

Brodski rashladni fluidi i razgrađivanje ozonskog sloja

UDK 621.564.3:551.510.4

1. UVOD

Rowland i Molina u svom radu »Teorija razrijeđenog ozonskog sloja« objavljenoj 1974. godine prvi su upozorili na jedan novi, veliki ekološki problem danjašnjice: razgrađivanje ozonskog sloja oko naše planete uzrokovano ispuštanjem u atmosferu kloriranih i fluoriranih ugljikovodika (eng. CFC). Smanjenjem ozonskog sloja pojačava se ultraljubičasto zračenje na površinu Zemlje, što će imati za posljedicu porast broja oboljelih od raka kože, očnih oboljenja i štetan utjecaj na vegetaciju.

Iako teze Rowlanda i Moline još uvijek nisu do kraja znanstveno potvrđene, u velikom broju zemalja ovom pitanju poklonjena je velika pažnja i poduzete su konkretne mjere. Program za zaštitu okolice Ujedinjenih nacija (UNEP) donio je 16. rujna 1987. godine u Montrealu »Montrealški protokol o supstancama koje razgrađuju ozonski sloj«. Prvi potpisnici ovoga Protokola, kojim se ograničuju proizvodnja i potrošnja određenih vrsta kloriranih i fluoriranih ugljikovodika, kao i nekih vrsta halona, bile su 24 razvijene zemlje, uključujući SAD i Japan, te zemlje EEZ. Do danas su Montrealški protokol potpisale sve ostale zemlje koje proizvode i troše najvažnije vrste CFC-a i halona.

Ekološki problemi, bilo koje vrste, univerzalni su problemi čovječanstva, jer posljedice ekoloških katastrofa, u većoj ili manjoj mjeri, osjeća svako živo stvorenje. Stoga briga za iznalaženje odgovarajućih rješenja mora biti zajednička. Činjenica da se neki od zabranjenih CFC-a koriste kao rashladni fluidi u brodskim klima i rashladnim postrojenjima, kao i to da se neki od zabranjenih halona koriste u brodskim protupožarnim aparatima, na poseban način obvezuje stručnjake brodograđevnog kao i brodstrojarskog profila da daju svoj doprinos širokoj akciji usmjerenoj na smanjivanje trošenja zaštitnog ozonskog sloja, bilo u fazi projektiranja i gradnje broda, bilo u fazi eksploatacije broda.

2. RASHLADNI FLUIDI

Rashladni fluidi su radni mediji rashladnih uređaja. Da bi neka tvar mogla biti upotrebljena kao rashladni fluid, potrebno je da zadovolji čitav niz termodinamičkih, fizikalno-kemijskih i sigurnosnih zahtjeva, kao što su:

- umjeren omjer tlakova kondenzacije i isparavanja P_k/P_i , uz $P_i \cong P_{ok}$;
- niska temperatura vrenja pri standardnom atmosferskom tlaku ($P_{ok} = 1,013$ bara);
- što veća toplotna isparavanja r [kJ/kg];
- što viša kritična temperatura;
- što niža temperatura smrzavanja;
- što manja specifična toplota tekućine c [kJ/kg K];
- što veći volumni specifični rashladni učinak $q_{i,v}$ [kJ/m³];
- što veći koeficijent toplinske vodljivosti λ [W/m K];
- što manji viskozitet;

- da nije zapaljiva i eksplozivna;
- da ne uzrokuje koroziju;
- da je stabilnog kemijskog sastava;
- da je kemijski kompatibilna s uljem za podmazivanje;
- da nije toksična, da ne nadražuje kožu, sluznicu i dišne organe;
- da ne onečišćuje živežne namirnice ili robu koja se hladi;
- da se njezino istjecanje iz rashladnog uređaja može lako otkriti i indentificirati;
- da ne razgrađuje zaštitni ozonski sloj ili na neki drugi način da ne kontaminira okolicu.

Od 1834. godine, kada je Jacob Perkins konstruirao i patentirao rashladni uređaj koji je radio s prvim rashladnim fluidom, koji nije voda ili uzduh, dietileterom (C₂H₅OC₂H₅), do naših dana popis upotrebljivanih rashladnih fluida vrlo je dugačak. Suvremena rashladna tehnika koristi ograničeni broj tvari, koje se mogu svrstati u četiri grupe, tablica 1.

