

Hlađenje u komercijalnim uređajima

1. Oprema

Urađena na zahtev Francuske agencije za energiju, ova studija je trebalo da sabere i predloži sve mogućnosti uštede energije za hlađenje u komercijalnim rashladnim uređajima. Podeljena je na dva dela — na deo posvećen opremi za hlađenje i deo u kome su objašnjeni vidovi uštede i pobrojani načini ostvarenja rentabilnog rada uređaja. U idućom broju »KGH« će biti objavljen drugi deo studije, čiji je podnaslov »Uštede«.

Evropski komitet konstruktora rashladne opreme definiše rashladni uređaj za maloprodaju ili rashladni komercijalni uređaj kao »uređaj namenjen izlaganju i prodaji kvarljivih proizvoda i konzerviranju na određenoj temperaturi«. Ne radi se o opremi za hlađenje, već o čuvanju.

Funkcija uređaja je, sa jedne strane, skladištenje proizvoda pod traženim uslovima (tablica 1) i, s druge strane, izlaganje proizvoda kupcima. Razlikujemo »otvoreni rashladni komercijalni uređaj: on dopušta direktan pristup proizvodima najmanje u toku radnog vremena prodavnice kupcima i prodavcima, ili bar ovima drugima; ovi uređaji mogu da sadrže i zatvoreni odeljak namenjen skladištenju«; i »zatvoreni rashladni komercijalni uređaj, koji ne dopušta prilaz proizvodima, sem podizanjem ili otvaranjem poklopca ili vrata«.

Uređaji opisani ovde mogu da se grupišu ili da budu vezani za centralni rashladni sistem.

Gondole (slika 1). Otvorene horizontalne rashladne vitrine pristupačne odozgo; imaju veliki prostor za skladištenje. Namirnice su zapakovane, ili na gomili. Gondole najčešće nisu snabdevene unutrašnjim osvetljenjem. Upotrebljavaju se na nižim temperaturama za zamrznute proizvode i sladolede i sa temperaturama iznad 0°C za mesne i suhomesnate proizvode.

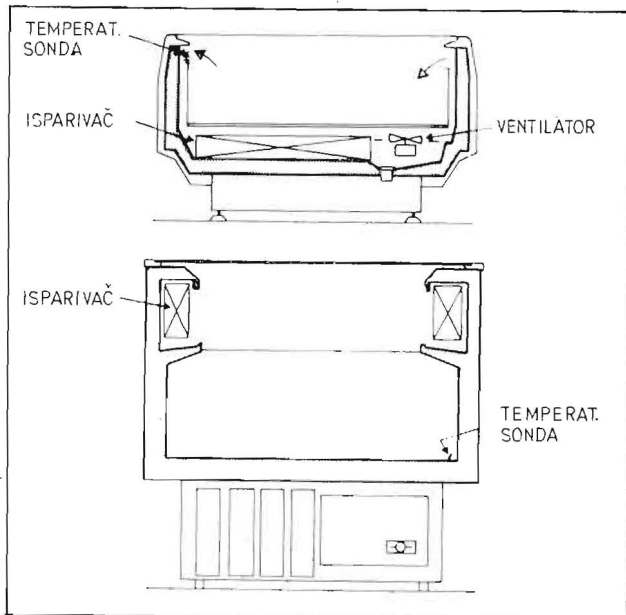
Poluotvoreni uređaji ili uređaji za delikatese (slika 2). Sastoje se od donjeg dela od bojenog lima i gornjeg dela od nagnutog stakla koje ne dozvoljava kupcima pristup direktno namirnicama. Prodavci im pristupaju sa zadnje strane, koja je otvorena. Ove vitrine funkcionišu uglavnom prirodnom konvekcijom. Smeštaj robe može da bude u jednom ili dva nivoa, sa ili bez osvetljenja.

Ovaj uređaj sadrži mesne i suhomesnate proizvode nepakovane, zatim sir za sečenje, nepakovane kolače, delikatesne proizvode. Ti proizvodi nisu izloženi dok je prodavnica zatvorena i tada su uskladišteni u donjem delu uređaja, koji najčešće sadrži zatvorene i rashlađene rezerve.

