

SEARCHING FOR NEW ALTERNATIVE REFRIGERANT FOR AUTOMOBILE AIR – CONDITIONING

Andrzej Skrzyniowski

*Technical University of Cracow
al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, Poland
tel.: +48 12 628 3532, fax: +48 12 648 1344
e-mail: jendrek@mech.pk.edu.pl*

Dorota Skrzyniowska

*Technical University of Cracow
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland
tel.: +48 12 628 2086, fax: +48 12 628 2048
e-mail: skdorota@pk.edu.pl, skdorota@interia.pl*

Abstract

Due to high consumer acceptance of automobile air conditioning systems, the discussion of the effects of refrigerants on global warming is becoming more important to an environmentally aware public. The CFC problem created searching for new alternative refrigerant for automobile air conditioning. Natural refrigerant - CO₂ is a near idea of refrigerant which can be used in automobile air-conditioning systems, because of ecologically desirable, safety-wise harmless and represents a long-term refrigerant solution. Brought on in last years studies allow choice of three alternative ecological compounds which can potentially become used in vehicle air-conditioning installations as refrigerating factors. They assort them: hydrocarbons, R 152a and CO₂.

In particular the article presents desirable proprieties of refrigerating factors which involve durability in work conditions, low activity, the incombustibility, lack of formation with air explosive mixture, high evaporation heat, low compression ratio, high electrical resistance, low price. In the aspect of desirable proprieties CO₂ as the refrigerating factor realizes a lot above-mentioned requirements.

Keywords: *environmental protection, automobile air conditioning alternative refrigerants, carbon dioxide*

POSZUKIWANIA ALTERNATYWNEGO CZYNNIKA ZIĘBNICZEGO DLA URZĄDZEŃ KLIMATYZACYJNYCH W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

Streszczenie

Dzięki wysokiej akceptacji konsumentów urządzeń klimatyzacyjnych stosowanych w pojazdach samochodowych, dyskusja na temat wpływu czynnika ziębniczego na globalne ocieplenie klimatu staje się coraz bardziej ważna dla ludzi wrażliwych na ochronę środowiska. CFC czyli związki chlorofluorowęglowe stosowane do niedawna w urządzeniach ziębnicznych a jak się okazało szkodliwe dla środowiska wymusiły konieczność poszukiwania nowych alternatywnych czynników ziębnicznych dla urządzeń klimatyzacyjnych. Jednym z naturalnych czynników ziębnicznych ostatnio brany pod uwagę jest CO₂. W opracowaniu niniejszym przedstawiono zarys historyczny stosowania czynnika CO₂ w urządzeniach klimatyzacyjnych w tym również w systemach klimatyzacyjnych samochodowych. Prowadzone w ostatnich latach prace naukowo badawcze pozwoliły na wytypowanie trzech

alternatywnych ekologicznych związków, które potencjalnie mogą zostać zastosowane w samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych jako czynniki żiębnicze. Należą do nich: węglowodory, R 152a i CO₂.

W szczególności artykuł prezentuje pożądane właściwości czynników żiębniczych, do których należą trwałość w warunkach pracy, mała aktywność, niepalność, brak tworzenia z powietrzem mieszanki wybuchowej, duże ciepło parowania, niski stosunek sprężania, duży opór elektryczny, niska cena. W aspekcie wymienionych wyżej pożądanych właściwości CO₂ jako czynnik żiębniczy spełnia dużo wymagań.

Słowa kluczowe: ochrona środowiska, klimatyzacja samochodowa, czynniki alternatywne, dwutlenek węgla

