

NOVE TEHNOLOGIJE U AMONIJAČNIM SISTEMIMA ZA HLAĐENJE I KLIMATIZACIJU

NEW TECHNOLOGIES IN AMMONIA REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

RISTO CICONKOV,
Mašinski fakultet, Skoplje, i
SAMOIL CICONKOV,

“Energija”, d.o.o., Skoplje, Makedonija

U kratkom uvodu opisana je istorija razvoja rashladnih fluida, počevši od prirodnih, zatim sintetičkih i danas opet do prirodnih fluida. Prikazani su termodinamički, fizički i bezbednosni podaci o amonijaku. Elaborirane su prednosti i nedostaci amonijaka kao rashladnog fluida. Razvijene su nove tehnologije razmenjivača toplote – dobošastih sa čeličnim cevima obostrano orebrenih, sa isparivačem sa rasprskavanjem i isparivačem sa direktnom ekspanzijom (DX). Pre nekoliko godina pojavile su se nove tehnologije sa pločastim razmenjivačima toplote sa zavarenim modulima od nerđajućeg čelika i lemljenih niklom. U bližoj budućnosti očekuje se uvođenje mikrokanalnih razmenjivača toplote, uključujući vazdušno hladene kondenzatore i vazdušne hladnjake, sa odličnim mogućnostima za amonijak i aluminijum kao materijale. Danas je razvijena i nova tehnologija elektromotora gde se koriste zaštićeni bakarni namotaji ili aluminijumski namotaji za poluhermetički amonijačni kompresor. Najavljen je hermetički spiralni kompresor za amonijačne male rashladne sisteme. Jedan od načina za smanjenje amonijačnog punjenja je upotreba indirektnog hlađenja. Poslednjih nekoliko godina instaliran je veliki broj sistema za klimatizaciju sa amonijačnim čilerima za vodu u

A short introduction describes history of developing of refrigerants starting with natural, synthetic and nowadays comeback again to natural refrigerants. The thermodynamical, physical and safety properties of ammonia are presented. The advantages and disadvantages of ammonia refrigerant are elaborated. New technologies of heat exchangers are developed; these are shell-and-tube type with carbon steel tubes doubly finned, with a spray evaporator and also with dry expansion (DX) evaporator as well. Since last few years new technologies appeared with stainless steel welded modules and with nickel brazed plate heat exchangers (PHEs). In the near future it is expected introduction of microchannel heat exchangers, including air cooled condensers and air coolers, with excellent possibilities for ammonia and aluminium as the material. A new electromotor technology is being developed now, using encapsulated copper windings or aluminium windings for semi-hermetic ammonia compressor. A hermetic scroll compressor for ammonia small refrigerating systems is announced. One of the ways for decreasing the ammonia charging is appliance of indirect cooling. In the last several years a large number of air conditioning systems with ammonia water chillers are installed in

*komercijalnim i u javnim objektima.
U velikim industrijskim sistemima
gde su potrebne niske temperature
isparavanja, već se primenjuje novi
koncept sa kaskadnim rashladnim
sistemima sa NH_3/CO_2 .*

*commercial and public objects as well.
In the large industrial systems where
there is a need for low evaporating
temperatures new concept is already
applied with cascade refrigerating
systems with NH_3/CO_2 .*

Ključne reči: amonijak; rashladna tehnika; nove tehnologije
Key words: ammonia; refrigeration; new technologies

1. Uvod

Princip mehaničkog rashladnog sistema prvi put se pojavio u 1834. godini sa rashladnim fluidom etil-eter (R610) koji je zapaljiv i anestetičan. Zatim su uvedeni novi rashladni fluidi: ugljen-dioksid (CO_2), amonijak (NH_3), metil-hlorid, sumpor-dioksid, izobutan i vazduh [1]. Zajednička osobina svih ovih rashladnih fluida je prirodno poreklo, što znači da oni nisu štetni za životnu sredinu. Međutim, veći deo njih je zapaljiv, toksičan, veoma korozivan, sa visokim pritiskom (CO_2) i/ili neefikasan. To je bio razlog pojave CFC rashladnih fluida počev od 1930. godine, koji su postali dominantni u sledećih šest decenija, kada su prirodni rashladni fluidi ostali van upotrebe sa jednim izuzetkom – amonijakom.

