

Lodówka jest najczęściej spotykanym sprzętem gospodarstwa domowego. Jej pojawienie się (w latach trzydziestych XX w.) odmieniło życie miliardów ludzi oraz gospodarkę. Przedtem żywność od momentu pozyskania (zbioru lub uboju) musiała być dostarczana konsumentom błyskawicznie, gdyż, o ile nie była uwędzona i zasolona, psuła się. Wraz z wprowadzeniem chłodziń zaczęły tracić na ważności małe lokalne sklepiki, a rozpoczęła się masowa sprzedaż żywności w dużych obiektach, transport pożywienia na wielkie odległości i przechowywanie większych ilości dotychczas nietrwałych produktów w domach.

LODÓWKA

Marek Utkin

Lodówka konserwuje żywność przez obniżenie jej temperatury, co powoduje spowolnienie namnażania bakterii lub ich hibernację w przypadku zamrożenia. Jednak nawet mrożenie nie zabija drobnoustrojów, o czym świadczą odkrycie zahibernowanej bakterii *E. coli* w kamercze z próbnika Explorer, przywiezionej przez astronautów z Księżyca. Tam panują temperatury do -160°C , dziesięciokrotnie niższe niż w zamrażarce domowej.

Istnieją następujące techniki chłodzenia: skrzynia termoizolacyjna (np. z suchym lodem), systemy chłodzące powietrzem, absorpcyjne i termoelektryczne (wykorzystujące efekt Peltiera), oraz wykorzystujące sprężanie i parowanie – podstawowa technika stosowana w lodówkach domowych. Ponieważ **metoda sprężania par chłodziwa i ich rozprężania** jest najpowszechniejsza, zajmujemy się właśnie nią...

Biała skrzynia stojąca w kącie kuchni co kwadrans lub pół godziny wydaje z siebie ciche warczenie. To znak, że w wyniku sygnału o przekroczeniu zadanej temperatury, pochodzącego z termostatu, włączyło się serce lodówki – **sprężarka**.

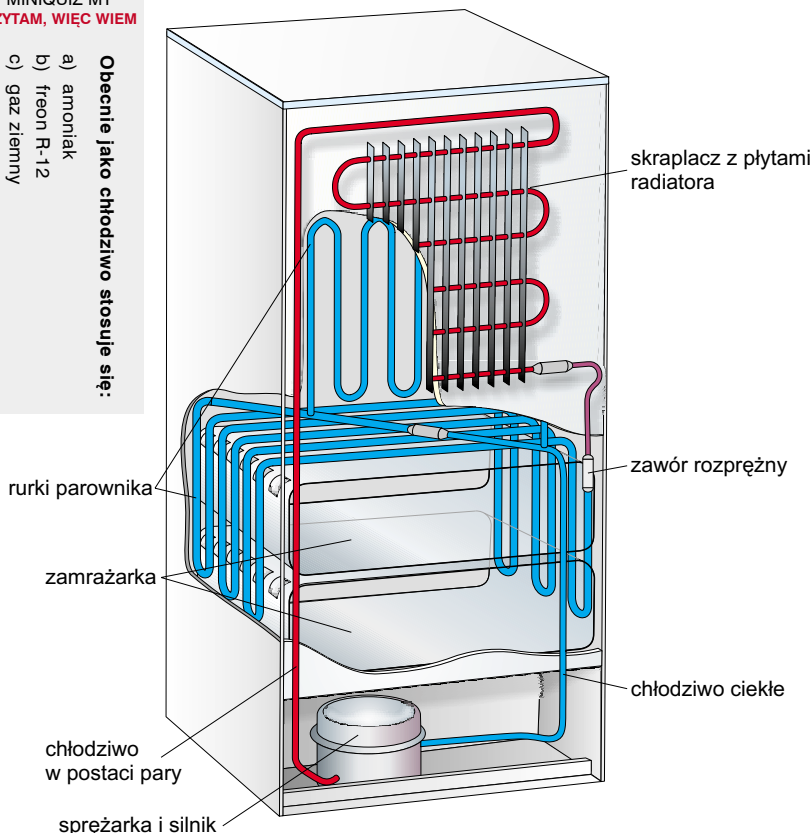
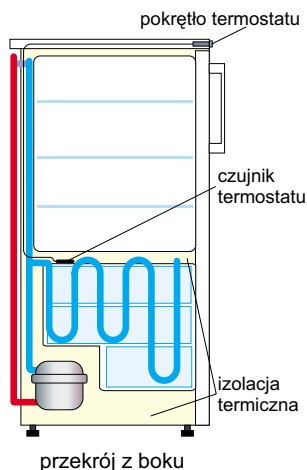
CZĘŚCI LODÓWKI

