoza układu,
- pewność działania związana między innymi z brakiem części ruchomych,
- możliwość regulacji wydajności wymiennika z wykorzystaniem upustu (by-pass).

Wady:

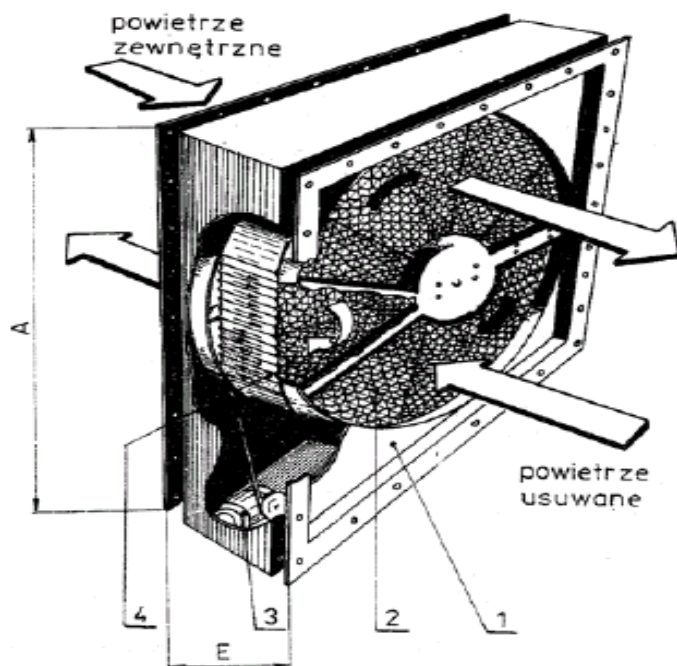
- możliwość występowania szronienia już przy temperaturze około -5°C ,
- duże wymiary centrali z wymiennikiem płytowym,
- wymiennik jest szczelny na początku eksploatacji, z upływem czasu może jednak dochodzić do pewnych przecieków powietrza, co jest związane ze zużywaniem się uszczelek. Chyba, że uszczelnienie brzegów płyt jest z tego samego materiału co płyty.

Rotacyjne wymienniki ciepła i masy

W wymiennikach regeneracyjnych odzysk ciepła opiera się na wykorzystaniu masy akumulacyjnej - na ogół w postaci obrotowego wirnika w kształcie walca - przez którą przepływają na przemian ciepłe i zimne strumienie powietrza, między którymi zachodzi wymiana. Zależnie od właściwości materiału masy akumulacyjnej możliwa jest wymiana tylko ciepła jawnego- regenerator energii lub łączna wymiana ciepła jawnego i wilgoci-regenerator entalpii. W tym ostatnim przypadku wypełnienie posiada właściwości sorpcyjne, stąd regeneratory entalpii noszą również nazwę regeneratorów sorpcyjnych.

Zasadniczym elementem powyższych wymienników jest rotor – obracający się bęben pośredniczący w wymianie ciepła (lub ciepła i masy) między dwoma przepływającymi strumieniami powietrza. Rotor wykonany jest w sposób umożliwiający wymianę ciepła przez jak największą powierzchnię. Rotor umieszcza się w obudowie z blachy nierdzewnej lub zabezpieczonej antykorozyjnie.

Obudowa wykonana jest w ten sposób, aby wewnątrz niej zmieścił się silnik elektryczny napędzający rotor oraz w przypadku osuszacza także nagrzewnica powietrza regenerującego i wentylatory (w przypadku jednostki autonomicznej). Obudowa umożliwia także przyłączenie kanałów powietrznych. Obudowa spełnia jeszcze jedną ważną rolę – powierzchnie przylegające do powierzchni czołowych rotora spełniają rolę uszczelnienia promieniowego – dlatego też muszą być dokładnie wykonane: odległość między zeszlifowaną powierzchnią czołową rotora a obudową wynosi ok. 0.1 mm.



Regenerator obrotowy - budowa i zasada działania: 1- obudowa, 2- wirnik, 3- silnik elektryczny z przekładnią pasową, 4- śluza.