Halogenizirani derivati metana i etana (klorirani i fluorirani ugljikovidi, CFC), kao i njihove azeotropne smjese, najvažniji su rashladni fluidi. Poznati su pod trgovačkim nazivom freoni, odnosno frigeni, arctoni, genetroni, itd, zavisno od proizvođača. Po svojim svojstvima najbliži su idealnom rashladnom fluidu. Međutim, neki od njih izazivaju razgrađivanje ozonskog sloja, što je dovoljan razlog da se zabrani proizvodnja i potrošnja takvih freona.

Pored primjene u rashladnoj tehnici, CFC-i se koriste i u slijedeće svrhe:

- kao propelenti za aerosole;
- pri izradi pjenastih izolacijskih materijala;
- za čišćenje elektronskih komponenata i opreme;
- kao sredstva za gašenje požara (haloni).

Brodski rashladni fluidi

Brodski rashladni fluidi su određena skupina rashladnih fluida, koji se, pored ostalog, koriste u brodskim rashladnim i klimatizacijskim uređajima. Brodski rashladni fluidi, grupirani prema učestalosti primjene, su slijedeći:

- R 22, R 12
- R 717, R 501, R 502
- R 50, R 170, R 290, R 600, R 1150, R 1270, R 1140
- R 744.

Freoni R 22 i R 12 najčešće su korišteni radni mediji kako u rashladnim, tako i u klimatizacijskim postrojenjima. Rashladni uređaji često rade i s amonijakom (R 717). U novije vrijeme sve se više koriste azeotropne smjese, i to R 501 u rashladnim, a R 502 u klimatizacijskim sistemima. Posebnu grupu brodskih rashladnih fluida čine ugljikovodici metan (R 50), etan (R 170), propan (R 290), butan (R 600), etilen (R 1150), propilen (R 1270) i vinilklo-

rid (R 1140). Ovi spojevi koriste se kao radni mediji u direktnim i kaskadnim rashladnim sistemima za relikvefikaciju para tereta na brodovima za prijevoz ukapljenih plinova, gdje su spomenuti spojevi istovremeno i teret koji se prevozi. Ugljični dioksid (R 744), koji se nekada dosta upotrebljavao na brodovima, ustupio je mjesto već navedenim rashladnim sredstvima.

Na brodovima se također upotrebljavaju i CFC-i s oznakama R 12B1 i R 13B1, ali ne kao rashladni fluidi, nego kao sredstva za gašenje požara, poznata pod oznakama halon 1211 i halon 1301.

S aspekta utjecaja na razaranje ozonskog sloja, posebno su interesantni freoni R 12, R 501 i R 502, kao i oba spomenuta halona.

Tablica 1 RASHLADNI FLUIDI

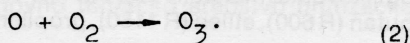
Grupa spojeva	Naziv	Oznaka	Formula
ANORGANSKI SPOJEVI	amonijak	R 717	NH ₃
	voda	R 718	H ₂ O
	ugljični dioksid	R 744	CO ₂
	sumporni dioksid	R 764	SO ₂
	vlažni uzduh	R 729	
UGLJIKOVODICI	metan	R 50	CH ₄
	etan	R 170	C ₂ H ₆
	propan	R 290	C ₃ H ₈
	butan	R 600	C ₄ H ₁₀
	etilen	R 1150	C ₂ H ₄
	propilen	R 1270	C ₃ H ₆
	vinilklorid	R 1140	C ₂ H ₃ Cl
HALOGENIRANI DERIVATI METANA I ETANA	monofluortriklorometan	R 11	CFCl ₃
	difluordiklorometan	R 12	CF ₂ Cl ₂
	difluoromonokloromonobrommetan	R 12B1	CF ₂ ClBr
	trifluoromonoklorometan	R 13	CF ₃
	trifluoromonobrommetan	R 13B1	CF ₃ Br
	tetrafluometan	R 14	CF ₄
	monofluordiklorometan	R 21	CHFCl ₂
	difluoromonoklorometan	R 22	CHF ₂ Cl
	trifluometan	R 23	CHF ₃
	monoklorometan	R 40	CH ₃ Cl
	trifluortrikloretan	R 113	C ₂ F ₃ Cl ₃
	tetrafluordikloretan	R 114	C ₂ F ₄ Cl ₂
	pentafluoromonokloretan	R 115	C ₂ F ₅ Cl
AZEOTROPNE SMJESE	(73,8 % R 12/26,2 % R 152a)	R 500	
	(75 % R 22/25 % R 12)	R 501	
	(48,8 % R 22/51,2 % R 115)	R 502	