1. Wstęp

Człowiek pracując, ucząc się, wypoczywając dąży do zapewnienia sobie jak najlepszych warunków w tym również zapewnienia warunków komfortu cieplnego. Warunki bezpieczne, komfortowe są potrzebne zarówno w pracy, jak i w czasie wypoczynku, ale i też podczas podróży. Bezpieczeństwo tzw. bierne podczas jazdy samochodem staje się podstawowym wymogiem użytkownika pojazdu. Można to bezpieczeństwo zwiększyć stosując urządzenia klimatyzacyjne, które ma za zadanie zapewnienie warunków komfortu cieplnego zwiększające tym samym zdolność koncentracji kierowcy szczególnie podczas długotrwałego prowadzenia pojazdu. Zyski ciepła i wilgoci powstające szczególnie w okresach wysokich temperatur zewnętrznych powodują znaczne nagrzewanie się powietrza w pojazdach samochodowych. Człowiek źle znosi podwyższoną temperaturę powietrza, dużą wilgotność powietrza, nadmierne zapylenie, hałas i nieprzyjemne wrażenie zapachowe.

Samochodowe urządzenie klimatyzacyjne ma na celu uzdatnianie powietrza i doprowadzenie powietrza do kabiny samochodowej o odpowiednich parametrach a głównie odpowiedniej temperaturze i wilgotności powietrza oraz utrzymanie tych parametrów powietrza w dopuszczalnym zakresie. Odbywa się to poprzez zastosowanie urządzenia żiębniczego, w którym wykorzystywany jest jako czynnik roboczy tzw. czynnik żiębniczy. W czasie przepływu czynnika przez urządzenie żiębnicze zmienia się jego stan termodynamiczny. Zmiany stanu czynnika mogą być zagrożeniem dla środowiska (przedostawanie się do atmosfery w razie wycieku i niszczenie warstwy ozonowej, ODP) jak i dla obsługującego (poparzenie, zatrucie). Stąd poszukiwania czynnika żiębniczego o równie dobrych własnościach termodynamicznych, ale bezpieczniejszego niż obecnie stosowane czynniki.

Urządzenia do realizacji funkcji grzewczych i żiębiących, stosowane np. w celu kształtowania parametrów w kabinach samochodowych, obniżania temperatury powietrza oraz do jego odwilżania w klimatyzatorach, wnoszą możliwość zagrożenia dla osób, mienia i środowiska. Awaryjne tych sieci wnoszą dodatkowe, dotychczas niedoceniane zagrożenia dla całej gospodarki. W poszukiwaniu alternatywnego czynnika żiębniczego do urządzeń klimatyzacyjnych zwrócono uwagę na dwutlenek węgla i obecnie są prowadzone intensywne badania nad zastosowaniem CO₂ w urządzeniach klimatyzacyjnych w pojazdach samochodowych.

2. Zarys historyczny stosowania czynników żiębniczych i przepisy prawne

Z historii rozwoju chłodnictwa wynika, że technika chłodnicza początkowo była oparta na wykorzystywaniu czynników naturalnych i wykorzystywana była do schładzania żywności. Pierwsze substancje chłodnicze były wykorzystywane z natury już w czasach zamierzchłych. Do przechowywania żywności stosowano wówczas rozpadliny (doły) wydrążone w lodzie lub śniegu. Można uznać, że były to pierwsze chłodnie, w których powietrze i woda były substancjami chłodniczymi. Woda w postaci lodu z racji łatwości dostępu i niskiej ceny jest

również wykorzystywana i dzisiaj. Z czasem zaczęto wykorzystywać urządzenia żiębnicze również w klimatyzacji w celu oziębienia powietrza.

Pierwsze urządzenie żiębnicze absorpcyjne zostało zaprojektowane w 1810 r. (J. Leslie), a w 1860 opatentowano absorpcyjne urządzenie żiębnicze (F. Carre), w którym, czynnikiem żiębniczym (żiębnikiem) był amoniak, które to w 1862 r. F. Carre przetransportował z Anglii do Teksasu. W kolejnych latach powstawały urządzenia sprężarkowe amoniakalne (D. Boyle). Oprócz amoniaku stosowano również eter etylu, dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, propan, eter metylu i izobutan. Nie były to jednak substancje zadowalające, bo np. amoniak jest toksyczny, eter etylu jest łatwopalny, znieczulający i bezzapachowy, dwutlenek węgla wymaga wysokiego ciśnienia sprężania i ma niską temperaturę krytyczną, chlorometan jest łatwopalny, toksyczny i bezzapachowy.