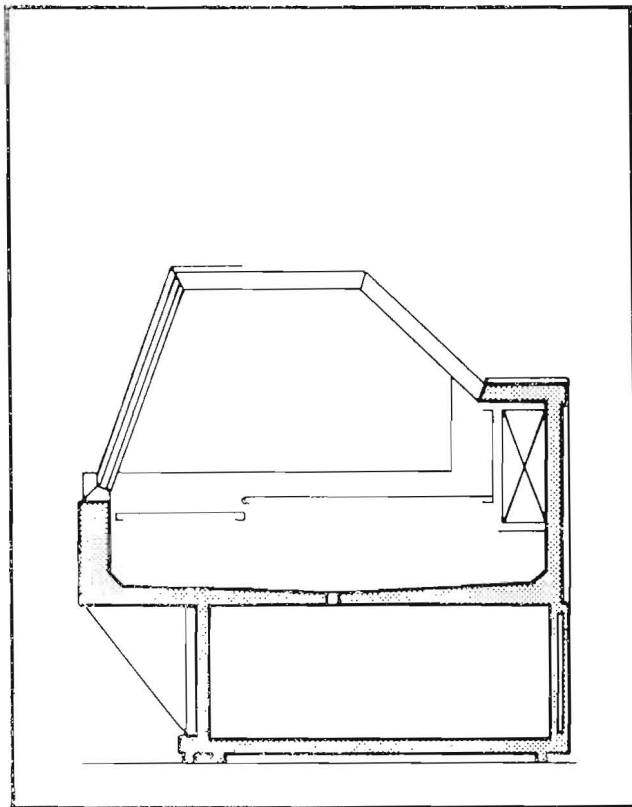
Vertikalni otvoreni uređaj sa policama (slika 3). Pristupačan спреда, sastoji se od više spratova. Funkcioniše uglavnom prinudnom konvekcijom. Jedan deo vazduha se udvava sa gornje strane uređaja, a drugi deo se rasipa po celoj površini prednjeg dela. Lakirani lim je probušen u vidu sitnih rupa. Obično su osvetljeni спреда odozgo i, ponekad, u sredini, ispod polica za robu. Uređaj je namenjen prezentaciji pakovanih mesnih i mlečnih proizvoda (buter, sir i dr.).

Ovaj uređaj je koncipiran tako da omogući brzo punjenje u ograničenom vremenu za manipulaciju. Na prvi pogled izgleda kao otvoreni vertikalni uređaj, ali nema pod i donja prednja maska se podiže ili sklapa. Tako se palete sa mlekom u tetrapaku smeštaju direktno u uređaj, omogućujući prezentaciju u celini. Gornji deo sadrži police namenjene određenim proizvodima (kao što je pavlaka). Uređaj se hladi prinudnom cirkulacijom. Isparivač je smešten u gornjem delu. Frontalno osvetljenje je u gornjem delu.

Vertikalni zatvoreni uređaj (slika 5). To su vitrine čiji je prednji deo zatvoren zastakljenim vratima. Trostruko staklo sadrži elemente za zagrevanje, čime se izbegava stvaranje magle. Vrata se zatvaraju automatski. Vitrine imaju više police, te nude veliku površinu za izlaganje kabastih



Sl. 1. Rashladne gondole ili ostrvske vitrine



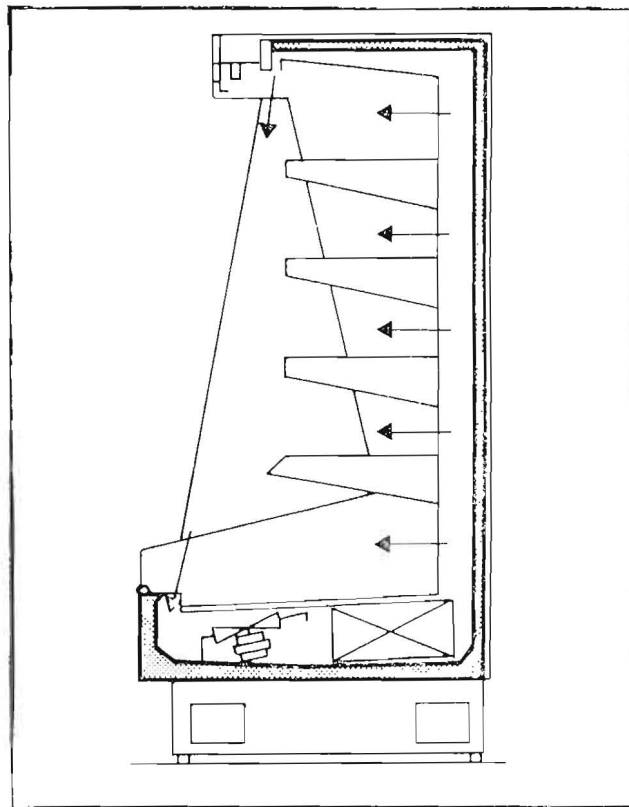
Sl. 2. Poluotvoreni rashladni uređaj

stvari na ograničenom prostoru. Generalno se upotrebljavaju za prezentaciju proizvoda zamrznutih u paralelopipednoj ambalaži, lako složivih.

Rashladne tezge (slika 6). Sastoje se od jedne kade od nerđajućeg čelika; cevne zmijsu su od bakarnih cevi kao i isparivač koji je sastavni deo kade, a hlađenje je ostvareno kondukcijom. Ovaj tip nameštaja prima izlomljeni led za izlaganje sveže neupakovane ribe. Dok je prodavnica zatvorena, namirnice su odložene u hladne komore.