Lodówka składa się z pięciu podstawowych elementów:

- Sprężarki
- Skraplacza, czyli wymiennika ciepła – węzownicy rur z tyłu urządzenia
- Zaworu rozprężnego (rodzaju zwężki, wypełnionej np. porowatym materiałem ceramicznym, który przepuszcza chłodziwo, lecz z dużym oporem)
- Parownika – węzownicy rur wewnątrz lodówki
- Chłodziwa – cieczy, która paruje wewnątrz lodówki, aby wytworzyć niskie temperatury. W instalacjach przemysłowych jako chłodziwo stosuje się amoniak (daje on temperaturę -32°C), w lodówkach domowych – freon-2 lub gaz ziemny.
- Elementem dodatkowym jest termostat, którego czujnik (kapilara) monitoruje temperaturę we wnętrzu lodówki, a gdy przekroczy ona zadaną i siła nacisku na membranę, w wyniku zmiany ciśnienia gazu, przekroczy siłę wywieraną przez sprężynę, zwierając styki i daje pompie sygnał, że ma się włączyć.

MINIQUIZ MT
CZYTAŁ, WIĘC WIEM

- Obecnie jako chłodziwo stosuje się:
- a) amoniak
 - b) freon R-12
 - c) gaz ziemny



JAK CHŁODZI?

Zasada wykorzystywana podczas pracy lodówki jest bardzo prosta: wykorzystuje ona, w zamkniętym procesie obiegowym, stałą zmianę stanu fizycznego czynnika roboczego (parowanie, sprężanie, skraplanie, rozprężanie). Ciepło pobrane od produktów żywnościowych z wnętrza lodówki jest oddawane na zewnątrz, tym samym lodówka ogrzewa pomieszczenie, w którym się znajduje.

O chłodzeniu zachodzącym podczas parowania można się łatwo przekonać, nacierając skórę np. spirytusem salicylowym, który szybko paruje. Spirytus ulatniając się, pochłania ciepło (tzw. ciepło parowania) i daje uczucie zimna. Ciecz, czyli chłodziwo stosowane w lodówce, paruje w bardzo niskich temperaturach, dzięki czemu może zamrażać żywność do temperatur znacznie poniżej 0°C. Gdyby położyć chłodziwem skórę (w praktyce – zdecydowanie zły pomysł!), skóra zostałaby zamrożona podczas jego parowania.