Dalszy rozwój urządzeń żiębniczych wymusił konieczność poszukiwania lepszego żiębnika niż wymienione. Pierwszym, który zajął się poszukiwaniem takiego żiębnika był inż. T. Midgeley, który wziął pod uwagę związki chloru, bromu, jodu i fluoru z węglem. Wśród nich znalazły się te, które spotykane lub stosowane są do dzisiaj: R11, R12, R13 i R22. Podstawowymi związkami stosowanymi jako żiębniki w instalacjach żiębniczych układów klimatyzacyjnych są związki chlorowcowęgłowe i wodorowęgłowe do których należą m. in. grupy związków:

- CFC: Związki chlorowcowęgłowe całkowicie chlorowcowane (nie pozostaje żaden atom wodoru) zawierające chlor, fluor i węgiel,
- HCFC: Związki chlorowcowęgłowe zawierające wodór, chlor, fluor i węgiel,
- HFC: Związki chlorowcowęgłowe zawierające tylko wodór, fluor i węgiel,
- PFC: Związki chlorowęgłowe zawierające tylko fluor i węgiel.

W 1974 r. S. Roland i M. Molina odkryli szkodliwość tych związków. Okazało się, że żiębniki zawierające chlor, brom, jod i fluor (chlorofluorowęgłowodory CFC) wytwarzane przez człowieka (antropogenicznie) emitowane do atmosfery powodują degradację środowiska naturalnego. Związki te akumulując się w atmosferze, naruszają bilans energetyczny planety. Zatrzymują odpływ ciepła z powierzchni atmosfery w kosmos.

Ponadto związki fluorowane mają jeszcze inny destrukcyjny wpływ na środowisko. Brom i chlor (w CFC) niszczą ozon stratosferyczny, powodując rozpad cząstek ozonu znajdujących się w górnej części atmosfery. Chlor i brom wchodzi w reakcje katalityczną, wskutek której niszczą cząstki ozonu. To z kolei redukuje naturalną ochronę przed promieniowaniem ultrafioletowym szkodliwym dla organizmów.

Te dwa zjawiska destrukcyjne powodowane emisją do atmosfery żiębników – substancji będących pochodnymi chlorowymi oraz bromowymi, spowodowały wycofywanie ich z urządzeń na mocy Protokołu Montrealskiego (1987 r.). Substancje mające wpływ na te zjawiska zestawiono w tym dokumencie w dwóch grupach, przy czym jedną z nich stanowią związki zawierające atomy chloru i bromu czyli tzw. CFC, do których zalicza się: R11, R12, R113 i R115 oraz ich mieszaniny w tym R500 i R502. W kolejnych latach lista substancji została powiększona o kolejne substancje szkodliwe dla środowiska (poprawki londyńskie-1990, kopenhaskie-1992, wiedeńskie-1995, montrealskie-1997, pekińskie-1999).

W świetle Protokołu Montrealskiego, który stanowi zasadniczą umowę w zakresie międzynarodowych traktatów o ochronie warstwy ozonowej, istnieje konieczność w pierwszej kolejności ograniczenia emisji związków chloru (zużycia) CFC do atmosfery a w dalszej kolejności całkowite wyeliminowanie (wycofanie) tychże związków z techniki.

Polska jak użytkownik tych związków również ratyfikowała Protokół Montrealski (1990 r.) wraz z poprawkami [12].

Konwencja Wiedeńska w sprawie ochrony warstwy ozonowej z 1985 r.	11.10.1990 r., Dz.U. 98, poz.488 z 1992 r.
Protokół Montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową z 1987 r.	11.10.1990 r., Dz.U. 98, poz.490, z 1992 r.
Poprawki londyńskie z 1990r.	02.10. 1996 r.
Poprawki kopenhaskie z 1992r.	02.10.1996 r.
Poprawki montrealskie z 1997r.	06.12. 1999 r.
Poprawki pekińskie z 1999r.	nie ratyfikowane

W wyniku ratyfikacji uchwalono **ustawę z dn. 20 kwietnia 2004 r. o substancjach zubożających warstwę ozonową (Dz. U. Nr 121, poz. 1263)** i wydano rozporządzenia oraz obwieszczenie:

Przepisy prawne

L.p.