Kombinovani uređaj. Kombinovani uređaj je relativno nov i još nedovoljno razvijen. Ima oblik korita nadgrađenog vitrinom sa vratima. Upotrebljen za prodaju smrznutih proizvoda, dopušta prezentaciju proizvoda u gomili u koritu i upakovanih u kutije u gornjim delovima.

Rashladne police za izlaganje voća i povrća. Po formi, približavaju se vertikalnom otvorenom



Sl. 3. Vertikalni otvoreni uređaj

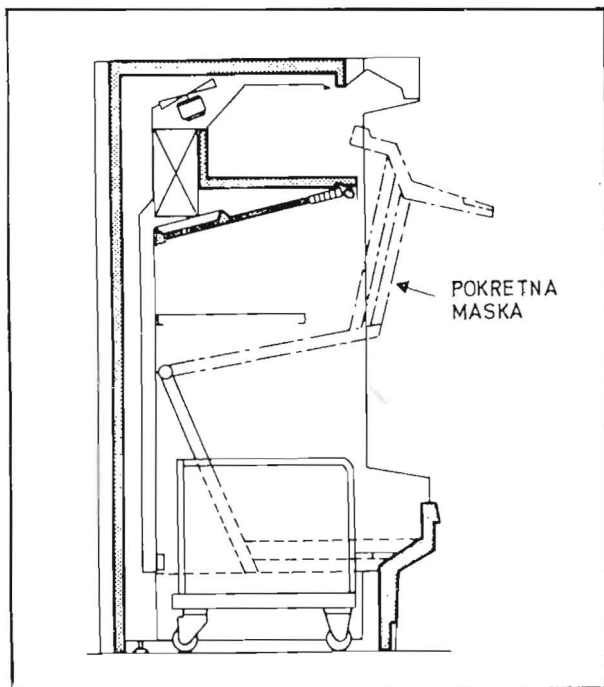
uređaju sa policama. Ne upotrebljavaju se sistematski, ali doprinose da se rejonu voća i povrća dâ atraktivni izgled, naročito ako prodavnica nije klimatizovana.

Sistemi za hlađenje

Rashladne instalacije velikih prodavnica ne upotrebljavaju praktično ništa osim rashladnih sistema sa kompresijom halogenih rashladnih fluida (R12, R22, R502). Upotreba amonijaka je trenutno zabranjena u rashladnim instalacijama velikih prodavnica, zbog sigurnosti.

Samostalni rashladni sistem u svakom rashladnom uređaju pokazuje sledeće prednosti:

- jednostavnost koncepcije: uvedena je upotreba monoblokovskih sklopova, pripremljenih i proverenih u fabrici;
- pouzdanost: budući jednostavne koncepcije, funkcionisanje je pouzdano i isticanje rashladnog fluida pogađa samo jedan sistem bez nanošenja štete drugome;



Sl. 4. Rashladni uređaj za mlečne proizvode

- brza intervencija u održavanju: u slučaju isticanja, dotični sistem se odmah identifikuje;
- praktična instalacija: uvođenje linije u prodavnicu ne dovodi do kidanja linije.

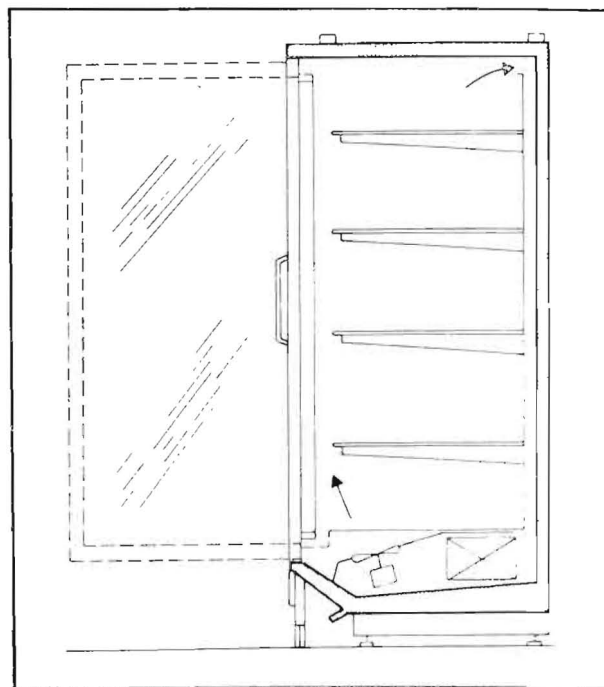
Sistem ima i važne nedostatke:

- gruba regulacija na sve ili ništa, zato što nije moguće fino opremanje svakog sistema; kad je potreba za hlađenjem manja, kompresor je u opasnosti od pregrevanja;
- potreba za strujom može biti istovremena na više mesta; stavljanje u pogon svake grupe povlači povećanje potražnje struje i potrošnja električne energije je značajnija;
- nesigurnost: zastoj jednog sistema čini neupotrebljivim ceo uređaj;
- cena instalacije raste kad se želi da se izdvoje grupe kompresora u jednoj ili više mašinskih sala: tako rastu cena gradnje, dužine cevi, električne instalacije, rada;
- praktično nema mogućnosti da se ostvari povratak toplote u oštećenom sistemu.