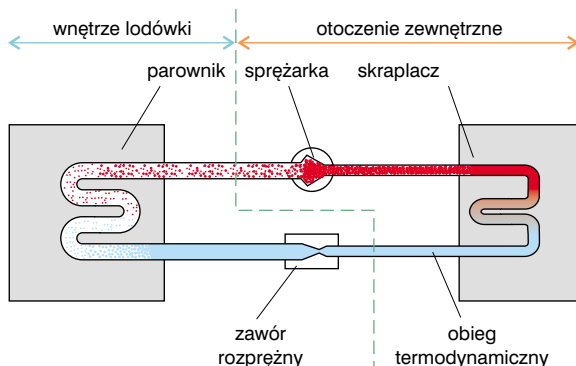
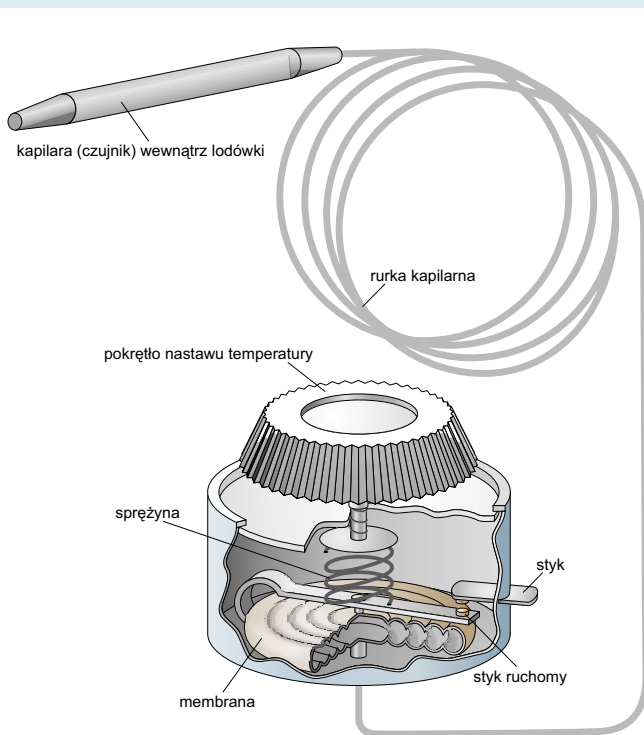
W zasilanej prądem elektrycznym sprężarce dokonuje się najpierw sprężanie pary chłodziwa (np. freonu, amoniaku lub gazu ziemnego), przez co uzyskuje się wzrost temperatury pary. Gorąca para oddaje w skraplaczu (na zewnątrz lodówki) swoje ciepło otoczeniu i skrapla się. W wyniku ochłodzenia następuje ponowne skroplenie pary. Z kolei ciekłe i sprężone chłodziwo przepływa przez zawór rozprężny. Zimny freon, przepływając pod niskim ciśnieniem przez parownik, ogrzewa się, pobierając ciepło z wnętrza lodówki. W wyniku ogrzania freon odparowuje, gorąca para jest zasysana przez sprężarkę i cały cykl się powtarza.

1. Sercem lodówki jest sprężarka, która pompuje czynnik chłodniczy przez system. Przed sprężarką czynnik chłodniczy jest gazem pod niskim ciśnieniem. W sprężarce gaz zostaje sprężony, przez co ogrzewa się i jest tłoczony w stronę skraplacza, w strefę wysokiego ciśnienia.
2. W skraplaczu sprężony gorący gaz oddaje ciepło otoczeniu i staje się przechłodzoną cieczą pod wysokim ciśnieniem.
3. Sprężona ciecz przechodzi przez zawór rozprężny do strefy niskiego ciśnienia, gdyż zawór stawia przepływającemu chłodziwu opór i zmniejsza ciśnienie cieczy, a w procesie rozprężania następuje jej gwałtowne ochłodzenie (trzeba pamiętać, że sprężarka z jednej strony spręża chłodziwo, lecz z drugiej zasysa). W efekcie powstaje zimny rozprężony czynnik chłodniczy w stanie ciekłym.
4. Rozprężony czynnik chłodniczy płynie do parownika, gdzie poprzez parowanie pochłania ciepło z powietrza w lodówce, przechodząc w rozprężony stan gazowy. Gaz płynie z powrotem do sprężarki, gdzie cały cykl zaczyna się od nowa.

Tu może się pojawić pytanie: czy otwarta lodówka ochładza pokój? Nie – ona go ogrzewa! (z powodu strat mocy wytwarza więcej ciepła, niż pochłania w parowniku).

SŁOWO O CHŁODZIWACH

Czysty amoniak jest wysoce toksyczny dla ludzi i w latach 20. i 30. w USA miało miejsce mnóstwo wypadków. Du Pont w latach 30. opracował nietoksyczny zamiennik amoniaku, chlorofluorowęglan, CFC, o nazwie handlowej freon R-12. Był on nie tylko nietoksyczny, ale i bardzo stabilny – zbyt stabilny, gdyż w latach 70. okazało się, iż rozkłada powłokę ozonową. Decyzję o wstrzymaniu produkcji R-12 podjęto 1 stycznia 1996 r. Obecnie w lodówkach stosuje się freon-2 oraz gaz ziemny. ●



Na drogach często można ujrzeć ciężarówkę z widniejącym nad przednią szybą napisem „intercooler”. Wbrew pozorom nie oznacza to chłodni do przewodów międzynarodowych, lecz element systemu turbodoładowania. Co to takiego jest **turbodoładowanie** i jak działa?