Zalety regeneratorów obrotowych są następujące:

- wysoka sprawność odzysku ciepła (do 80%);
- możliwy odzysk zarówno ciepła jawnego, jak i utajonego;
- łatwy sposób unikania zjawiska oszraniania powierzchni wymiennika;
- możliwość uzyskania płynnej regulacji wydajności;
- prosta konstrukcja.

Wadami regeneratorów obrotowych są:

- występowanie „przecieków” powietrza zużytego do strumienia powietrza świeżego;
- konieczność doprowadzenia dodatkowej energii do napędu rotora;
- stosunkowo wysoka cena;
- konieczność „zablokowania” centrali wywiewnej z nawiewną.

Systemy z czynnikiem pośredniczącym

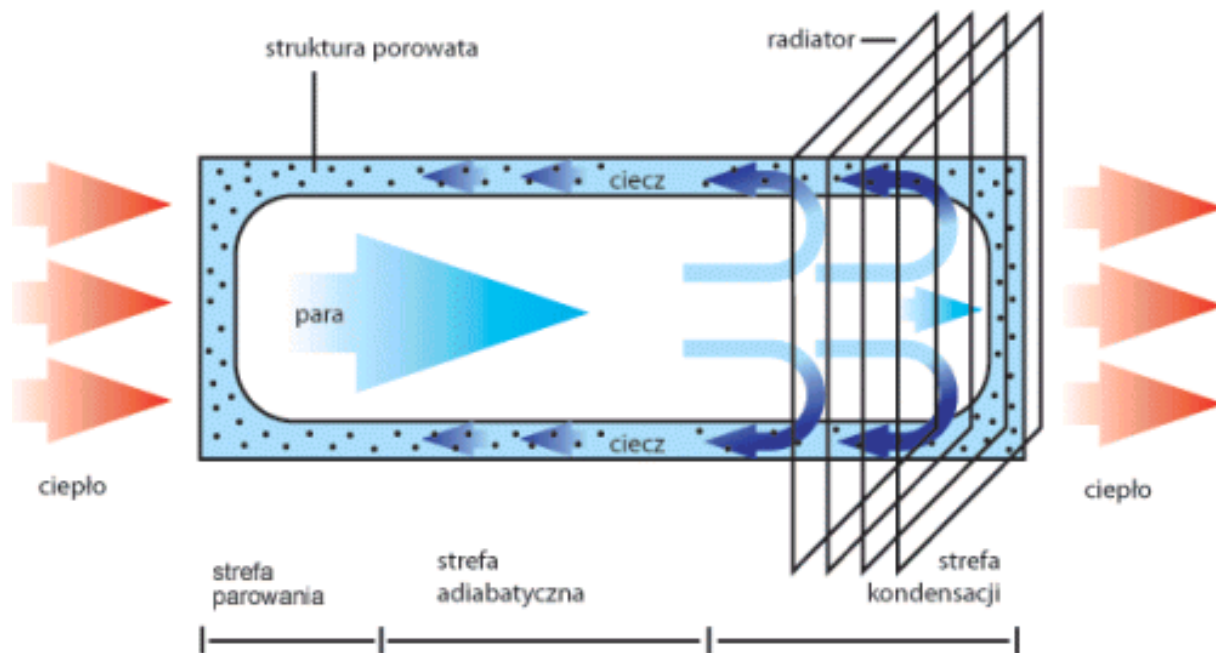
Do tej grupy urządzeń zalicza się:

- Rurkę ciepła (ciepłowód, heat pipe) z wypełnieniem kapilarnym lub z rozwiniętą powierzchnią wewnętrzną,
- Układ z cieczą pośredniczącą – wodny, glikolowy lub olejowy,
- Pompę ciepła – sprężarkową lub absorpcyjną.

Ciepłowód

Elementarny ciepłowód (rurka ciepła) to przewodnik ciepła z wewnętrznym, zamkniętym obiegiem kapilarnym cieczy pośredniczącej stanowi rura gładka lub ożebrowana, obustronnie szczelnie zamknięta, której wewnętrzna powierzchnia wyłożona jest materiałem kapilarno-porowatym, zwanym knotem.