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 11 sierpnia 2004 r. w sprawie ewidencji substancji kontrolowanych (poz. 1911)
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 16 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobu oznakowania produktów, urządzeń i instalacji zawierających substancje kontrolowane, a także pojemników zawierających te substancje (poz. 2007)
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 26 sierpnia 2004 r. w sprawie wzoru kart urządzenia i instalacji zawierających substancje kontrolowane (poz. 1903)
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 16 sierpnia 2004 r. w sprawie kontroli szczelności urządzeń i instalacji zawierających substancje kontrolowane (poz. 2008)
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dn. 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań dla wyposażenia technicznego stosowanego przy wykonywaniu działalności związanej z substancjami kontrolowanymi (2071),
6. Rozporządzenie (WE) nr 2037/2000 z dn. 29 czerwca 2000 r. w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową,
7. Obwieszczenie MŚ w sprawie wykonywania przepisów ustawy o postępowaniu z substancjami zubożającymi warstwę ozonową (2002). [12]

Ziębniki – stosowane w klimatyzacji w tym również klimatyzacji samochodowej będące substancjami zubożającymi warstwę ozonową zwane są krótko według ustawy „substancjami kontrolowanymi”.

Ziębniki (czynniki ziębnicze - refrigerants) będące substancjami kontrolowanymi powodują zagrożenie dla środowiska w momencie, gdy zostają uwolnione do atmosfery, a więc w przypadku każdej instalacji istotna jest jej szczelność, a także takie jej skonstruowanie i eksploatacja, które nie prowadzi do strat ziębnika nawet w okresie napraw i jego wymiany.

Zadowalające byłoby znalezienie takiego ziębnika, który spełniałby wszystkie lub większość z wymagań bezpieczeństwa i eksploatacji (trwałość, niezawodność, bezpieczeństwo, wysoka efektywność, odpowiednie własności fizyczne i termodynamiczne, taniać, ogólna dostępność, zgodność z materiałami i czynnikami smarnymi).

Zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju (Sustainable Development) państwa-sygnatariusze Protokołu Montrealskiego zobowiązały się do:

- od 1.01.1996 r. całkowitego wycofania z produkcji i stosowania czynnika R12 oraz innych ziębników z grupy CFC,

- zamrożenia produkcji ziębników z grupy HCFC (R22) na poziomie roku 1995, a następnie stopniowej redukcji w zależności od grupy państw i stopnia ich rozwoju cywilizacyjnego aż do roku 2030 r.,
- definitywnego wycofania ziębników typu HCFC w krajach Unii Europejskiej do 2015 r.,
- dla niektórych krajów europejskich (Niemcy, kraje skandynawskie) ten proces ma się zakończyć w 2005.

Prawidłowa identyfikacja zagrożeń środowiska, przy kształtowaniu podstawowych potrzeb a w tym klimatu parametrów w budownictwie i w pojazdach samochodowych, umożliwi sformułowanie i wyegzekwowanie właściwych kryteriów zapewniających warunki dla wkomponowania odpowiednich instalacji.

Obiegi lewobieżne do zmiany temperatury ciał powszechnie wykorzystywane w technice uzdatniania powietrza wiążą się z nauką i techniką osiągania i utrzymywania temperatur obniżanych oraz podwyższanych w stosunku do temperatury początkowej ciał obserwowanych lub do ich otoczenia, co opisują odpowiednie przemiany.

Stan ziębników i zagrożenia, jakie mogą występować z tego powodu w różnych częściach instalacji ziębniczej, nie zależą wyłącznie od procesów i przemian realizowanych wewnątrz obsługiwanych obiektów, ale także od przyczyn zewnętrznych.