Turbodoładowanie wtłacza powietrze pod ciśnieniem do silnika, co pozwala na uzyskanie większej mocy z jednostki pojemności skokowej silnika oraz ekonomii zużycia paliwa, a także zmniejszenie szkodliwych emisji.

DZIAŁANIE

Najpewniejszym sposobem na wzrost mocy silnika jest zwiększenie ilości spalanej mieszanki paliwa z powietrzem poprzez powiększenie liczby cylindrów lub ich objętości, lecz nie można tego robić w nieskończoność, ponieważ prowadzi to do szybkiego wzrostu masy (wystarczy popatrzeć na silnik okrętowy). Silnik z turbodoładowaniem jest prostszy, mniejszy i lżejszy niż jego klasyczny ekwiwalent o tej samej mocy.

TURBODOŁADOWANIE

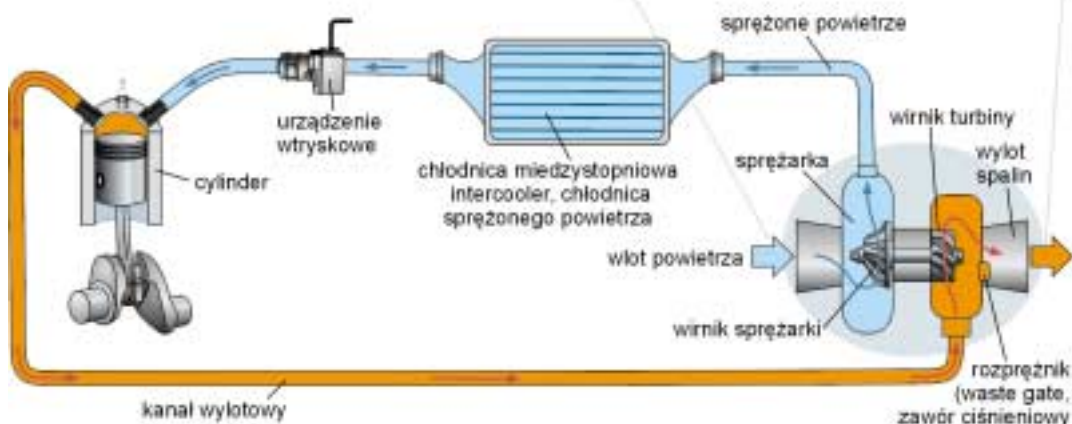
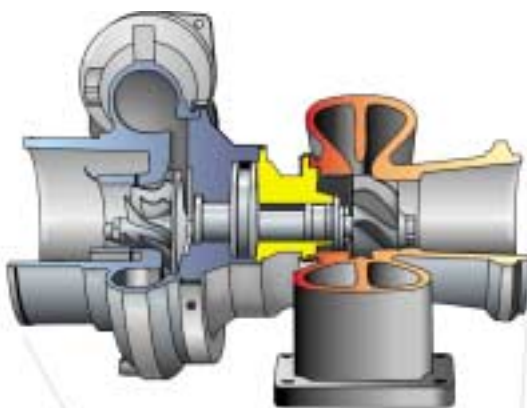
Marek Utkin

Prace nad turbodoładowaniem rozpoczęto po pierwszej wojnie światowej dla potrzeb lotnictwa. Po prostu silniki powyżej pewnego pułapu cierpiały na niedobór mieszanki i ich moc spadała, uniemożliwiając osiągnięcie dużych wysokości. Turbodoładowanie opracowano w NACA w 1920 r. Pułap ówczesnych samolotów sięgał 6100 m, lecz 18 maja 1929 r. porucznik US Navy Apollo Soucek (czyt. Sułek), lecąc samolotem Apache z silnikiem P&W Wasp z turbodoładowaniem, osiągnął 39 140 stóp (11 930 m). Ten silnik wytyczył drogę wszystkim amerykańskim silnikom gwiazdowym stosowanym podczas II wojny światowej. Na przykład słynny P-47 Thunderbolt to ogromny rurociąg przewodów dolotowych, obudowany poszyciem. Kartveli, jego projektant, podszedł do zagadnienia w nieortodoksyjny sposób, wziął największy ówczesny silnik lotniczy P&W Double Wasp z turbodoładowaniem i zaprojektował wokół niego samolot.