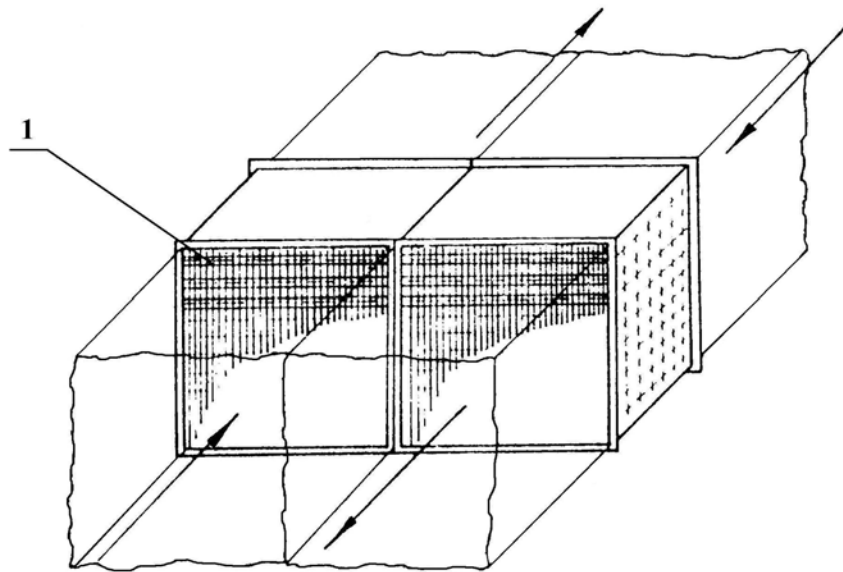
Objętość por i kapilar knota wypełnia ciecz pośrednicząca: uprzednio wnętrze rury jest opróżniane z wszelkiej zawartości gazów. Całkowita długość rury jest podzielona na dwie części przegrodą o określonej grubości na strefę parowania i strefę skraplania. Stosunek długości tych stref jest odpowiedni do warunków zewnętrznych działania ciepłowodu.



Elementarny ciepłowod z wewnętrznym, zamkniętym obiegiem kapilarnym cieczy pośredniczącej.

	temp. topnienia	temp. wrzenia przy 1 ata	zakres stosowności	
			od	do
Hel	- 272	- 269	- 271	-269
Azot	-210	-196	-203	-160
Amoniak	-79	-33	-60	-10
Aceton	-95	57	0	120
Metanol	-98	64	10	130
Woda	0	100	30	200
Rtęć	-39	361	250	650
Potas	62	774	500	1000
Sód	98	892	600	1200
Lit	179	1340	1000	1800
Srebro	960	2212	1800	2300

Temperaturowe przedziały stosowności różnych cieczy w ciepłowodach [°C].



Przeponowy wymiennik ciepła gaz – gaz będący pęczkiem elementarnych ciepłowodów. 1 – ciepłowod.

Zaletami przeponowych wymienników ciepła składających się z ciepłowodów są:

- duża przewodność cieplna i prawie izotermiczny proces przekazywania ciepła wewnątrz ciepłowodu
- brak części ruchomych i długotrwałość działania bez konieczności doprowadzania energii,
- w konstrukcji wykorzystującej ciepłowody nie ma możliwości przecieków i mieszania się powietrza nawiewanego z wywiewnym,
- ryzyko szronienia tego aparatu występuje dopiero przy temperaturze powietrza nawiewanego wynoszącej -18°C ,
- sprawność odzysku ciepła powyżej 60%,
- łatwość czyszczenia zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła.

Wadami wymienników ciepła zbudowanych z ciepłowodów są:

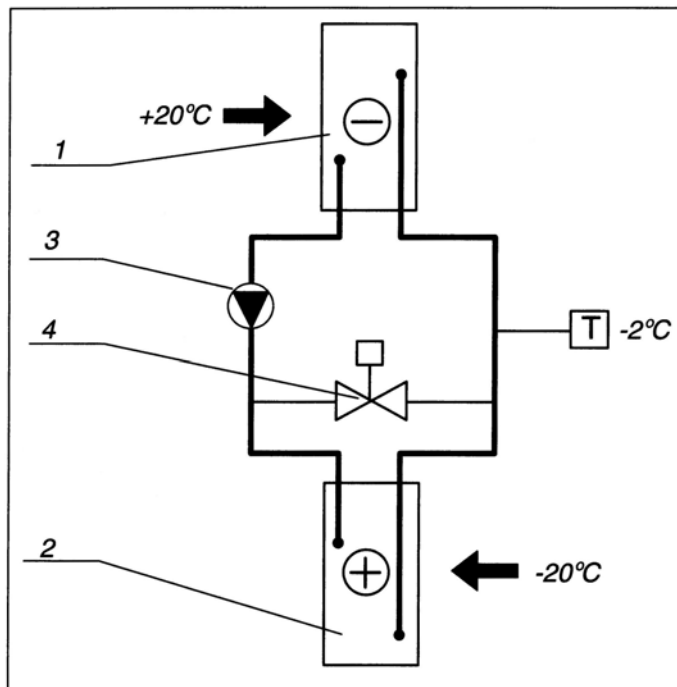
- konieczność usytuowania kanału nawiewnego nad kanałem wywiewnym w przypadku zastosowania termosyfonu,
- stosunkowo wysoki koszt inwestycyjny w przypadku stosowania rurki kapilarnej.

Układ z cieczą pośredniczącą

Wymiana ciepła w tym przypadku odbywa się za pośrednictwem cieczy pośredniej, jaką może być np. woda, roztwór wodny glikolu lub olej.

Układ ten składa się z dwóch wymienników ożebrowanych po stronie powietrza, z których jeden jest umieszczony w kanale powietrza wywiewnego, drugi – w kanale powietrza nawiewanego.

W zastosowaniach klimatyzacyjnych, wymienniki ciepła buduje się z rur miedzianych z żebrami aluminiowymi, natomiast przy działaniu w wyższych temperaturach lub w obecności gazów agresywnych z rur i żeber miedzianych, rur stalowych i żeber aluminiowych, rur i żeber stalowych czy wreszcie z rur i żeber ze stali nierdzewnej.



Schemat układu odzysku ciepła z cieczą pośrednią: 1 – chłodnica, 2 nagrzewnica, 3 – pompa czynnika roboczego, 4 – zawór regulacyjny, T – termostat

Zalety układu odzysku ciepła z cieczą pośrednią są następujące:

- regulacja wydajności i odszranianie realizowane jest przez zawór obejściowy,
- szczelność układu (konstrukcyjnie nie ma możliwości mieszania się obydwu strumieni powietrza wymieniających ciepło),
- możliwość znacznego oddalenia od siebie kanałów nawiewnego i wywiewnego,
- liczba kanałów wywiewnych i nawiewnych może być różna,

- wymiennik ciepła umieszczony w kanale powietrza nawiewnego może być wykorzystany w okresie letnim jako chłodnica powietrza
- ryzyko szronienia występuje dopiero przy temperaturach powietrza nawiewanego sięgających od -15 do -18°C ,
- system może być instalowany w istniejących już instalacjach,
- jest łatwy w sterowaniu.

Wady układu odzysku ciepła z cieczą pośrednią:

- konieczne jest doprowadzenie zewnętrznej energii napędowej (pompa),
- niska sprawność przekazywania ciepła, nie przekraczająca 55%,
- duży koszt instalacji,
- w przypadku użycia roztworu glikolu jako medium pośredniczącego, istnieje zagrożenie dla środowiska naturalnego w sytuacji rozszczelnienia się układu (glikol jest substancją trującą).