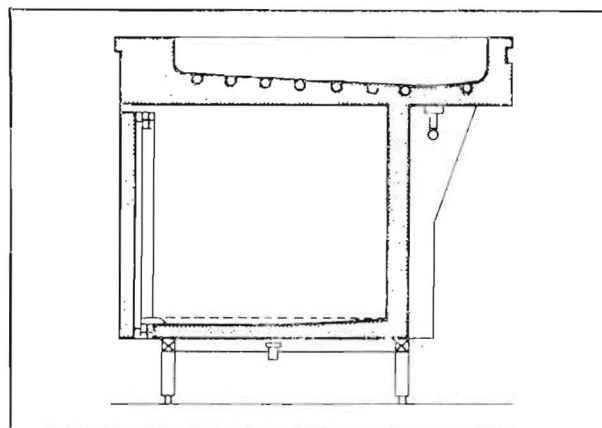
Centralizovana rashladna postrojenja

Rashladni sistem, sastavljen od identičnih kompresora (ili, bolje, od dva tipa: za niske i/ili visoke temperature), smešten je u jednoj mašinskoj sali koja sadrži tako kondenzatore i većinu elemenata za regulaciju i kontrolu (slika 7). Ovaj tip instalacija ima sledeće prednosti:

- redukciju instalisane snage, zato što u datom trenutku snaga hlađenja potrebna po ugrađenoj jedinici nije maksimalna; praktično, primenjuje se umanjeno od 1% po jedinici, a maksimalno do 20%;



Sl. 5. Rashladni vertikalni orman



Sl. 6. Rashladna tezga

- pouzdanost raste sa mogućnošću da funkcioniše i pri reduciranoj snazi u slučaju kvara jednog elementa; uskladištene namirnice mogu, dakle, da se sačuvaju;
- održavanje je jednostavnije, zbog činjenice da su mašine malobrojnije i jednake; dakle, rizik kvara je manji;
- fina regulacija je moguća zbog centralizacije sistema, ograničavajući rizik od »kratkog spoja« i velike potrošnje struje;
- moguća je rezerva snage, zahvaljujući centralizaciji, koja dozvoljava izlaženje u susret najvećim zahtevima, čak i, eventualno, dodavanje jednog novog uređaja;
- rekuperacija toplote je moguća.

Nedostaci su sledeći:

- vreme intervencije u slučaju kvara je produženo, zato što otkrivanje nije trenutno i identifikacija sistema o kome se radi može da bude otežana;
- kompresor koji se pregreva može da ugrozi ostale sisteme.

Centralizovane instalacije se najčešće sreću u velikim prodavnicama. Treba, međutim, zapaziti da u slučaju posebno velikih prodajnih površina, jedna prethodna tehničko-ekonomska studija je neophodna jer se može pokazati isplativim da se izdela centralni deo hlađenja na dve ili tri tehničke prostorije, što bi dopustilo smanjenje dužine cevi i gubitaka na cevovodima.

Podsetili smo samo na centralne instalacije, koje funkcionišu sa direktnim isparavanjem, što će reći da freon sam kruži cevima od mašinske sale do isparivača. Postoje, međutim, instalacije sa mešavinom glikola i vode, za koje su isparivači smešteni u mašinskoj sali, gde rashlađuju rastvor vode i glikola. Ovaj tip instalacije traži postavljanje jednog dodatnog izmenjivača toplote, sa manama i troškovima koje on pretpostavlja, ali u slučaju kvara sistema distribucije, čuva freon koji je relativno skup fluid. Postoje načini za otkrivanje pada nivoa rashladnog fluida u boci, kako bi se predupredili značajniji kvarovi.

Kada se pregledaju katalogi konstrukcija, može se utvrditi srednja vrednost rashladne snage po jedinici raspoložive površine za skladištenje proizvoda i korisnog prostora u funkciji potrebne temperature i klasifikacije koju smo usvojili (tabela 2). Iz tabele proizilazi značaj koji ima oblik uređaja za snagu hlađenja, uz upotrebu jednake temperature. Kriterijumi površine i zapremine su važni za prodavnicu koja želi da odredi dovoljnu zapreminu skladištenja i površinu za privlačno izlaganje u uslovima ograničenog prostora.