Jako kryterium pozytywnej lub negatywnej oceny stosowania ziębników (refrigerants) wobec międzynarodowego zakazu stosowania substancji o notowanej wartości potencjału niszczenia ozonu (ODP), służy obecnie (głównie) wartość (GWP) ziębnika uzupełniona o dodatek wpływu oddziaływania produkcji energii napędowej na ocieplanie klimatu ziemi w postaci wskaźnika TEWI (Total Equivalent Warming Impact). Wartości ODP i GWP zastosowanego ziębnika przenikającego do atmosfery podane są w tablicach [3]. Waloryzację energetyczną określającą doskonałość realizacji obiegu termodynamicznego określa stosunek efektu energetycznego obiegu, do pracy potrzebnej do jego realizacji.

W celu uwzględnienia zagrożeń ludzi i mienia, wprowadza się w regulacjach międzynarodowych postanowienia w postaci sformułowań warunków bezpieczeństwa dotyczących zastosowań wszelkich instalacji ziębnicznych. Warunki bezpieczeństwa określa zespół przepisów, zakazów oraz ostrzeżeń przed niewłaściwym postępowaniem z instalacjami, wypełnionymi ziębnikami, charakteryzującymi się właściwościami, które stwarzają zagrożenie dla zdrowia i mienia. Sformułowano je na podstawie badań przeprowadzonych w renomowanych i uznawanych laboratoriach naukowych. Na tej podstawie wszystkie czynniki ziębnicze (ziębniki – refrigerants) zakwalifikowano w międzynarodowych opracowaniach normalizacyjnych EN 378 i w normie ISO 5149, do trzech o wzrastającym zagrożeniu (L1, L2, L3) grup klasyfikacyjnych uwzględniających toksyczność (w tym także wypieranie tlenu) oraz palność (w tym także wybuchowość) [6].

3. Pożądane własności czynników ziębnicznych

Czynnik ziębniczny poddawany w urządzeniu chłodniczym zmianom temperatury i ciśnienia a co za tym idzie zmianom stanu skupienia pracuje w warunkach, które należy uznać za ciężkie. Do tego dodatkowo dochodzą żądania ekonomiczne, niezawodności i bezpieczeństwa użytkowania. Warunki te dyktują szereg wymagań, jakie powinien spełniać czynnik ziębniczny. Dlatego:

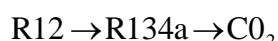
1. czynnik ziębniczny musi być trwały w warunkach pracy,
2. czynnik ziębniczny powinien być jak najmniej aktywny,
3. czynnik ziębniczny nie powinien być palny i nie powinien tworzyć z powietrzem mieszanki wybuchowej,
4. temperatura krytyczna czynnika powinna być możliwie wysoka,
5. temperatura zamarzania czynnika powinna być odpowiednio niska,

6. lepkość czynnika powinna być możliwie mała,
7. temperatura sprężania powinna być niska,
8. w stanie ciekłym czynnik powinien mieć dużą przewodność cieplną i małe napięcie powierzchniowe,
9. czynnik żiębniczy powinien mieć duże ciepło parowania,
10. temperatura parowania czynnika przy ciśnieniu atmosferycznym powinna być możliwie niska,
11. czynnik żiębniczy powinien cechować niski stosunek sprężania, tj. niski stosunek ciśnienia sprężania do ciśnienia zasysania,
12. objętość właściwa pary nasyconej czynnika powinna być mała, dzięki czemu wymiary sprężarki mogą być małe,
13. czynnik żiębniczy powinien mieć zdolność rozpuszczania niewielkiej ilości wody,
14. czynniki żiębnicze stykające się z częściami przewodzącymi prąd elektryczny powinny mieć jak największy opór elektryczny zarówno w stanie stałym jak i ciekłym,
15. czynniki żiębnicze nie powinny być trujące nawet przy stężeniu w otaczającym powietrzu,
16. czynnik żiębniczy nie powinien wywierać niszczącego działania na przechowywane produkty,
17. cena czynnika żiębniczego powinna być niska.