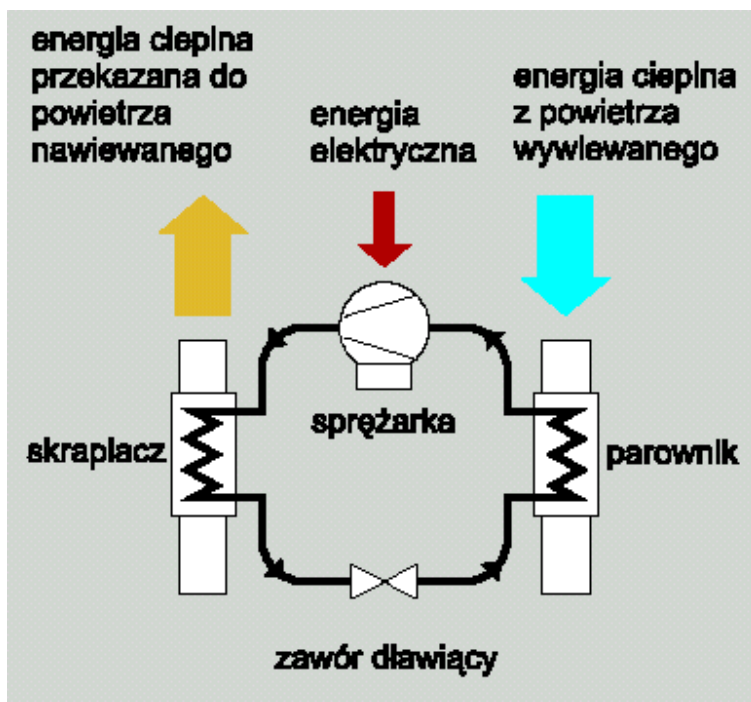
Pompy ciepła

Sprężarkowa pompa ciepła:

Układ pompy ciepła jest typowym sprężarkowym ziębnicznym obiegiem parowym, przy czym może ono pracować w systemie rewersyjnym (skraplacz staje się parownikiem a parownik skraplaczem). Dodatkowym elementem jest tu zawór czterodrogowy, umożliwiający przekazywanie ciepła w obu kierunkach w zależności od pory roku. Parowy czynnik ziębniczny zostaje sprężony w sprężarce, a następnie trafia do baterii skraplacza, którym w przypadku działania układu w okresie zimowym jest bateria lamelowa zamontowana w strumieniu powietrza nawiewnego.

Tam też sprężona para oddaje ciepło i skrapla się. Ciekły czynnik trafia do zaworu rozprężnego, zasilając baterię lamelową parownika. Parownik zamontowany jest w strumieniu powietrza wywiewnego. Czynnik niskowrzący odparowując odbiera ciepło z powietrza omywającego ten wymiennik, aby ponownie trafić na ssanie sprężarki. Oprócz przekazywania ciepła z układu wyciągowego do nawiewu, urządzenie doprowadza do skraplacza także energię pobraną przez sprężarkę. Parowacz pompy ciepła zlokalizowany jest zatem w kanale wywiewnym, a skraplacz w kanale nawiewnym. Obecnie, w pompach ciepła stosowanych w wentylacji i klimatyzacji stosuje się (R22), R407C, R134a.

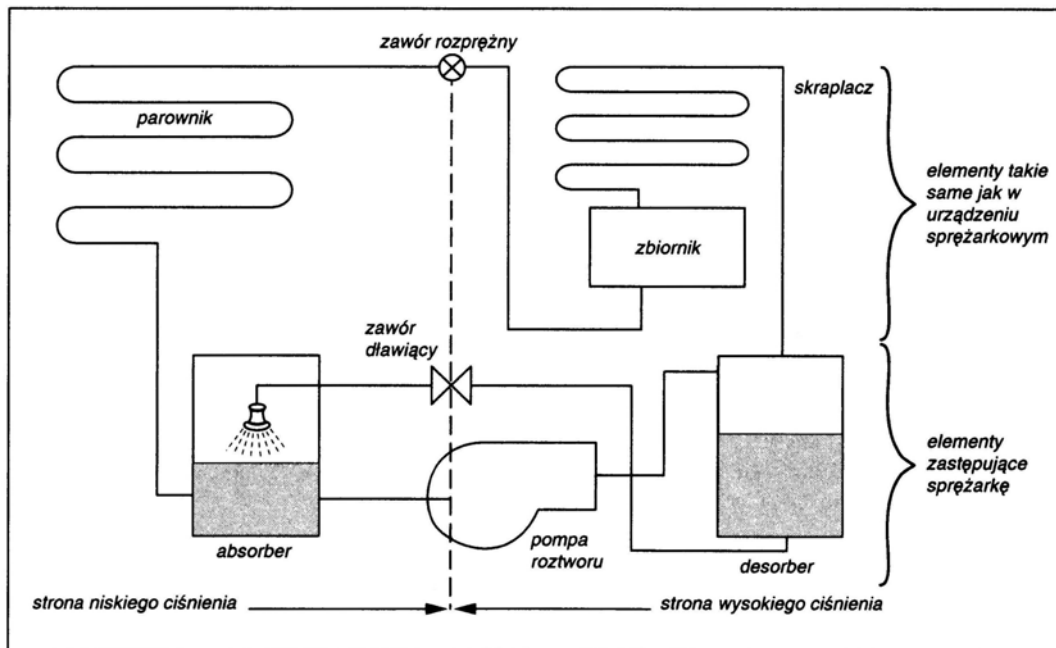
Schemat ideowy pompy ciepła przedstawiono na rysunku.