3. UTJECAJ CFC-a NA RAZGRADIVANJE OZONSKOG SLOJA

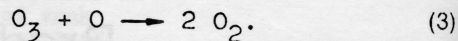
Ozon je alotropska modifikacija kisika s troatomnom molekulom (O₃). To je plin plave boje i karakterističnog prodornog mirisa. Ozon nastaje u visokim slojevima Zemljine atmosfere kada kisik apsorbira ultraljubičastu svjetlost valnih duljina 160 do 180 nm. Pri tome svaki apsorbirani kvant svjetlosti disocira jednu molekulu kisika na dva atoma reakcijom:



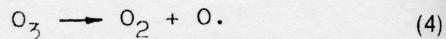
a time nastali atomi kisika odmah reagiraju s molekulama kisika:



Jedan se dio time nastalog ozona razori reakcijom s atomima kisika nastalih reakcijom (1):



Kako reakcije (1), (2) i (3) stalno teku, u tom se dijelu atmosfere uspostavlja ravnoteža koja uvjetuje postojanje ozonskog sloja. Ozonski je sloj Zemljine atmosfere vrlo važan za život, jer apsorbira štetne ultraljubičaste zrake Sunčeve svjetlosti valnih duljina 240 do 300 nm, pri čemu se odvija fotokemijska reakcija:

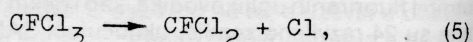


Kako atom i molekula kisika opet daju ozon, ozonski sloj stalno apsorbira štetno ultraljubičasto zračenje.

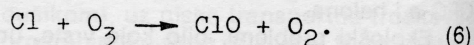
Teza Rowlanda i Moline iz 1974. godine o utjecaju CFC-a na razgrađivanje ozonskog sloja zasniva se na tri osobine CFC-a:

- nemogućnosti lociranja njihovog taloženja u atmosferi,
- velikoj kemijskoj stabilnosti u nižim atmosferskim slojevima (procjenjuje se da se neki CFC-i ne razgrađuju ni nakon 120 godina),
- sklonosti CFC-a, koji su dospjeli u stratosferu, da se pod utjecajem ultraljubičastih zraka razgrađuju oslobađajući atome klora, koji reagiraju dalje s ozonom uzrokuju njegovu razgradnju.

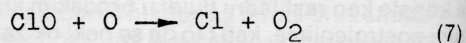
Mehanizam djelovanja CFC-a na ozonski sloj može se pokazati na primjeru monofluortriklorometana (CFCl₃), R 11. Pod djelovanjem sunčevog zračenja na molekulu R 11 u visokim slojevima Zemljine atmosfere odvija se reakcija:



a tako nastali atomi klora reagiraju s ozonom:



Reakcijom tako nastalih radikala ClO s atomima kisika nastalih reakcijom (1) ponovno se oslobađaju atomi klora:



i ponovo se odvija reakcija (6). Na taj način ozon se razgrađuje u kisik, a atomi klora predstavljaju katalizator koji ubrzava proces razgradnje, čime se narušava prirodna ravnoteža obnavljanja ozona (reakcije (1), (2) i (3), i dolazi do smanjivanja ozonskog sloja.