Zbog štetnog uticaja na ozonski sloj u atmosferi, posle Montrealskog protokola, CFC fluidi morali su biti odstranjeni u razvijenim zemljama do 2000. godine (EU do 1996), a u zemljama u razvoju do 2010. godine. Za HCFC fluide predviđen je kasniji datum. Od 1990. godine na tržištu su se pojavili alternativni fluidi [2] sa kratkom oznakom HFC koji nisu štetni za ozon, tj. ODP (Ozone Depletion Potential) im je jednak nuli. Najčešće korišćeni su R134a, R404A, R507, R407C i R410A. Oni su sintetička jedinjenja koja imaju veoma visok potencijal GWP (Global Warming Potential) od 1300 do 3800 [3], zbog čega su stavljeni u grupu GHGs (greenhouse gases), kontrolisani Protokolom iz Kjota, koji je stupio na snagu februara 2005. godine.

Danas postoji trend ka suprotnom smeru, od sintetičkih ka prirodnim rashladnim fluidima kao što su amonijak, ugljen-dioksid, ugljovodonici, voda i vazduh. Još od 19. veka bilo je mnogo promena u pogledu tipa rashladnog fluida, no sve vreme je amonijak bio u upotrebi u rashladnim sistemima u industriji prerade hrane, hladnjačama, hemijskoj i u drugim industrijama. Sem toga, perspektiva amonijaka je bolja nego ikad.

2. Podaci o amonijaku

Amonijak se proizvodi prirodno, oko 3 milijarde tona godišnje; svaki čovečji organizam proizvodi ga oko 17 grama dnevno [4]. Skoro 150 miliona tona je obim proizvodnje za veštačko đubrivo i oko 0,3 do 0,5 miliona tona se upotrebljava u rashladnoj tehnici. Amonijak je bitan za današnji život i jedna je od najčešće korišćenih hemikalija u svetu.

Podaci o amonijaku [5, 6]

Simbol:	R-717
Hemijska formula:	NH_3
Molekulska masa:	17

Norm. tačka ključanja (na atm. prit.):	-33,3°C
Kritična temperatura:	132°C
Latentna toplota:	1262 kJ/kg
cp/cv	= 1,4 (para na 0°C)
Bezbednosna grupa:	B2
ODP	= 0
GWP	< 1
Boja:	bezbojan
Miris:	karakterističan, iritirajući
Granice eksplozivnosti:	16–28% volumenski
Temperatura zapaljivanja:	650°C
Prag detekcije:	5 ppm
Prag granične vrednosti:	25 ppm
Tolerantne granice:	500–1000 ppm
Simptomi otrova:	2500 ppm
Fatalna koncentracija:	> 5000 ppm
Dugotrajni efekti:	nije kancerogen, nije mutagen.

Razlog što je amonijak neprekidno u upotrebi do danas leži u njegovim termodinamičkim osobinama. Uputno je upoređivati osobine amonijaka sa onim koje imaju HFC fluidi. Amonijak bi bio bolji upoređujući koeficijente izvođenja sistema zato što su njegove transportne osobine i prelaz toplote bolji.

3. Prednosti amonijaka

Amonijak je odličan rashladni fluid koji je u upotrebi prošlih 130 godina uglavnom u većim rashladnim kapacitetima u rashladnim sistemima za preradu hrane, hladnjačama i drugim industrijama. Njegove prednosti su [6]:

- ekološki: ODP = 0, GWP < 1;
- visoka energetska efikasnost, uključujući i one pri visokim temperaturama kondenzacije;
- odlične termodinamičke osobine: visoka kritična temperatura (132°C), velika latentna toplota, velika gustina pare i odličan je za prelaz toplote;
- kao para lakši je od vazduha;
- laka detekcija (koja predupređuje);
- niska cena.