Schemat odzysku energii za pomocą pompy ciepła.

Absorpcyjna pompa ciepła:

Budowa absorpcyjnej pompy ciepła zbliżona jest do sprężarkowego układu łąebniczego. Różnica polega na zastąpieniu sprężarki mechanicznej tzw. „sprężarką termiczną”, którą tworzą: absorber, pompa roztworu, desorber i zawór dławiący. Czynnikiem roboczym w sorpcyjnej pompie ciepła jest zwykle wodny roztwór amoniaku. Schemat absorpcyjnej pompy ciepła przedstawiono na rysunku.



Rys. Schemat absorpcyjnej pompy ciepła.

Zalety absorpcyjnej pompy ciepła:

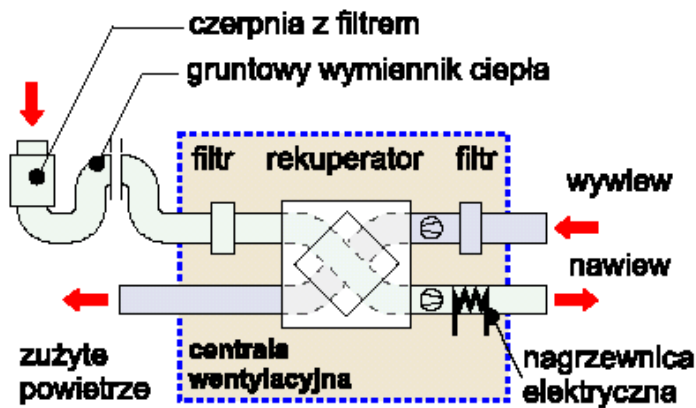
- układ jest szczelny,
- uniwersalność urządzenia (chłodzenie latem, ogrzewanie zimą),
- możliwość regulacji wydajności,
- możliwość wykorzystania odpadowej energii cieplnej do napędu „sprężarki termicznej”,
- duża przydatność urządzenia w okresie letnim, gdy występuje znaczne zapotrzebowanie na chłód, a koszty energii cieplnej nie są wysokie,

Wady absorpcyjnej pompy ciepła:

- pompa ciepła wymaga doprowadzenia energii zewnętrznej,
- bardzo duży koszt urządzenia,
- niższy współczynnik efektywności energetycznej i sprawność urządzenia w porównaniu do sprężarkowej pompy ciepła,
- duży pobór energii,
- wysoki koszt urządzenia.

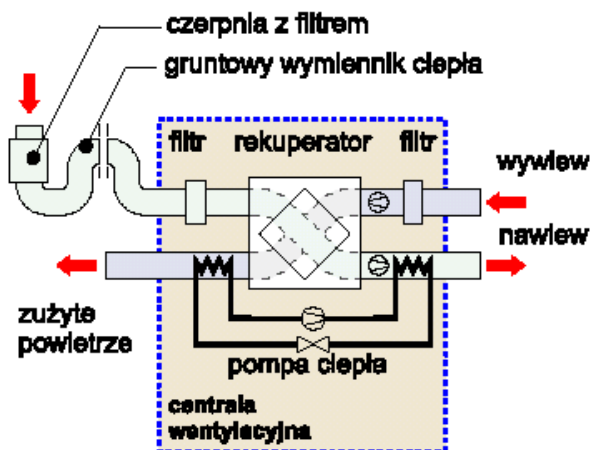
Budowa centrali wentylacyjnej

Poza rekuperatorem centrala składa się z wentylatorów, filtrów i nagrzewnicy elektrycznej służącej do dogrzewania powietrza nawiewanego. Urządzenie takie jest stosunkowo proste w produkcji i tanie. Natomiast wadą jest duże zużycie energii elektrycznej przez nagrzewnicę.