4. ODREDBE MONTREALSKOG PROTOKOLA

»Montrealški protokol o supstancama koje razgrađuju ozonski sloj« iz 1987. godine obuhvaća osam kemijskih supstanci podijeljenih u dvije grupe, CFC-e i halone, tablica 2. Svaka od navedenih tvari posjeduje

Tablica 2 TVARI OBUHVAĆENE MONTREALSKIM PROTOKOLOM

I grupa		II grupa	
Radna tvar	ODP faktor	Radna tvar	ODP faktor
R 11	1,0	Halon 1211	3,0
R 12	1,0	Halon 1311	10,0
R 113	0,8	Halon 2402	6,0
R 114	1,0		
R 115	0,6		
R 500	0,74		
R 501	0,25		
R 502	0,31		

odgovarajući ODP faktor (engl. Ozone Depletion Potential) kojim se definira njezin razarajući utjecaj na ozon. Ovaj se faktor zasniva na vijeku trajanja pojedine tvari i njenoj sklonosti da se razgrađuje kad dospije u visoke slojeve Zemljine atmosfere. Kao referentna tvar uzet je monofluorotriklorometan (CFC_{1,3}), R 11, kojem je dodijeljena vrijednost ODP = 1. Vrijednost ODP faktora ostalih radnih tvari određene su komparacijom svake dotične s R 11. Tako npr. količina od 1 kg radne tvari, čiji je ODP = 3, ekvivalentna je u razgradnji ozona količini od 3 kg radne tvari, čiji je ODP = 1. ODP faktori azeotropnih smjesa na koje se indirektno odnosi Montrealski protokol određeni su računski, prema udjelu komponenti i njihovim ODP faktorima.

Montrealskim protokolom zahtijeva se ograničenje proizvodnje i potrošnje radnih tvari I grupe provesti u tri faze, i to:

- počevši od srpnja 1989. godine smanjivati proizvodnju i potrošnju R 11, R 12, R 113, R 114 i R 115 do razine iz 1986. godine, i to tako da ukupan ODP faktor svih proizvedenih i potrošenih količina bude vraćen na razinu iz 1986. godine,
- do srpnja 1993. godine smanjiti proizvodnju i potrošnju ovih tvari za 20% u odnosu na razinu iz 1986. godine,
- do srpnja 1998. godine smanjiti njihovu proizvodnju i potrošnju za 50% u odnosu na razinu iz 1986. godine.

Proizvodnja i potrošnja halona 1211, 1301 i 2402, prema Montrealskom protokolu, reducirala bi se na ukupan ODP faktor svih proizvedenih i potrošenih količina ovih halona u 1986. godini, počevši od 1992. godine. Haloni su Protokolom tretirani odvojeno od CFC-a jer se oni proizvode u daleko manjim količinama, ali treba imati na umu da su i mnogo opasniji potencijalni razarači ozonskog sloja od CFC-a, jer se oni proizvode u daleko manjim količinama, ali treba imati na umu da su i mnogo opasniji potencijalni razarači ozonskog sloja od CFC-a.

Zbog postojanja mnogih znanstvenih neizvjesnosti oko utjecaja CFC-a na ozonski sloj, Montrealski protokol predvidio je preispitivanje svojih odbredbi. Prvo će biti 1990. godine, a bazirat će se na istraživanjima obavljenim 1989. godine, uključujući pitanja izbora tehničke kontrole i strogosti poštivanja Protokola. Stoga se može predvidjeti da će popis opasnih CFC-a i halona biti proširen novim tvarima za koje se utvrdi da postižu razgrađivanje ozonskog sloja.

5. UTJECAJ MONTREALSKOG PROTOKOLA NA RAZVOJ RASHLADNE TEHNIKE I KLIMATIZACIJE

Smanjenje proizvodnje i potrošnje CFC-a R 11, R 12, R 113, R 114 i R 115, propisano Montrealskim protokolom, imat će vrlo krupne posljedice na daljnji razvoj rashladne i klimatizacijske tehnike, kao i na industriju izolacijskih materijala i aerosola. Budući da mnoge razvijene zemlje, veliki proizvođači ovih supstanci, već donose svoje nacionalne propise, koji su mnogo rigorozniji od Montrealskog protokola, čak toliko da predviđaju potpunu zabranu proizvodnje spomenutih vrsta CFC-a u skoroj budućnosti, potrošači CFC-a dovedeni su u izrazito težak položaj. Stoga se danas u svijetu ulažu ogromna sredstva u istraživačke i razvojne djelatnosti usmjerene na iznalaženje odgovarajućih rješenja.