Ekološki. Amonijak je prirodni rashladni fluid, kompatibilan sa životnom sredinom zato što ima potencijal koji utiče na ozonski sloj jednak nuli (ODP = 0) i potencijal globalnog zagrevanja manji od 1 (GWP < 1). To je razlog više za povećan interes za amonijačnim rashladnim sistemima.

Energetska efikasnost. Pri istim temperaturama isparavanja i kondenzacije, amonijak nudi najveći rashladni faktor između svih rashladnih fluida za oko 3 do 10% [7], a to znači manju potrošnju električne energije. Prema tome, njegov indirektni efekt globalnog zagrevanja zbog emisije CO₂ iz termoelektrane niži je u poređenju sa drugim više upotrebljivanim rashladnim fluidima.

Odlične termodinamičke veličine. Visoka kritična temperatura (132°C) omogućuje veći rashladni faktor, uključujući više temperature kondenzacije koje su važne za toplotne pumpe. Budući da je specifična toplota tečnog i parnog amonijaka četiri puta, a latentna toplota oko šest puta veća od one koju ima R22, koeficijent prela-

za toplote pri isparavanju i kondenzaciji amonijaka je između 1,6 i 4 puta veći nego R22. Zbog veće latentne toplote i gustine pare, amonijačni sistem zahteva manje cevovode za isti kapacitet.

Lakši od vazduha. Amonijačna para je 1,7 puta lakša od vazduha i u slučaju isticanja brzo će ići iz okoline opreme instalirane napolju, ili u slučaju ventilacije iz mašinske sale.

Laka detekcija. Njegov miris privlači pažnju kada mu je koncentracija 5 ppm, vrednost koja je 100 puta manja od granice tolerancije. Naprotiv, fluorni rashladni fluidi su bez mirisa i mogu biti otkriveni samo detektorom. Iritirajući miris amonijaka podstiče ljude da odmah napuste prostor pre dostizanje opasne koncentracije.

Niska cena. Cena 1 kg amonijaka je šest puta manja od cene R22. Osim toga, amonijak je povoljniji zbog male gustine u tečnom stanju, koja je upola one od R22. U poređenju sa HFC fluidima, razlika je čak mnogo veća, posebno u zemljama gde su uvedeni ekološki porezi.

Nepovoljne strane amonijaka su:

- toksičnost,
- zapaljivost umerena u koncentracijama u vazduhu od 15,5 do 28%.
- nije kompatibilan sa bakrom,
- potisna temperatura (kompresora) viša je u poređenju sa drugim rashladnim fluidima zbog većeg adijabatskog eksponenta.

Teško je zapaliti amonijak. On je zapaljiv samo u visokim koncentracijama i pod ekstremno ograničenim uslovima i sa neprekidnim spoljašnjim izvorom plamena.

Prag granične vrednosti (threshold limit value) amonijaka je 25 ppm. Simptomi trovanja nastaju pri 2500 ppm, što je opasno. Toksičnost je jedina stvarna negativna strana amonijaka. Međutim, koncentracija od 5 ppm miriše i upozorava ljude.

Amonijačni rashladni sistemi su podloženi zakonskim propisima i standardima zbog bezbednosti ljudi, no oni postoje i za druge rashladne fluide. Ako se ovi propisi i standardi primenjuju u praksi, kao i sa dobrom obukom personala za održavanje, opasnost od upotrebe amonijaka ne postoji [8]. To je najbolji rashladni fluid u slučajevima gde je moguća njegova primena, što je praksa pokazala u proteklih 130 godina. Incidenata i fatalnih posledica od upotrebe amonijačnih rashladnih sistema u balkanskom regionu gotovo i da nema, iako stepen poštovanja propisa nije na nivou koji je u razvijenim zemljama.