W pojazdach samochodowych do początku lat 90-tych stosowano R12 (CFC 12), który był uważany za najlepszy czynnik o najlepszych własnościach zarówno fizycznych jak i termodynamicznych. Jednak z powodu destrukcyjnego wpływu R12 na środowisko zastosowano inny czynnik-zamiennik R12 o nazwie R134a należący do grupy HFC (ODP = 0,0 . GWP = 1300). Jest to jednak czynnik przejściowy. Prowadzone w ostatnich latach prace naukowo badawcze pozwoliły na wytypowanie trzech alternatywnych ekologicznych związków, które potencjalnie mogą zostać zastosowane w samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych jako czynniki żiębnicze. Należą do nich: węglowodory, R 152a i CO₂.

Obecnie uważa się, że z powyższych czynników największe szanse na wdrożenie ma CO₂ jako żiębnik ekologiczny, niepalny, choć wymagający znacznej modyfikacji istniejących elementów samochodowych urządzeń klimatyzacyjnych.

Trwają prace badawcze w różnych ośrodkach nad zastosowaniem CO₂ (R 744) jako czynnika o ODP = 0 i GWP = 1.



Tab. 1. Porównanie najważniejszych własności ekologicznych i termodynamicznych R12, R134a, CO₂ [3], [13]
Tab. 1. Comparison ecological and thermodynamic properties of R12, R134a, CO₂

Czynniki żiębnicze	Wzór chemiczny	ODP	GWP (GWP _{CO2} =1)	HGWP (HGWP _R =1)	Normalna temperatura wrzenia/poślizg	t _{kr}
R12	CF ₂ Cl ₂	1,0	7300	3,0	- 29,8	112
R134a	CH ₂ F-CF ₃	0,0	1300	0,30	- 26,4	101,15
R744 Czynnik niskowrzący	CO ₂		1,0	0,0	-78,52	31,05

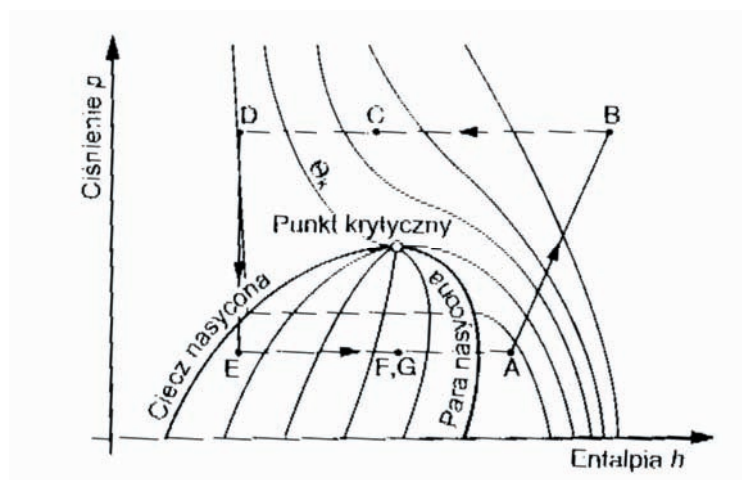
ODP – OZON DEPLETION POTENTIAL, GWP – GLOBAL WARMING POTENTIAL, HGWP – HALOCARBON GLOBAL WARMING POTENTIAL, A – grupa bezpieczeństwa.

Tab. 2. Właściwości termodynamiczne dwutlenku węgla [3], [13]
 Tab. 2. Thermodynamic properties of carbon dioxide [3], [13]