Energetski bilansi materijala i instalacija

Efikasnost hlađenja raste kada temperatura isparavanja raste. Ta temperatura je naravno definisana upotrebom rashladnog uređaja, ali treba paziti da se ne radi sa temperaturama nekorisno niskim. U granicama mogućeg, bolje je imati dva različita sistema — jedan za vitrine, sa temperaturom iznad 0°C, a drugi za temperature ispod 0°C, da se ne bi ugrožavala efikasnost hlađenja vitrina sa temperaturom iznad 0°C.

U granicama mogućnosti, treba, dakle, imati kondenzaciju na niskoj temperaturi i nastojati da ne raste temperatura kondenzacije pod izgovorom da rekuperacija toplote ima dobar toplotni nivo.

Prema Karnoovom principu, efikasnost hlađenja se dobija pomoću:

$$\varepsilon = \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

gde je T_0 temperatura isparavanja rashladnog fluida, u kelvinima, a T_k temperatura kondenzacije rashladnog fluida, u kelvinima.

Relativna promena efikasnosti hlađenja, kad temperatura isparavanja pada za jedan stepen, izražava se pomoću:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{T_k}{(T_k - T_0 + 1) T_0}$$

što je oko 2% promene za pad od 1° temperature isparavanja kad radi na temperaturi ispod 0°C.

Relativna promena efikasnosti hlađenja, kad temperatura kondenzacije raste za 1 stepen, izražava se pomoću:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{1}{(T_k - T_0 + 1)}$$

što je oko 1,8% promene za rast od 1 stepena kondenzacije, kad se radi o temperaturama ispod 0°C.

U stvarnosti, rashladni fluid se ne ponaša savršeno po Karnoovom ciklusu i uobičajeno je odrediti koeficijent hlađenja čija je vrednost najrealnija:

$$\text{COP}_f = \eta_m \cdot \eta_f \cdot \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

gde je:

η_m — mehanički stepen iskorišćenja motora,
 η_f — stepen iskorišćenja rashladne mašine.

To uključuje različite gubitke: nepovratni gubitak pri razmeni toplote, pad pritiska u rashladnom sistemu i zapreminsko povećanje kompresora.

Srednje vrednosti približne η_m i η_f pokazane su u tablicama 3. i 4. Ova dva stepena iskorišćavanja ne povećavaju broj svih gubitaka koji utiču na koeficijent hlađenja. Red veličina različitih degradacija koje vode do čistog koeficijenta hlađenja pokazan je na slici 8.