4. Amonijak i nove tehnologije razmenjivača toplote

Superiorne prednosti amonijaka opisane gore i ekološki pritisak u javnosti izazvao je veliki interes za širenje njegove primene u oblastima gde su HFC fluidi dominantni, odnosno u domenu komercijalnih rashladnih sistema i klimatizacije.

Budući da je jedina smetnja bezbednosni razlog, glavni cilj današnjeg razvoja je smanjiti punjenje (količinu) amonijaka u rashladnim sistemima. U tom pogledu, trebalo bi izbegavati velike rezervoare sa tečnim amonijakom, kao i velike pumpe sisteme.

Razmenjivači toplote

U praksi su već uvedeni pločasti razmenjivači toplote, kao i "suvi" isparivači sa termoeekspanzionim ventilima, no tu postoji problem ulja za podmazivanje.

HFC fluidi se upotrebljavaju u dobošastim razmenjivačima toplote sa visoko efikasnim bakarnim cevima, sa povećanom površinom. Međutim, amonijak nije kompatibilan sa bakrom, a tradicionalni čelični dobošasti amonijačni razmenjivači toplote su znatno veći i imaju veliko punjenje, koje nije poželjno sa amonijakom zbog bezbednosnih razloga. Kompatibilni materijali za amonijačne razmenjivače toplote su ugljenični i nerđajući čelici, aluminijum i titanijum. Poboljšanje može biti izvedeno sa čeličnim cevima obostrano orebrenim, kao što je prikazano na sl. 1.



Slika 1. Nova tehnologija: obostrano orebrene čelične cevi

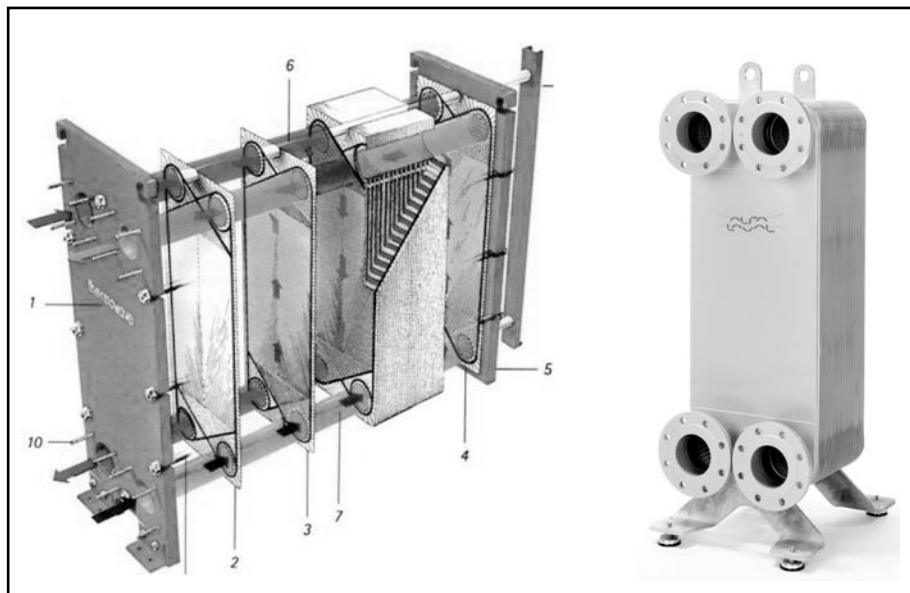
Amonijačne dobošaste isparivače sa rasprskavanjem, sa obostrano orebrenim čeličnim cevima, konstruisala je, izradila i instalirala firma "Isotherm Inc." (SAD) u jednom hemijskom postrojenju [9, Ayub]. U odnosu na konvencionalni potopljeni isparivač, punjenje rashladnog fluida je 20 puta manje, tj. 0,06 kg/kW. Sem toga, dimenzije i cene su isto tako manje.