Koncepti mogućih rješenja problema CFC-a, u području rashladne tehnike i klimatizacije, mogu se podijeliti na:

- kratkoročne,
- srednjoročne,
- dugoročne

kako prema vremenu potrebnom za realizaciju, tako i prema periodu u kome će valjanosti dotičnih rješenja biti zadovoljavajuća. Imajući u vidu nenadoknadivost štete koju uzrokuju CFC- i razaranjem zaštitnog ozonskog sloja, ali i veliki značaj hlađenja u mnogim oblastima ljudske djelatnosti, jedini ispravan postupak jest paralelno provođenje aktivnosti na iznalaženju svih triju vrsta rješenja.

Kratkoročna rješenja

Postupci i mjere usmjereni k smanjivanju količina CFC-a koji se ispuštaju u atmosferu predstavljaju kratkoročna rješenja. Zbog ograničavanja proizvodnje opasnih freona njihova cijena bit će svakim danom veća, a dobava nesigurnija. Stoga je, u interesu normalnog funkcioniranja rashladnih uređaja koji koriste ove radne tvari, potrebno smanjiti njihovu potrošnju. Kratkoročnost ovih rješenja proizlazi iz realne pretpostavke o potpunoj zabrani proizvodnje spomenutih vrsta CFC-a.

Prema nalazima Radne grupe Međunarodnog instituta za hlađenje (IIR) glavni razlozi emisija rashladnih fluida u okolinu su slijedeći:

- kvar pojedinih komponenti (kompresor, cjevovodi),
- radovi na održavanju (nedostatak opreme),
- neprimjetno curenje (cijevni spojevi, varovi).

Značajno smanjuje emisija rashladnih fluida u okolinu, po nekim procjenama i do 50%, moglo bi se postići primjenom slijedećih mjera:

1. Potpunijim obrazovanjem osoblja i korisnika:
 - ni jedno rashladno sredstvo ne smije se ispuštiti u okolicu;
 - ni jedno rashladno sredstvo ne smije se koristiti za čišćenje ili ispitivanje curenja;
 - ni jedna instalacija ne smije se pustiti u rad ako postoji sumnja u mogućnost curenja.
2. Povećanjem rutine u rukovanju:
 - propuštanja u sustavu treba otkriti stavljanjem sustava pod tlak pomoću dušika, po mogućnosti s tragom djelomično halogeniranog rashladnog sredstva;
 - kontrolne mjere trebaju biti inherentni dio sustava;
 - punjenje instalacija rashladnim sredstvima treba izvoditi pažljivo, uz obveznu primjenu mjernih instrumenata.
3. Poboljšanjem kvalitete opreme:
 - ventile i spojeve treba redovito kontrolirati i servisirati;
 - umjesto navojnih spojeva treba koristiti zavarane spojeve gdje god je to moguće;
 - treba eliminirati prekomjerne vibracije;
 - brtvena mjesta trebaju biti takva da omogućuju izmjenu dijelova bez pražnjenja instalacije;
 - osjetljive komponente postrojenja ne bi trebalo smještati na mjestima na kojima se javlja korozija.
4. Novim poboljšanim konstrukcijama:
 - instalaciju treba osloboditi vibracija;
 - količinu rashladnog sredstva u instalaciji treba smanjiti na minimalnu količinu, vodeći računa o zahtjevanom rashladnom učinku;
 - treba primjenjivati metode visokokvalitetnog brtvljenja i gdje god je moguće hermetičke kompresore.

Srednjoročna rješenja

Rješenja koja bi mogla zadovoljiti konkurentne interese ekologa i proizvođača rashladnih uređaja u nešto dužem vremenskom periodu, zasnivaju se na ideju supstitucije opasnih freona, postojećim manje opasnim vrstama CFC-a, kao i i nekim anorganskim i ugljikovodikovim spojevima. Od anorganskih spojeva najzanimljiviji je amonijak (NH_3), R 717, a od ugljikovodika propan (C_3H_8), R 290, ali je zbog poznatih osobina toksičnosti i zapaljivosti njihova primjena vrlo ograničena.