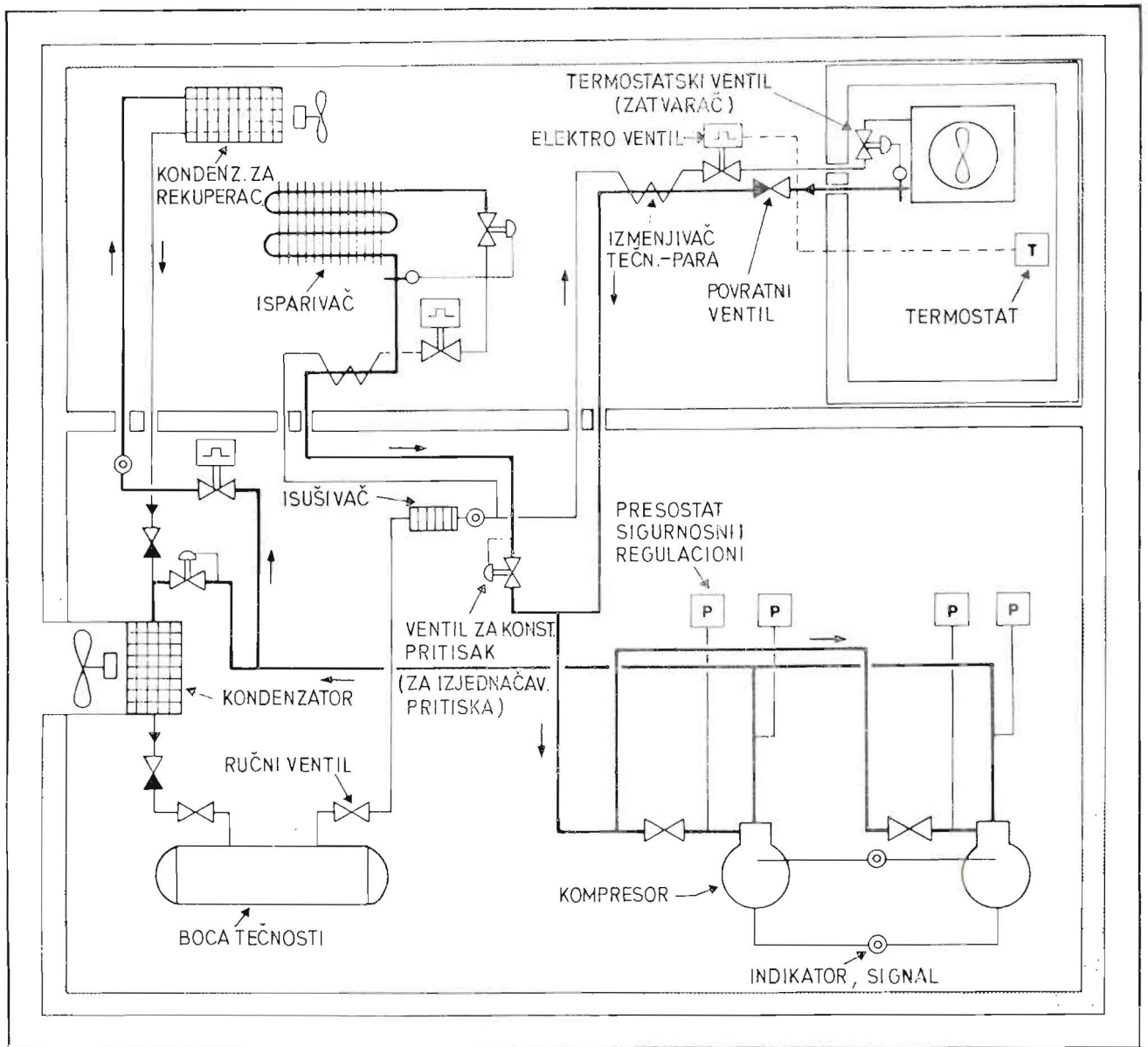
Distribucija

Rashladni fluid kruži od rashladnog postrojenja do prodajnog uređaja, sistemom cevi termički izolovanih, kod kojih postoji pad pritiska koji umanjuje performanse instalacije. Ponekad je poželjnije postaviti više mašinskih sala, kako bi se ograničio pad pritiska kao i potrošnja. Pad pritiska, koji odgovara 1 K, izaziva približno povećanje snage kompresije od 0,5%. Instalacije za razvod treba da budu dimenzionisane tako da padovi pritiska ne izazivaju prevelike gubitke: pad pritiska od 2 do 4 K je uglavnom normalan.

Rashladni gubici uređaja

Punjenje rashladnog uređaja je podvrgnuto izmeni toplote sa okolinom. Navedimo uzroke gubitka toplote, na primer, korita:

— gubitak između plafona i gornje površine punjenja;



Sl. 7. Primer rashladnog komercijalnog uređaja

- gubitak između nivoa gornjeg sloja punjenja sa okolnim vazduhom;
- gubitak kroz zidove uređaja između punjenja i okoline;
- povećanje toplote zahvaljujući antikondenzacionim površinama.

Ostali gubici dolaze sa prekidima, zahvaljujući:

- gubicima usled otapanja;
- manipulaciji proizvoda od strane kupaca i personala;
- osvetljenju smeštenom u uređaju.

Ove količine toplote treba dodati bilansu dnevne potrošnje. Potrošnja energije uzrokovana otapanjem sadrži više delova:

- potrošnju energije za sam ciklus uklanjanja inja;
- potrošnju za hlađenje i sušenje vazduha posle otapanja;

- potrošnju za ponovno hlađenje do temperature namirnica.

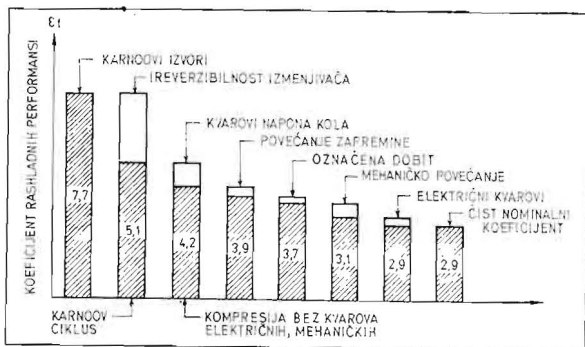
Gubici zbog manipulacije proizvodima otvorenim površinama mogu se proceniti prema učestalosti kupaca. U slučaju rashladnih ormara sa vertikalnim vratima, povećanje toplote zbog jednog otvaranja može da se odredi prema sledećem obrascu:

$$Q = [0,48 + 0,004 (T_p - T_u)] \cdot \tau \cdot \rho_p \cdot A \cdot \sqrt{h}$$

$$\sqrt{1 - \frac{\rho_p}{\rho_u} (h_p - h_u)}$$

gde je:

- T_p — temperatura okoline (prodavnice) (K),
- T_u — temperatura vazduha u uređaju (K),
- ρ_p — gustina vazduha u okolini (kg/m³),



Sl. 8. Vrednost različitih koeficijenata performansi jedne rashladne mašine

- ρ_u — gustina vazduha u uređaju (kg/m^3),
- h_p — entalpija vazduha u okolini (J/kg),
- h_u — entalpija vazduha u uređaju (J/kg),
- τ — trajanje otvaranja [s],
- A — površina vrata (m^2),
- H — visina vrata (m).