Druga nova konstrukcija dobošastog isparivača sa manjim punjenjem rashladnim fluidom je "suva" ekspanzija (DX), gde rashladni fluid isparava u cevima. To zahteva rastvorljivo ulje, što nije slučaj sa obično upotrebljavanim mineralnim uljem sa amonijakom. Međutim, novo razvijeno ulje je već u primeni, to je ulje PAG (Poly Alkylene Glycol), ali koje se ne može koristiti za temperature isparavanja ispod -20°C . DX dobošasti isparivači su već ugrađeni u nove čilere [10], a isto tako i DX vazdušni hladnjaci su u primeni [9, Clarke]. Da bi se izbeglo pregrevanje na izlazu iz isparivača, preporučuje se ugradnja elektronskog ekspanzionog ventila koji obezbeđuje sofisticiranu regulaciju.

Od pre nekoliko godina, pločasti razmenjivači toplote (PHE) su isto tako uvođeni u amonijačne sisteme, kao isparivači i kondenzatori. Tradicionalni materijali za lemljenje nisu kompatibilni sa amonijakom. Tehnička evolucija poslednjih godina donela je nove tehnologije sa zavarenim modulima (kasete) od nerđajućeg čelika [9, Dietrich] i razmenjivače lemljene niklom. Novu tehnologiju vezivanja je patentirala kompanija "Alfa Laval", a rezultat je prvi u svetu fuzijom spajan pločasti razmenjivač toplote.

Isparivači PHE obično koriste gravitacioni sistem napajanja sa odvajanjem tečnosti (rezervoar) smešten iznad isparivača [10], koji zauzima više prostora i zahteva više rashladnog fluida. Za gravitacioni amonijačni sistem rastvorljivo ulje nije neophodno. Evaporator PHE se koristi i sa "suvom" ekspanzijom. U ovom slučaju toplotno-razmenjivačka površina je manje efikasna, no zato nema odvajanja tečnosti. Ovo rešenje zahteva elektronski ekspanzioni ventil i rastvorljivo ulje.

PHE imaju veću enegetsku efikasnost od one koju imaju dobošasti razmenjivači toplote, manji toplotni otpor i manje dimenzije. Sa druge strane, dobošasti razmenjivači toplote su jeftiniji i pogodniji za mehaničko čišćenje.



Slika 2. Konstrukcija pločastog razmenjivača toplote (PHE)

Postoji povećan interes za vazdušno hladene kondenzatore sa amonijakom gde nova tehnologija koristi galvanizovane čelične cevi sa lamelama od aluminijuma ili nerđajućeg čelika. Vazdušno hladeni kondenzatori su laki za instalaciju i održavanje, ne prave probleme sa vodom i njenim tretiranjem. Posebno je atraktivan sa gledišta bezbednosti, obično smešten na krovu, u slučaju isticanja amonijačna para se diže, zato što je lakša od vazduha. Nepovoljnosti ovih kondenzatora su visoka temperatura i visok pritisak kondenzacije, zbog čega ih je teško primeniti u oblastima sa toplom klimom. Viša temperatura kondenzacije utiče na sniženje efikasnosti sistema. Potisna temperatura (kompresora) je drugi problem. Ona je viša nego kod drugih rashladnih fluida.

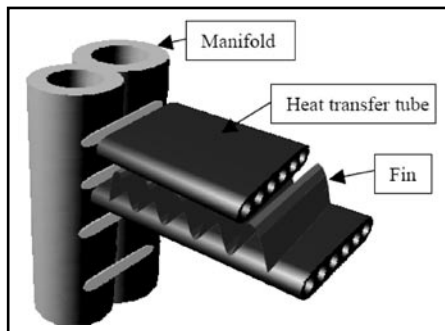
Potrebno je pravilno hladiti kompresor, posebno kod klipnih kompresora. Još nešto: amonijačni vazdušno hladeni kondenzatori su skuplji od kondenzatora sa HFC, gde se primenjuje tehnologija bakarne cevi/aluminijumske lamele.