Schemat działania prostej centrali wentylacyjnej ze źródłem ciepła w postaci nagrzewnicy elektrycznej

Ulepszeniem przedstawionego powyżej rozwiązania jest zastosowanie w centrali wentylacyjnej niewielkiej pompy ciepła powietrze/powietrze, która odbiera ciepło utajone z powietrza usuwanego z budynku i przekazuje je do strumienia powietrza nawiewanego.



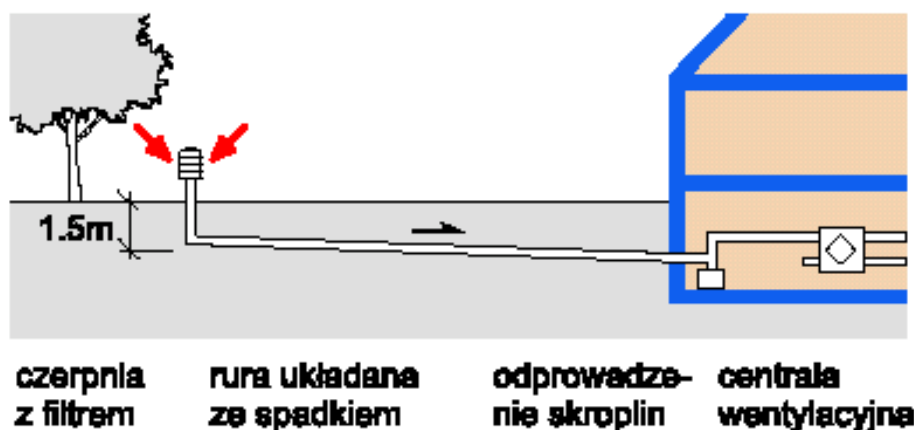
Schemat działania centrali wentylacyjnej wyposażonej w pompę ciepła

Pompa ciepła podnosi koszt urządzenia. Jednakże dzięki niej możliwe jest kilkukrotne zmniejszenie zużycia energii w stosunku do nagrzewnicy elektrycznej.

Nagrzewnica elektryczna i pompa ciepła nie są jedynymi źródłami ciepła stosowanymi w budynkach pasywnych. Do ogrzewania powietrza wentylacyjnego stosuje się także ciepło pochodzące ze spalania biomasy, gazu, czy oleju opałowego. Ponadto instalacja wentylacyjna często integrowana jest z instalacją przygotowania ciepłej wody użytkowej. Centrala wentylacyjna powinna znaleźć się w miejscu optymalizującym pod względem długości kanały rozprzewadzenia instalacji w budynku. Należy pamiętać także o tym, że centralę ze względu na hałas lepiej zlokalizować jak najdalej od sypialni, czy pomieszczeń przeznaczonych do pracy. Należy też zadbać o dobrą termoizolację przewodów wentylacyjnych, tak aby w kanale nie dochodziło do ochładzania, czy podgrzewania powietrza. Nie bez znaczenia jest dobór materiałów na przewody wentylacyjne. Wykorzystuje się wiele różnorodnych materiałów poczynając od tworzyw sztucznych, poprzez elementy stalowe, aż po produkty drewnopochodne. Wybierając materiał należy brać pod uwagę między innymi takie czynniki jak przenoszenie hałasu wewnątrz przewodów, opory powietrza, możliwość rozwoju drobnoustrojów, czy łatwość montażu.

Gruntowy wymiennik ciepła

Gruntowy wymiennik ciepła (GWC) jest bardzo prostym urządzeniem, które ma na celu wstępne ogrzewanie powietrza zasilającego wentylację poprzez pozyskanie ciepła zawartego w gruncie.



Gruntowy wymiennik ciepła - przekrój

Jego działanie opiera się na wykorzystaniu faktu, że w okresie zimowym temperatura gruntu na głębokości poniżej 1,5 m w naszych warunkach klimatycznych zawsze utrzymuje się

na stałym poziomie ok. 3 - 6°C i zazwyczaj jest dużo wyższa od temperatury powietrza atmosferycznego. Powietrze z czerpni zanim wprowadzone zostanie do wentylatora jest przepuszczane przez GWC, gdzie zostaje ogrzane do temperatury powyżej 0°C. Pozwala to na darmowe wykorzystanie energii zawartej w gruncie. Do pracy urządzenia niezbędny jest jedynie wentylator wymuszający przepływ powietrza. GWC znajduje również zastosowanie w okresie letnim, kiedy temperatura gruntu jest dużo niższa od temperatury powietrza atmosferycznego, co pozwala na zasilanie schłodzonym powietrzem budynku bez konieczności wyposażania go w dodatkową instalację chłodzenia. GWC w najbardziej rozpowszechnionej postaci zazwyczaj zbudowany jest z rury polietylenowej lub PCV o średnicy 16 – 20 cm, zakopanej na głębokości 1,5 m pod powierzchnią gruntu, ze spadkiem dla odprowadzenia skroplin powstających w efekcie schładzania ciepłego powietrza w okresie letnim.