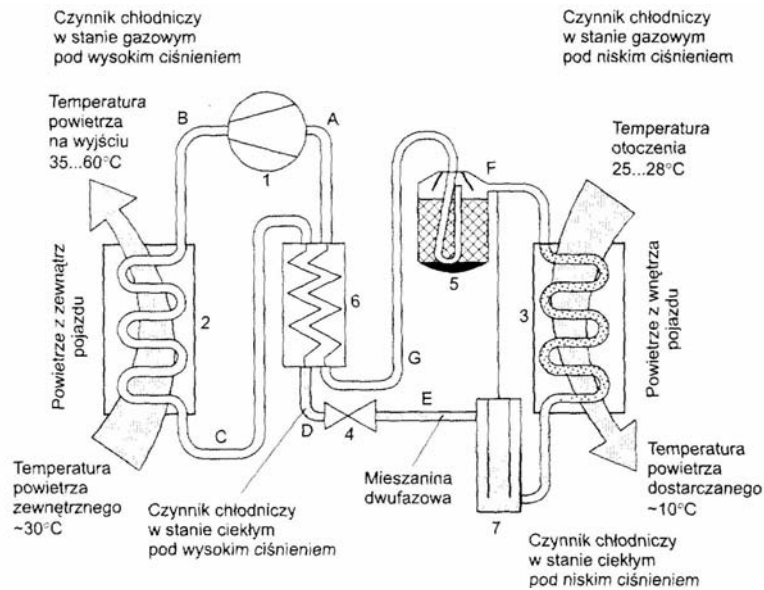
Czynnik ziębniczy	CO ₂ (R744)
Substancja naturalna	tak
ODP	0,0
GWP (GWP _{CO2} =1)	1,0
HGWP (HGWP _{R11} =1)	0,0
Masa molowa	44
Temperatura wrzenia	- 78,1 [°C]
Temperatura krytyczna	31,1 [°C]
Ciśnienie krytyczne	73,8 bar
Ciśnienie nasycenia w 0 [°C]	34,9 bar
Ciepło właściwe w 0 [°C]	231,6 [kJ/kg]
Maksymalny współczynnik	22 600 [kJ/m ³]
Względna gęstość w porównaniu z powietrzem przy 1 bar, 0 [°C]	1,5
Toksyczność IDLH	50 000 ppm
Toksyczność TLV	5 000 ppm

4. Powrót do dwutlenku węgla jako ekologicznego czynnika ziębniczego w układach klimatyzacji samochodowej

CO₂ po raz pierwszy został zaproponowany w Wielkiej Brytanii 1850 r przez Aleksandra Twininga i użyty po raz pierwszy przez Lowe w USA w 1869 a w Europie przez Lindego w 1881 r.[4]. Został on jednak wyparty w dobie freonów. Obecnie na nowo zwrócono uwagę na dwutlenek węgla głównie za sprawą Prof. Gustawa Lorenzta, który w 1990 r opisał obieg transkrytyczny [5]. Temperatura krytyczna CO₂ wynosi zaledwie 31,02 [°C] (dla R 12 – 112 [°C]) . Jest to temperatura po przekroczeniu której gaz nie da się skroplił nawet przy dalszym zwiększaniu ciśnienia. Ciśnienie krytyczne dla CO₂ wynosi 7,292 MPa (dla R 12 – 4,16 MPa). Zatem w przypadku procesu chłodzenia z użyciem CO₂ są konieczne znacznie wyższe ciśnienia niż przy zastosowaniu R 134a. Na rys. 2 przedstawiono schematycznie przebieg zmian stanów CO₂. Stany charakterystyczne oznaczono literami. Przebieg procesów zobrazowano na wykresie log p – h (Rys. 1.).



Rys. 1. Obieg ziębienia z CO₂ jako czynnikiem ziębniczym [2]
 Fig. 1. Refrigerating cycle with CO₂



Rys. 2. Schemat przebiegu procesu ziębniczego z zastosowaniem dwutlenku węgla jako czynnika ziębniczego: 1 – sprężarka, 2 – skraplacz, 3 – parowacz, 4 – zawór rozprężny, 5 – osuszacz, 6 – wymiennik ciepła, 7 – oddzielnik cieczy[2]

Fig. 2. Refrigerating system with CO₂: 1 – compressor, 2 – condenser, 3 – evaporator, 4 – expansion valve, 5 – drier, 6 – heat exchanger, 7 – liquid separator