U bližoj budućnosti, mnogo obećavaju mikrokanalni toplotni razmenjivači sa odličnim mogućnostima za amonijak i CO_2 [9, Hrnjak]. Moderna tehnologija mikrokanalne cevi se široko koristi za razmenjivače toplote u automobilskoj industriji.

Nove konstrukcije mikrokanalnih razmenjivača toplote dopuštaju mnogo manje punjenje rashladnog fluida nego konvencionalni razmenjivač toplote. Eksperimentalni čiler sa vazdušno hlađenim mikrokanalnim kondenzatorom ima punjenje 18 g/kW rashladnog kapaciteta [9, Hrnjak]. Ostali najmanji komercijalni vazdušno hlađeni amonijačni čileri imaju odnos veći od 100 g/kW. Ovo nije samo odličan način redukcije punjenja rashladnog fluida, no isto tako i drastično smanjenje veličine razmenjivača toplote do približno jedne trećine njihovih sadašnjih dimenzija. Osim toga, aluminijum je veoma pogodan za izradu ovog tipa razmenjivača toplote, i kompatibilan je sa amonijakom.

5. Novine u tehnologiji kompresora za amonijačne sisteme

Otvoreni kompresori su najčešće korišćeni u amonijačnim sistemima, da bi se izbegao problem sa bakarnim namotajima motora. Poboljšana tehnologija zaptivanja vratila može ograničiti godišnje isticanje do najviše 0,01% od punjenja rashladnog fluida [11]. Otvoreni kompresori su pogodniji za industrijske primene i manje su konkurentni u komercijalnim i klimatizacionim sistemima. Zato su trendovi na tržištu podsticali novi razvoj poluhermetičkih kompresora u amonijačnim sistemima. Danas je razvijena nova tehnologija elektromotora za amonijak, korišćenjem zaštićenih bakarnih namotaja. Isto tako, testirani su elektromotori sa aluminijumskim namotajima, no oni su manje efikasni i skuplji su.



Slika 3. Konstrukcija mikrokanalnog razmenjivača toplote



Slika 4. Poluhermetički kompresor za amonijak (GEA Grasso)

Kompanije "Mycom" i "Hitachi Air-Conditioning System" zajedno su razvile amonijačni čiler za hlađenje i klimatizaciju "mycoroll", sa hermetičkim spiralnim kompresorom (sl. 5). Pogodan je za male hladnjače, supermarkete, niskotemperaturne rashladne komore za hranu i generalno za klimatizacione primene srednjih veličina. Ovaj čiler je već plasiran u Japanu. Rashladni kapacitet kompresora je 5 kW na $-40/+35^{\circ}\text{C}$ do 35 kW na $+5/+35^{\circ}\text{C}$. U poređenju sa klipnim kompresorom, spiralni kompresor ima manju buku i manje vibracije.



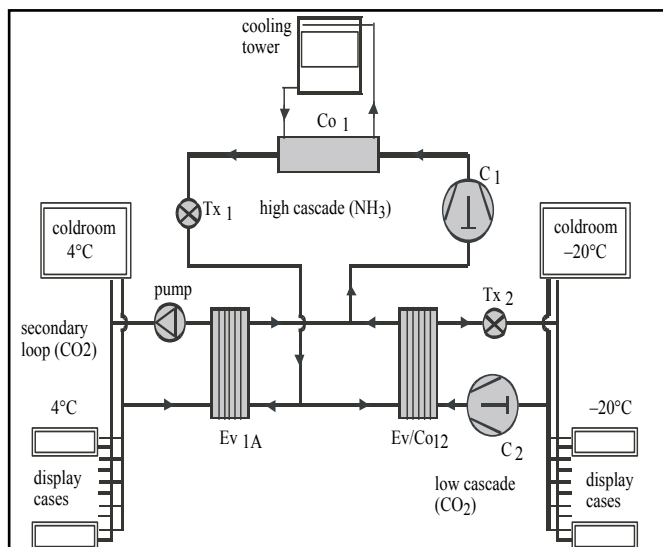
Slika 5. Amonijačna čilerska jedinica "mycoroll" sa hermetičkim spiralnim kompresorom (mycom)

fabrici, često sa punjenjem manjim od 50 kg amonijaka. Na tržištu su već čileri, tako da je poslednjih nekoliko godina u evropskim zemljama instaliran veliki broj sistema klimatizacije sa amonijakom, u komercijalnim i u javnim objektima [9, A. Pearson]. Očekuje se ogromna ekspanzija ove primene, zato što će sa povećanjem obima proizvodnje cene ovih jedinica opadati.