Właściwa turbosprężarka (ang. supercharger) to urządzenie doładowujące, oparte na wykorzystaniu do sprężania powietrza energii gazów spalinowych – w takich samolotach nie widać rur wydechowych prowadzących bezpośrednio do atmosfery.

Niemcy prowadzili badania nad kompresorami mechanicznymi i nawet wysokościowy Fw Ta-152 miał normalne rury wydechowe i sprężarkę napędzaną wałem silnika, co jest rozwiązaniem mniej skutecznym.

Turbosprężarka (zarówno we współczesnych samochodach, jak i w lotnictwie) jest napędzana spalinami. Na tej samej osi, co obracany energią gazów wylotowych wirnik turbiny, jest osadzony wirnik sprężarki. Spręża on powietrze dostające się do cylindrów. W systemach gaźnikowych paliwo jest zasysane przez prąd powietrza. W systemach wtryskowych podawaniem paliwa steruje komputer, który analizuje ilość tlenu



w spalinach i od tego uzależnia ilość oleju napędowego dostającego się do cylindrów.

Podawanie zwiększonej ilości powietrza do silnika zapewnia lepsze spalanie i pozwala na wtłoczenie większej ilości paliwa do cylindra, a tym samym umożliwia uzyskanie wyższej mocy. Turbosprężarki działają w bardzo wysokich temperaturach, przy wysokich prędkościach obrotowych (150 000 obr/min, czyli ponad 30-krotnie więcej, niż silniki samochodowe) i wielkich ciśnieniach, wymagają więc stosowania zaawansowanych technologii produkcji.

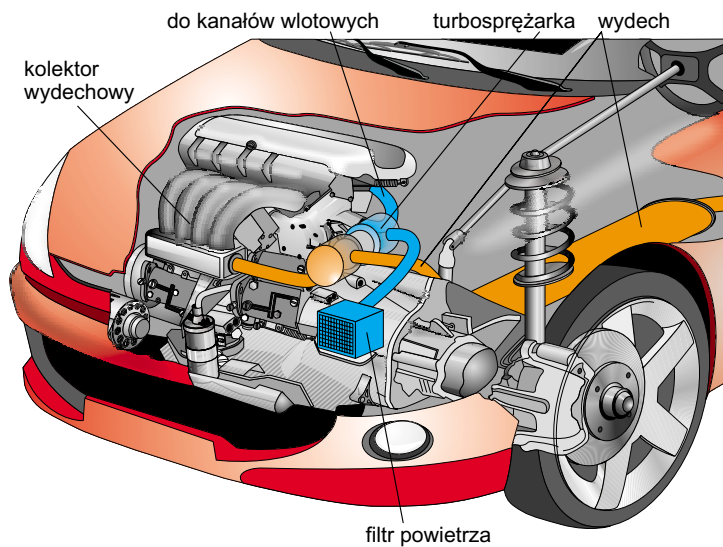
Turbodoładowanie występuje zarówno w samochodach wyścigowych, jak i w gigantycznych ciężarówkach. Dzięki niemu silniki mogą uzyskiwać duże moce bez zbędnego przyrostu masy.