Slučaj sa osvetljenjem zaslužuje nekoliko komentara.

Instalisana rashladna snaga u jednom komercijalnom rashladnom uređaju uzima u obzir standardne norme, što će reći osvetljenje od 800 luksa (± 100) na metar iznad tla, za glavno osvetljenje. Izvor osvetljenja izloženog je često smešten u unutrašnjosti rashladnog uređaja. To mogu biti fluorescentne cevi koje imaju zaklon, da bi zaštitile od udara i imale bolju efikasnost osvetljenja. Smeštaj ovih izvora konstruktori su predvideli tako da ne oslabi rashladne karakteristike uređaja. Korisnik treba samo da postavi spot-svetla (inkandescentna), da bi se privukla pažnja kupaca na hlađenje ili zamrznute proizvode.

Upotreba i održavanje instalacija

Dobro održavanje instalacije za hlađenje prehrambenih proizvoda zahteva poštovanje uputstava za upotrebu i mera koje su precizirane.

U momentu kupovine, definisana je temperatura okoline za koju je funkcionisanje uređaja zadovoljavajuće. Treba ostvariti sledeće karakteristike: leti: klimatizovane prodavnice: $+25^\circ\text{C}$, 60% vlage; neklimatizovane prodavnice: $+30^\circ\text{C}$, 55% vlage; zimi: minimum: $+16^\circ\text{C}$, 80% vlage.

Potrošnja energije je proporcionalna temperaturi okoline, kako to pokazuje tablica 5, po mišljenju jednog konstruktora. Treba izbeći vazdušne struje, kao što su one pri otvaranju vrata ili radu ventilatora. Uređaj ne treba da bude izložen suncu, niti izvorima toplote kao što su roštilj, peći, intenzivno osvetljenje spot-svetlima i dr.

Ne treba prekidati lanac hlađenja, pa zato treba smanjiti odlaganje prenosa između dva rashladna punkta. Prehrambeni proizvodi koji se izlažu treba da se stave u vitrine dobro temperirane za čuvanje. Vitrina postoji da održava tu temperaturu, a ne da rashlađuje proizvode. Porast temperature proizvoda pre punjenja, iznad

njihove prave temperature konzerviranja prouzrokuje bržu razgradnju proizvoda i povećanje temperature u uređaju sa punjenjem koje, sa jedne strane, može da pokvari proizvode koji su već u uređaju i, s druge strane, poveća njegovu potrošnju energije, pa će duže raditi, da bi povratio celom sadržaju potrebnu temperaturu.

Proizvodi treba uvek da budu smešteni ispod ili iza linije punjenja označene na svakom uređaju. Van nje, ne mogu biti dobro ohlađeni, pa ni sačuvani. Štaviše, mogu da poremete vazдушnu zavesu, koja više ne odvaja efikasno hladni prostor od ambijenta prodavnice. To će prouzrokovati:

- povećanje potrošnje energije u uređaju,
- brže stvaranje inja,
- neudobnost kupaca u zoni smeštaja hrane,
- povećanje potreba za grejanjem u zoni prodaje.

Povremeno proveravanje nivoa temperature omogućuje otkrivanje eventualnih anomalija kao što su: loše punjenje, kondenzacija, nedovoljno osvetljenje itd.

Da bi temperatura uskladištenih proizvoda bila postignuta, važno je održati cirkulaciju vazduha sa prostorom između uskladištenih pakovanja. Treba omogućiti kretanje vazduha oko isparivača, kako se ne bi poremetila ujednačena raspodela hladnog vazduha u prostoriji.

Tabela 1. Temperature čuvanja namirnica

Konzervirane namirnice	Temperatura [$^\circ\text{C}$]
Voće i povrće	8 do 12
Sirevi	8 do 10
Mlečni proizvodi	4 do 6
Jaja	8 do 10
Proizvodi od jaja	0 do 2
Poslastice	0 do 2
Delikates	2 do 4
Meso	0 do 2
Živina	0 do 4
Kobasičarski proizvodi	0 do 5
Smrznuti proizvodi	12 do -20
Sladoledi	-22 do -23

Mašinska sala treba da bude pravilno ventilisana, da ne bi došlo do pregrevanja kompresora. Temperatura mašinske sale ne treba da bude viša od 15 K u odnosu na spoljnu temperaturu. Paziti na zvuk mašina: kompresor koji lupa i radi isprekidano, neispravan je i treba ga popravljati.