6. Novi koncepti amonijačnih sistema

Jedan od načina za smanjenje amonijačnog punjenja je primena sekundarnih rashladnih fluida (indirektno hlađenje). Sa njim, prisustvo amonijaka je ograničeno samo na mašinsku salu, a sekundarni fluidi cirkulišu u prostorima gde se ostvaruje hlađenje. Pored tradicionalnih sekundarnih fluida (voda, rastvor sa glikolom, kalcijum-hloridom i natrijum-hloridom) na tržištu se pojavio nov fluid: potazijum-acetat sa boljim karakteristikama za prelaz toplote. Veoma primamljivi rezultati su postignuti sa primenom CO_2 kao sekundarnim fluidom, gde su dimenzije cevi i pumpe nekoliko puta manje.

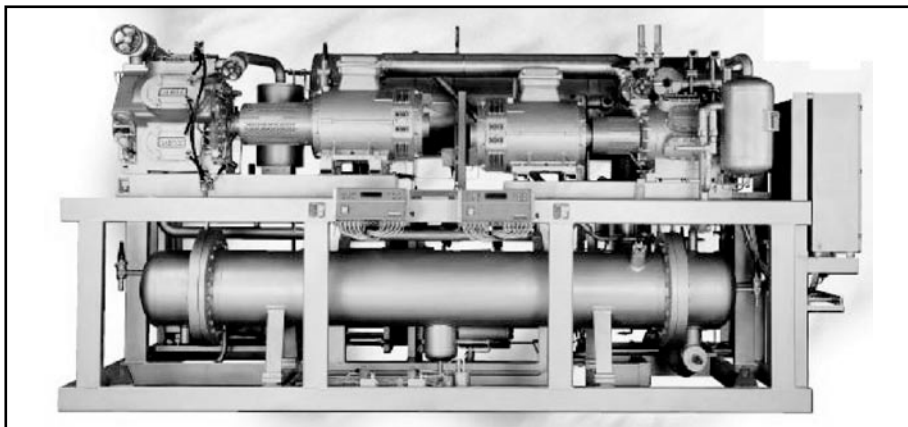
Da bi se umanjila potencijalna mesta isticanja amonijaka, ide se na novi koncept sa kompaktnim konstrukcijama rashladnih sistema, potpuno zatvorenih i testiranih u



Slika 6. Kaskadni rashladni sistem NH_3/CO_2 i indirektno hlađenje

U velikim industrijskim sistemima, gde postoji potreba za niskim temperaturama (-30 do -54°C), novi koncept je već primenjen sa kaskadnim rashladnim sistemima sa NH_3/CO_2 [12]. Tu je amonijačno punjenje isto tako ograničeno samo na mašinsku salu (gornja kaskada), a u opremi i prostorima gde ima hlađenje je CO_2 (donja kaskada), koji nije štetan.

Isto tako, kaskadni koncept će verovatno imati svoju ekspanziju u primeni u supermarketima gde fluidi HFC (i HCFC) sa velikim punjenjem za sada dominiraju i gde nastaju velika isticanja u atmosferu.



Slika 7. NH_3/CO_2 kaskadni agregat za zamrzavanje ("Sabroe")

7. Zaključci

Rashladni fluidi HFC su svrstani u grupe tretirane Protokolom iz Kjota, zato što imaju veliki potencijal globalnog zagrevanja. To je razlog za primenu prirodnih rashladnih fluida, koji su bili poznati pre više od jednog veka, kao npr. amonijak. Glavna prepreka u vezi sa primenom amonijaka je njegova toksičnost i zapaljivost u posebnim koncentracijama u vazduhu. Bezbednosna barijera može se prevazići sprovođenjem tehničkih standarda i propisa, kao i pravilnim održavanjem i obukom персонала.