Od postojećih vrsta CFC-a, koji se mogu naći na tržištu, a manje su opasni po ozonski sloj od onih obuhvaćenih Montrealskim protokolom, vrlo perspektivni supstituti su slijedeća četiri:

- R 22 (CHF_2Cl) za R 12 i R 502
- R 23 (CHF_3) za R 113
- R 142b ($\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_2\text{Cl}$) za R 114
- R 152a ($\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$) za R 12.

Pored mogućnosti njihove primjene u čistom obliku, mogu se koristiti i kao komponente neazeotropnih smjesa, od kojih najviše obećava neazeotropna smjesa R 22/R 142b kao zamjena za R 12.

Prelazak s jednog na drugi rashladni fluid vezan je za niz poteškoća. Pored potrebnog preprojektiranja opreme, koje će zahtijevati određeni vremenski period, značajan problem predstavljat će otežana nabava freona R 22, zbog njegove povećane potrošnje.

Pa ipak, ova rješenja ne mogu se smatrati trajnim rješenjima. Iako dr. Sherwood Rowland, jedan od dvojice autora teorije o trošenju ozonskog sloja, smatra da R 22 treba zadržati u upotrebi, sve su izraženije sumnje jednog kruga znanstvenika o utjecaju ovog CFC-a na ozonski

sloj. Tome treba dodati da ODP faktor freona R 142b ima istu vrijednost kao R 22, što je dodatni argument da se ova rješenja, u najboljem slučaju, prihvate kao srednjoročna.

Dugoročna rješenja

Pod dugoročnim rješenjima problema CFC-a u rashladnoj tehnici podrazumijeva se primjena:

- novih rashladnih fluida,
- novih rashladnih ciklusa.

Novi rashladni fluidi su tvari koje se do sada nisu koristile kao radni mediji rashladnih ciklusa. Za razvoj takvih tvari potreban je vrlo dugi vremenski period, slika 1, (lit. 1), tako da će do početka komercijalne proizvodnje i primjene novih rashladnih fluida proći još najmanje 5 godina. Najperspektivniji novi rashladni fluidi, na čijem se razvoju intenzivno radi već nekoliko godina, dati su u tablici 3.

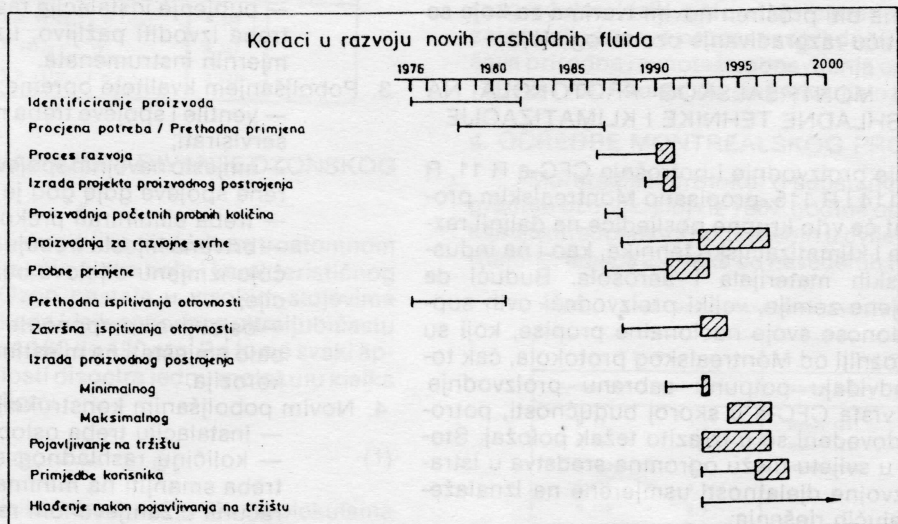
Freon R 134a je po termodinamičkim svojstvima vrlo sličan freonu R 12, ali za razliku od njega ne predstavlja nikakvu opasnost po ozonski sloj ($\text{ODP}=0$). Nije zapaljiv i do sada provedena toksična ispitivanja dala su ohrabrujuće rezultate. Kao takav, R 134a predstavljat će izvršnu, trajnu zamjenu za R 12.