BUDOWA

Powietrze, zanim trafi do sprężarki, przechodzi przez filtr, eliminujący wszystkie zanieczyszczenia. Następnie jest sprężane i wtłaczane do kanałów dolotowych. Jednak w wyniku działania praw termodynamiki, podczas sprężania powietrze rozgrzewa się i powiększa swą objętość. W tym momencie część pracy sprężarki szłaby na marne, gdyż do cylindrów dostawałaby się mieszanka rozrzedzona na skutek rozgrzania. Aby zlikwidować ten efekt uboczny, stosuje się tzw. intercooler, czyli chłodnicę międzystopniową. Ochładza ona sprężone powietrze i powoduje, że zmniejsza ono swą objętość. Dzięki temu do cylindra dostaje się powietrze o danym ciśnieniu, lecz chłodniejsze, czyli na jednostkę objętości przypada więcej jego cząsteczek.

W systemach dwustopniowych pomiędzy intercoolerem a cylindrami znajduje się często druga sprężarka, zazwyczaj nie ośrodkowa, a zębata lub śrubowa, pozwalająca na uzyskanie jeszcze wyższego ciśnienia. To ma miejsce najczęściej w samochodach z silnikiem Diesla, w których paliwo jest wtryskiwane bezpośrednio do cylindrów. Doprowadzenie mieszanki benzyny z powietrzem do wysokiego ciśnienia i temperatury w kanale dolotowym mogłoby spowodować jej wybuch przed dostaniem się do cylindra lub tzw. stukanie, czyli przedwczesny zapłon. Sprężarki dwustopniowe pracują także przy różnych prędkościach – mniejsza zapewnia zrywność przy prędkościach niższych, większa i mocniejsza zaś przejmie pracę przy wysokich obrotach.

Turbodoładowanie jednostopniowe zwiększa ciśnienie o 0,414 – 0,552 bara, czyli o 50% więcej, niż wynosi ciśnienie atmosferyczne. Teoretycznie moc powinna wzrosnąć również o 50%, ale ponieważ nie żyjemy w świecie idealnym, wzrost mocy wynosi od 30 do 40%. Jednym z powodów utraty mocy jest sposób napędzania turbiny – nie odbywa się to za darmo, tylko dzięki energii gazów spalinowych, co spowalnia wydech. To znaczy, że za każdym suwem wydechu silnik musi walczyć przeciwko zwiększonemu ciśnieniu w ka-



nale wylotowym. To odejmuje trochę mocy z cylindrów, które odpalają równocześnie.

Turbosprężarka, jak już powiedzieliśmy, wspomaga pracę silnika na dużych wysokościach, przy rozrzedzonym powietrzu. Umożliwia ona silnikowi otrzymanie odpowiedniej ilości mieszanki i zapewnia mniej drastyczny spadek mocy.

CERAMIKA, SMAROWANIE I BEZWŁADNOŚĆ

Aby wytrzymać prędkości obrotowe rzędu 150 000 obr/min., wałek turbiny musi być łożyskowany bardzo precyzyjnie. Większość typowych łożysk przy takich prędkościach ulega dezintegracji, tak więc w większości turbosprężarek stosuje się łożyska mokre, czyli takie, do których rzadki olej wtłaczany jest pod wysokim ciśnieniem. W rezultacie wałek unosi się na poduszce sprężonego oleju, co przy okazji go chłodzi. Nie trzeba dodawać, że każda przerwa w podawaniu oleju prowadzi w najlepszym wypadku do zatarcia systemu. Aby tego uniknąć, stosuje się łożyska kulkowe, lecz nie zwyczajne, lecz superprecyzyjne łożyska ceramiczne, wytrzymujące wysokie obroty i zmniejszające opór na wałku turbosprężarki, co redukuje bezwładność.

Wirniki sprężarek są produkowane obecnie również z materiałów ceramicznych, co sprawia, że wytrzymują wyższe temperatury i są lżejsze niż metalowe, co w dalszym stopniu redukuje bezwładność reakcji turbiny.

Wyższe ciśnienia uzyskiwane są przez sprężarki o większych średnicach, lecz mają one zwiększoną bezwładność w stosunku do modeli mniejszych i reagują na dodanie gazu z opóźnieniem. Jest to także powód, dla którego mniejsze turbiny są popularniejsze.

Jak widać, technologia turbin jest wykorzystywana przez przemysł samochodowy, choć gdyby produkować samochody strictly turbinowe (patrz MT 8/2004), to sprawy wyglądałyby chyba prościej... ●