Pitanje globalnog zagrevanja i bezbednosti inicirali su intenzivnija istraživanja u cilju poboljšanja bezbednosti tehnologije amonijačnog hlađenja.

Razvijene su nove tehnologije razmenjivača toplote. To je dobošasti tip sa čeličnim cevima obostrano orebrenim, sa isparivačem sa rasprskavanjem i isparivačem sa "suvom" ekspanzijom (DX). Poslednjih nekoliko godina pojavile su se nove tehnologije pločastih razmenjivača toplote (PHE) sa zavarenim modulima od nerđajućim čelikom, lemljeni niklom i novom tehnologijom spajanja fuzijom. U bližoj budućnosti očekuje se uvođenje mikrokanalnih razmenjivača toplote, uključujući vazdušno hladene kondenzatore i vazdušne hladnjake, sa odličnim mogućnostima za amonijak i aluminijum kao materijale.

Nedavno je razvijena i nova tehnologija elektromotora, korišćenjem zaštićenih bakarnih namotaja ili aluminijumskih namotaja za poluhermetički amonijačni kompresor. Najavljen je hermetički spiralni kompresor za male amonijačne rashladne sisteme, a prvi mali čileri su prodani na tržištu. DX isparivači zahtevaju rastvorljivo ulje, pa su novi tipovi ulja za kompresore već na raspolaganju.

Da bi se izbegla bezbednosna prepreka, razvijen je novi koncept amonijačnih sistema sa smanjenjem amonijačnog punjenja primenjujući indirektno hlađenje. Poslednjih nekoliko godina instaliran je veliki broj sistema klimatizacije sa amonijakom

u komercijalnim i javnim objektima. U velikim industrijskim sistemima, gde postoji potreba za niskim temperaturama (-30 do -54°C), novi koncept je već primenjen sa kaskadnim rashladnim sistemima sa NH_3/CO_2 . Ovaj koncept se primenjuje i u supermarketima.

Budućnost amonijaka kao rashladnog fluida nikada nije bila izglednija nego što je danas.

Literatura

- [1] **Pearson, F.**, *Refrigerants Past, Present and Future*, 21 International Congress of Refrigeration, Washington, 2003.
- [2] **Ciconkov, R.**, *Rashladni fluidi, stanje danas i budući razvoj*, 26. kongres o KGH, SMEITS, Beograd, 1995.
- [3] *** 2002 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee, UNEP, Nairobi, 2002.
- [4] **Lindborg, A., R. Ciconkov**, *Amonijak: prirodni rashladni fluid u budućnosti, budućnost za prirodu*, KGH, br. 2, 2001.
- [5] **Lindborg, A.**, *Ammonia Future's as a Refrigerant*, eurammon, 2006.
- [6] *** *Ammonia as a Refrigerant*, International Institute of Refrigeration, Paris, 1999.
- [7] *** *Ammonia: the Natural Refrigerant of Choice*, Green paper, IIR, downloaded 2006.
- [8] *** "eurammon", Initiative for natural refrigerants, www.eurammon.com, visited on August 2006.
- [9] *** *Proceedings "Ammonia Refrigerating Systems, Renewal and Improvement"*, Int. Conference, International Institute of Refrigeration, Ohrid, 2005.
- [10] *** Technical information and documentation of GEA Grasso, Sabroe, Mycom.
- [11] **Larminat, P.**, *Expanding the Use Of Ammonia*, ASHRAE Journal, March, 2000.
- [12] **Ciconkov, R.**, *Prirodni rashladni fluidi – Trend ka budućnosti*, 35. kongres o KGH, SMEITS, Beograd, 2004.

kgb