Gruntowy wymiennik ciepła wykonany z kształtek do wykonywania instalacji kanalizacyjnych

Urządzenie jest najbardziej wydajne, kiedy rura układana jest w linii prostej, bez zakrętów, które powodują dodatkowe opory powietrza. Jeśli usytuowanie obiektu nie pozwala na takie rozwiązanie, rury można układać w innym kształcie, unikając zakrętów pod kątem 90°. Istnieją również żwirowe gruntowe wymienniki ciepła. W tego rodzaju rozwiązaniach powietrze z czerpni

zlokalizowanej na zewnątrz budynku przepuszczane jest przez złożę żwirowe. Żwirowy GWC ma jednak sporo wad: wymaga dobrej ochrony przed gryzoniami i zanieczyszczeniami oraz zabezpieczenia na wypadek wysokiego poziomu wód gruntowych.

Obecnie wymiennik gruntowy najlepiej wykonać w oparciu o dwie technologie: pierwszą – system specjalnych rur charakteryzujących się dużym współczynnikiem przewodzenia ciepła oferowany przez firmę Rehau i drugą – opartą na patencie Politechniki Wrocławskiej.

Według firmy Rehau, dla powierzchni mieszkalnej 150-200 m², należy przewidzieć rury o średnicy 200 mm i długości 50 m. Firma Rehau oferuje kompletny system AWADUKT Thermo, umożliwiający wykonanie przepływowego gruntowego wymiennika ciepła. Doświadczenia wykazały, że w lecie można w nim obniżyć temperaturę przepływającego powietrza maksymalnie o 12°C.

Przygotowanie ciepłej wody użytkowej

W budynkach pasywnych stosowane są różne systemy przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.). Możemy podzielić je na połączone z systemem wentylacji lub funkcjonujące oddzielnie. Ta druga opcja jest często spotykana w starszych budynkach pasywnych. Obecnie dąży się jednak do integracji obu układów, ponieważ pozwala to na lepsze wykorzystanie energii. Przy połączeniu systemu wentylacji i c.w.u. w celu przygotowania ciepłej wody możliwe jest między innymi wykorzystanie energii pochodzącej ze zużytego powietrza wywiewanego z budynku. Natomiast ciepło z kolektorów słonecznych może być wykorzystane do ogrzewania powietrza nawiewanego, co nie byłoby możliwe w niezintegrowanej instalacji.

Kolektor słoneczny - jest to urządzenie służące do pozyskiwania energii cieplnej z promieniowania słonecznego. Następuje w nim przemiana promieniowania słonecznego w ciepło. Promienie słoneczne pochłaniane są przez absorber. Pozyskana energia cieplna odbierana jest i przenoszona poza kolektor przez ciecz będącą nośnikiem energii. Na rynku spotyka się zasadniczo dwa typy kolektorów cieczowych: próżniowo-rurowe i płaskie. Te pierwsze cechuje wysoka cena i duża wydajność, także w niskich temperaturach. Kolektory płaskie są tańsze, ale mniej wydajne.



Płaskie kolektory słoneczne



Próżniowo-rurowe kolektory słoneczne

Jako źródło ciepła w układach zintegrowanych zazwyczaj wykorzystywana jest mała pompa ciepła. W zależności od typu zastosowanego urządzenia może ono czerpać energię z powietrza zewnętrznego lub z powietrza wywiewanego z budynków. Do wytworzenia energii, zamiast pompy ciepła, wykorzystuje się także inne urządzenia zasilane olejem opałowym, gazem ziemnym, biomasą itp. Często do wspomaganie głównego źródła energii stosuje się dodatkowe źródło w postaci kolektorów słonecznych.