Svi su izgledi da bi se freon R 123, nakon uspješno završenih razvojnih ispitivanja, mogao koristiti kao dobra zamjena za freon R 11, kao rashladni fluid, ali i za proizvodnju pjenastih izolacijskih materijala. Mada sadrži klor, koji je najzaslužniji za razarajuće djelovanje na ozon, sadrži i vodik, koji skraćuje njegov vijek trajanja u nižim atmosferskim slojevima, pa prema tome i potencijal razgrađivanja ozona. ODP faktor za R 123 još nije pouzdano određen.

Tablica 3

NOVI RASHLADNI FLUIDI

Naziv	Oznaka	Formula	ODP faktor
tetrafluoretan	R 134a	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$	0
trifluordikloretan	R 123	$\text{C}_2\text{HF}_3\text{Cl}_2$?
dimetileter	(DME)	CH_3OCH_3	0
tetrafluoromonokloretan	R 124a	$\text{C}_2\text{HF}_4\text{Cl}$?



Slika 1

VRIJEME POTREBNO ZA RAZVOJ NOVIH RASHLADNIH FLUIDA.

▨ MOGUĆE POTREBNO PRODUŽENJE PREDVIĐENOG ROKA.

Dimetileter (DME) može uspješno zamijeniti R 12, ali je zapaljiv. Potpuno je bezopasan za ozonski sloj. U toku su israživanja svojstava freona R 124a, koji bi se koristio kao alternativa rashladnom fluidu R 114.

Pored spomenutih radnih tvari, dostupne su informacije i o istraživanjima nekih novih azeotropnih smjesa, kao što je azeotropna smjesa 87% R 12/13% DME.

Svi spomenuti novi rashladni fluidi, čiji je razvoj u toku, koristili bi se kao alternative postojećim, po ozonski štetnim, rashladnim fluidima, u postojećim ili preprojektiranim parnim kompresionim rashladnim ciklusima. Međutim, nije isključena mogućnost pronalaska novih rashladnih fluida, koji bi bili korišteni u posve novim rashladnim ciklusima. U tom smislu nameće se, kao jedno od mogućih dugoročnih rješenja, mogućnost primjene apsorpcijskih rashladnih ciklusa, koji kao kompenzacijsku energiju ne troše mehanički rad, nego toplinsku energiju, najčešće neku jeftinu otpadnu toplinu. Glavna njihova prednost, u ovom kontekstu, bila bi u činjenici da rade s potpuno ekološki prihvatljivim radnim medijima. To su dvojne smjese amonijak-voda ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$) i voda-sumporna kiselina ($\text{H}_2\text{O-H}_2\text{SO}_4$) za hlađenje, odnosno voda-litijev bromid ($\text{H}_2\text{O-LiBr}$) za klimatizaciju.

Sva nabrojena rješenja problema CFC-a primjenjiva su, u izvjesnoj mjeri, i na brodske rashladne i klimatizacijske sustave. Sretna je okolnost što se u brodskim rashladnim i klimatizacijskim uređajima najčešće koristi R 22, koji, bar za sada, nije na popisu zabranjenih radnih tvari. Za drugi, po učestalosti primjene na brodovima, rashladni fluid R 12, postoje ili su u razvoju prihvatljive alternative, slika 2, (lit. 1). Zbog dovoljnih količina otpadne topline na brodovima, ideja primjene apsorpcijskih rashladnih ciklusa na brodovima predstavlja vrlo perspektivno rješenje.