5. Zalety stosowania CO₂ jako czynnika ziębniczego

Obecnie czynnik ziębniczy CO₂ na nowo jest brany pod uwagę w instalacjach ziębniczych w tym również w klimatyzacji samochodowej. Pomimo gorszych własności termodynamicznych (niekorzystne ciśnienia robocze) jest on stosowany ze względów ekologicznych (wartość ODP = 0, GWP = 0 – nie wymaga odzysku). Zastąpienie R134a dwutlenkiem węgla w instalacji klimatyzacyjnej pojazdów samochodowych pozwala uniknąć prawie 50 % całkowitej skumulowanej równoważnej emisji CO₂ (kryterium kompleksowej oceny, z punktu widzenia oddziaływania na środowisko, efektów wdrożenia CO₂ jako czynnika ziębniczego w samochodach – LCCP) w trakcie całego okresu technicznego istnienia takiej instalacji [13]. Ponadto CO₂ jest nietoksyczny, niepalny i niewybuchowy (wymagania bezpieczeństwa). Stosowanie dwutlenku węgla umożliwia uzyskanie najbardziej zwartych konstrukcji urządzeń.

Literatura

- [1] Ashrae Handbook, *Fundamentals*, 1993.
- [2] Deh, Ulrich, *Klimatyzacja*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, tłum. z niemieckiego.
- [3] Bonca, Z., Butrymowicz, D., Dambek D., Depta, A., Targański, W., *Czynniki chłodnicze i nośniki ciepła. Własności cieplne, chemiczne i eksploatacyjne*, Masta, 1997.
- [4] Kruse, H., Heidelck, R., Süß, J., *The application of CO₂ as a refrigerant, review article*, Bulletin 99.1, Institute of Refrigeration and Applied Heat Technology, University of Hannover.
- [5] Lorentzen, G., *Application of „natural” refrigerants. New system Concepts for the use of CO₂*, NTH, 7034 Trondheim, Norway.
- [6] Maczek, K., Schnotale, J., Skrzyniowska, D., Sikorska-Bączek, R., *Uzdatnianie powietrza w inżynierii środowiska dla celów wentylacji i klimatyzacji*, Politechnika Krakowska, Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych, Kraków, 2004.

- [7] Petersen, J., *A CO₂ vapour compression system for vehicle air conditioning*, Insulation, Refrigeration and Air-Conditioning Technology Workshop, Germany, 1993.
- [8] Poradnik serwisowy, *Klimatyzacja, działanie i serwisowanie*, 2/2004.
- [9] Schnotale, J., *CO₂ jako ekologiczny czynnik chłodniczy dla układów klimatyzacji w samochodach*, Chłodnictwo i klimatyzacja, 1-2/2005.
- [10] Schnotale, J., *Thermodynamic criteria for glide matching with binary and ternary zeotropic mixtures*, 21-st IIR Int. Congress of Refrigeration , 2003, Washington.
- [11] Schnotale, J., Steindel, M., *Kierunki rozwoju badań i certyfikacji samochodów chłodni do przewozu szybko psującej się żywności w świetle ustaleń 60 sesji Grupy Roboczej Komisji Transportu Lądowego Organizacji Narodów Zjednoczonych*.
- [12] Schnotale, J., Skrzyniowska, D., Kosowska, P., *Zasady używania substancji zubożających warstwę ozonową wykorzystywanych w instalacjach klimatyzacyjnych*, Forum Wentylacja 2005, III Ogólnopolskie Spotkanie Branży Went. i Klim..
- [13] Schnotale, J., *R 134a już nie pojedzie. CO₂ jako ekologiczny czynnik chłodniczy dla układów klimatyzacji w sam.*, Chłod. i Klim., III Ogólnopolska Konf. Tech., 2004.
- [14] Sikorska-Bączek, R., Skrzyniowska, D., Schnotale, J., Maczek, K., *Innowacyjne „proekologiczne” metody chłodzenia w klimatyzacji*, XI International Conference Air Conditioning, Protection and District Heating, Wrocław – Szklarska Poręba, 2005.
- [15] Skrzyniowska, D., Muller, J., Sikorska-Bączek, R., Maczek K., *Zagrożenia bezpieczeństwa wynikające z zastosowania pomp ciepła do celów grzewczych i klimatyzacji*, Czasopismo Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 11/2005.