Kondenzator treba da bude održavan redovno, da bude uvek čist i u dobrom stanju. Loše održavanje kondenzatora može povećati temperaturu kondenzacije, a svaki stepen povišenja izaziva povećanje potrošnje od 1,8%.

Za kondenzatore na vodu, konstruktori definišu faktor prljanja koji karakteriše nominalno funkcionisanje kondenzatora u režimu »permanento«. Treba da se proverí, koliko je moguće, stanje izmenjivača i da se ne dopusti menjanje koeficijenta.

Tabela 2. Snaga nekoliko tipova rashladnih uređaja

	Temperatura [°C]		Snaga otapanja [W]	Ras. snaga	
	upotrebe	isparavanja		[W/m ²]	[W/m ³]
Horizontalne gondole	-23 ÷ -25	-35	2000	600	1 500
	-18 ÷ -25	-30	1800	530	1 350
	0 ÷ +2	-7	700	450	1 300
	+3 ÷ +5	-5	600	400	1 200
Poluotvoreni uređaj	0 ÷ +2	-10	650	350	2 300
	+3 ÷ +5	-7	650	300	2 000
Vertikalni otvoreni uređaj	0 ÷ +2	-10	160	500	670
	+3 ÷ +5	-7	160	300	400
	+6 ÷ +8	-5	—	300	400
Uređaj za mlečne proizvode	+6 ÷ +8	-7	—	800	1 270
	+3 ÷ +5	-10	—	930	1 480
Vertikalni zatvoreni ormani	-20 ÷ -22	-35	850	300	1 000
	-18 ÷ -20	-30	780	250	850
Ras. tezge	0 ÷ +1	-10	—	220	—

Tabela 3. Srednje vrednosti mehaničkog stepena iskorišćenja elektromotora

Snaga [kW]	Običan	Prosečan	Dobar
1	0,50	0,75	0,78
3	0,60	0,78	0,80
10	—	0,80	0,83
30	—	0,84	0,86
100	—	0,86	0,89
300	—	0,88	0,91
1 000	—	0,90	0,93

Tabela 4. Srednje vrednosti stepena iskorišćenja rashladnog ciklusa

Primarna snaga [kW]	Srednje vrednosti	Više vrednosti
1	0,57	0,62
3	0,59	0,64
10	0,61	0,66
30	0,63	0,68
100	0,65	0,70
300	0,67	0,72
1 000	0,69	0,74

Tabela 5. Koeficijent smanjenja učinka uređaja u funkciji temperature okoline i relativne vlažnosti

Temperat. uređaja [°C]	t _p = 16°C φ = 60%				t _p = 20°C φ = 60%				t _p = 25°C φ = 60%				t _p = 30°C φ = 60%			
-18	0,76				0,88				1,00				1,12			
-22	0,78				0,80								1,15			
+0/2	0,65				0,80				1,00				1,25			
+2/4	0,58				0,78								1,20			
+2/4	0,60				0,78								1,33			
+4/6	0,52				0,70				1,00				1,25			
+6/8	0,45				0,62								1,20			
+4/6	0,50				0,72								1,25			
+6/8	0,40				0,67				1,00				1,20			
+10	0,30				0,60								1,17			

Što se tiče vazdušnog kondenzatora, treba osigurati dobru cirkulaciju vazduha: čistiti ga, da bi se odstranila prašina, krupnije čestice, suvo lišće koje može da zapuši rešetke baterija, zatim paziti da se u blizini ne instalira element koji teži da poveća cirkulaciju rashladnog vazduha itd.

(Kraj u idućem broju)

(Nastavak sa 56. str.)

koznosti tečnosti. Iz dijagrama se vidi da se najviše menja stepen korisnosti pumpe zbog povećanih gubitaka energije u samoj pumpi. To za posledicu ima potrebnu veću snagu motora pumpe. Pošto se projektant ne bavi konstruisanjem pumpe, već njenim izborom, potrebno je konsultovati proizvođača pumpe za potrebne korekcije snage motora pumpe.

Zaključak

Na osnovu prethodne analize, vidi se da se davanjem etilen-glikola vodi ne snižava samo temperatura smrzavanja vode, već se i sve ostale fizičke karakteristike vode bitno menjaju. To ima za posledicu da proračuni rađeni sa fizičkim karakteristikama vode ne daju realne rezultate. Zbog toga se pri proračunu sistema sa vodenim rastvorom etilen-glikola nastali rastvor mora tretirati kao potpuno novi fluid.

LITERATURA

- [1] REKNAGEL/SPRENGER: *Grejanje i klimatizacija*, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
- [2] *** ASHRAE *Handbook of Fundamentals Product Directory*, ASHRAE New York, 1972.
- [3] ASHRAE *Handbook Product Directory, Systems*, ASHRAE, New York, 1976.
- [4] *** Carrier, *Handbook of Air Conditioning Design*, 1987.