Na kraju, treba imati na umu da će se posljedice Montrealskog protokola na industriju izolacijskih materijala nepovoljno odraziti i na rashladnu tehniku. Zbog ograničenja proizvodnje R 11, koji se mnogo koristi u proizvodnji pjenastih izolacijskih materijala, za očekivati je njegovu nestašicu na tržištu. Kako su alternativni izolacijski materijali lošijeg kvaliteta, to će zahtijevati veće debljine izolacija za iste izolacijske učinke, što će imati za

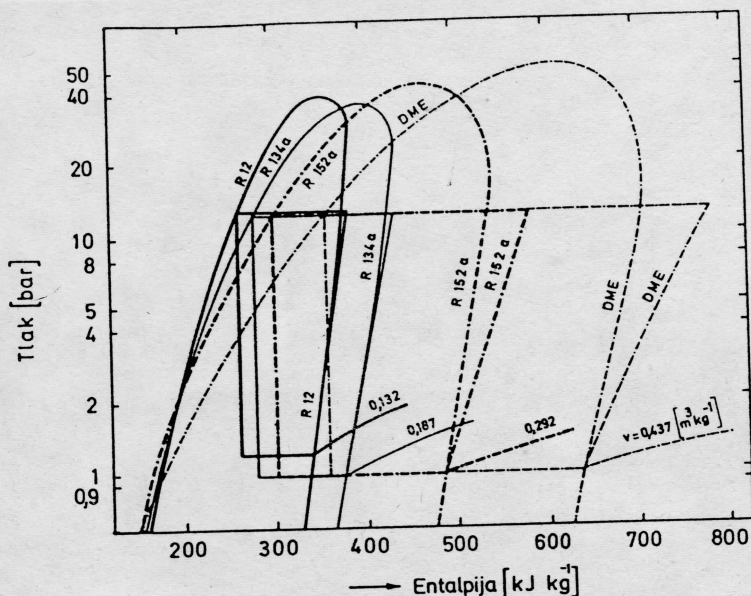
posljedicu povećanje cijene i promjene konstrukcije pojedinih komponenti i proizvoda rashladne tehnike.

6. ZAKLJUČAK

Otkriće razarujućeg djelovanja CFC-a na zaštitni ozonski sloj pobudilo je veliki interes stručnjaka i znanstvenika različitih profila i dovelo u težak položaj mnoge industrijske grane koje proizvode ili troše ove supstance. Od oko 1,2 milijuna tona CFC-a proizvedenih godišnje u svijetu, značajan dio koristi se u različitim vrstama rashladnih i klimatizacijskih uređaja, pa tako i onim brodskim. Svijest o mogućim posljedicama trošenja ozonskog sloja zahtijeva neodloživo poduzimanje aktivnosti u cilju ublažavanja, odnosno rješavanja ovog problema. Konceptije rješenja uglavnom su poznate, ali zabrinjava činjenica da u našoj zemlji ovom problemu još uvijek nije poklonjeno dovoljno pozornosti. Jugoslavija pripada grupi zemalja koje do danas nisu potpisale Montrealski protokol, što pored ekoloških, može imati posljedice i na cjelokupni tehnološki razvitak zemlje.

7. LITERATURA

- INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRIGERATION Vol. 11, No. 4, July 1988.
- O. Fabris
EKSPLOATACIJA BRODSKIH RASHLADNIH UREĐAJA
Autorizirana predavanja
Pomorski fakultet Dubrovnik, 1987/88.
- S. Vujić RASHLADNI UREĐAJI
Mašinski fakultet Beograd, 1988.
- S. Švaić, E. Picek, I. Galaso
RADNE TVARI U TEHNICI HLAĐENJA I KLIMATIZACIJI
KGH, 1/1986, str. 89-92, 2/1986. str. 45-48
- S. Lipanović
OZON
Tehnička enciklopedija 7, str. 127-128 JLZ Zagreb, 1980.
- SAOPĆENJE MEĐUNARODNOG INSTITUTA ZA HLAĐENJE O CFC-ima i HLAĐENJU
KGH, 4/1988. str. 29-30



Slika 2 Log P - h DIJAGRAM ČETIRIJU RASHLADNIH FLUIDA: R 12, R 134a, R 152a I DME, S UCRTANIM OSNOVNIM RASHLADNIM CIKLUSOM ZA TEMPERATURU ISPARAVANJA $t_i = -25^\circ\text{C}$ I TEMPERATURU KONDENZACIJE $t_k = 55^\circ\text{C}$.