

Hladnjača „Centroprom“ u Surčinu

Vidoje Ilić *

OPŠTI PODACI

Hladnjača je projektovana i izgrađena za potrebe preduzeća »Centroprom« iz Beograda. Objekat se sastoji iz prizemlja i podruma. Visina komora — u prizemlju 7,5 m, u podrumu 4 m. Ukupna veličina hlađenog prostora u prizemlju, ne računajući manipulativne hodnike, iznosi 5 512 m², odnosno 41 529 m³. Veličina hlađenog prostora u podrumu, takođe bez hodnika, iznosi 4 754 m², odnosno 19 000 m³.

Ukupna površina hlađenog prostora u hladnjači iznosi 10 266 m², odnosno 60 530 m³.

Manipulativni hodnici prizemlja i podruma takođe se hlade i održavaju na + 5°C.

Na režim sa temperaturom vazduha 0°C otpada 24 320 m³, na alternativni režim 0°/—25°C, 9 620 m³, na skladišta —25°C, 24 550 m³ i alternativni režim 0°/—35°C, 2 040 m³. Ovde nisu posebno izdvojeni: ledara kapaciteta 20 t/dan, skladište leda kapaciteta 60 t i tri komore za zrenje banana.

Ukupan časovni rashadni kapacitet sveden na standardni režim —10°/+ 35°C iznosi 3 200 000 kcal/h. Od toga, 980 000 kcal/h radi kao stupanj niskog pritiska za tunele; 735 000 kcal/h kao stupanj niskog pritiska za skladišta smrznute robe i ostatak od 1 470 000 kcal/h kao stupanj visokog pritiska.

Rashladna instalacija radi sa amonijakom, osim instalacije za zrenje banana, koja radi sa freonom 12. Kompresori su klipni i rade u »buster« vezi. Kondenzatori — evaporativni — na krovu mašinske sale.

KARAKTERISTIKE OBJEKTA

Konstruktivni sistem prizemlja je skeletni sa stubovima i greda-

ma od prednapregnutog betona. Svi zidovi i tavanice rashladnih komora su od prefabrikovanih poliuretana panela. Poliuretan je u sendviču od pocinkovanog lima trapezno-talasastog. Dimenzije panela su 1,76 x 8,00 m. Spoljašnji zidovi su zaštićeni još i zidom od opeke ali tako da između oba zida postoji razmak. Zid od opeke ima u podnožju i pri vrhu niz otvora pa je tako ostvareno strujanje vazduha kroz međuprostor i sušenje svih eventualno ovlaženih mesta.

Paneli u tavanici su obešeni o konstrukciju krova. Debljina izolacije svih zidova i tavanice je 16 cm, osim zidova i tavanice tunele, gde je 20 cm. Izolacija podova izvedena je sa stiropomom debljine 20 cm.

U podrumu su spoljašnji zidovi komora betonski a pregradni od opeke. Kao termo-izolacija upotrebljen je stiropor. Termički su izolovani samo spoljašnji i pregradni zidovi i na tavanici pojas širine 1,5 m, pored spoljašnjih zidova. Pod prostorija u podrumu nije izolovan.

Hladnjača je sa tri strane opasana rampom a komore prizemlja, osim vrata prema manipulativnom hodniku, imaju i vrata za direktan izlaz na rampu. Rampa je široka 6 m, i pokrivena nadstrešnicom, tako da se manipulacija robom može vršiti sa dovoljnom zaštitom od ekstremnih klimatskih uticaja.

Hodnici u prizemlju izvedeni su u dve etaže: dole su hodnici za manipulaciju, a gore tehnički hodnik predviđen za postavljanje cevovoda za amonijak i vodu, za ventilne grupe isparivača, za električni razvod, separatore tunele i kabine isparivača. Na tehničkom hodniku su predviđeni prozori i ventilacioni otvori sa rešetkama, pa je tako omogućeno

njegovo efikasno provetravanje kao i uvođenje svežeg vazduha za provetravanje komora.

Svaka komora u prizemlju ima, zavisno od veličine, jednu ili dve kabine za isparivače. Ove kabine predstavljaju celinu sa komorom. To su zapravo proširenja komora na delu tehničkog hodnika (u vidu niša). Taj prostor se inače ne bi koristio u druge svrhe.

Zidovi i tavanice kabina izvedeni su takođe od prefabrikovanih poliuretana panela istih debljina kao i kod komora. Ulaz u kabine je iz tehničkog hodnika, kroz vrata dimenzija 600 x 1000 mm. Otvor kabine prema komori odgovara veličini prednje površine isparivača i to je u stvari otvor za usisavanje vazduha iz komore. Iznad isparivača, na gornjoj kabini (vidi sl. 1), su aksijalni ventilatori na ulazu u kanal za distribuciju vazduha u komori. Naime, od kabine, duž cele komore, u svakoj komori je izveden po jedan kanal (ili dva — zavisno od veličine komore) kroz koji se ohlađen vazduh potiskuje i raspodeljuje u komori. Gornja i bočne površine kanala su rađene od poliuretana panela i nalaze se u tavanici komore, zapravo iznad nje.

Ispod kanala, na rastojanju od 70 mm od tavanice, postavljen je lim mestimičnim vešanjem i on predstavlja dno kanala. Tako su dobijeni procepi za isticanje vazduha iz kanala s obe strane, duž cele komore. Veličina ovih procepa se može regulisati, jer je dužina vešaljki promenljiva. Dimenzije preseka kanala su 2 800 x 800 mm.

U podrumski deo hladnjače ulazi se ispod rampe, s jedne strane hladnjače, niz kosu ravan kojom se nesmetano kreću vozila, pa je tako u velikom delu hladnjače izbegnuta manipulacija ro-

* Vidoje Ilić, dipl. ing., saradnik projektnog zavoda »Srbija-projekt«, Beograd, Carice Milice 1.

bom pomoću lifta. Na drugoj strani ne postoji ovakva veza sa podrumom i tamo je predviđen lift takvog kapaciteta, koji ne usporava transport.

RASHLADNA INSTALACIJA

Mašinska sala je izvedena u dve etaže. U prizemlju su kompresori i električni komandno-razvodni deo, a u podrumu celokupan cevni razvod, svi sudovi i pumpe za tečan amonijak. U prizemnom delu mašinske sale u stvari se mogu videti samo kompresori i odvajajući ulja. Na zid, iznad komandnog pulta, postavljena je velika, pregledna šema celokupne rashladne instalacije sa svetlosnom signalizacijom. Na njoj se može pratiti rad svih delova rashladne instalacije.

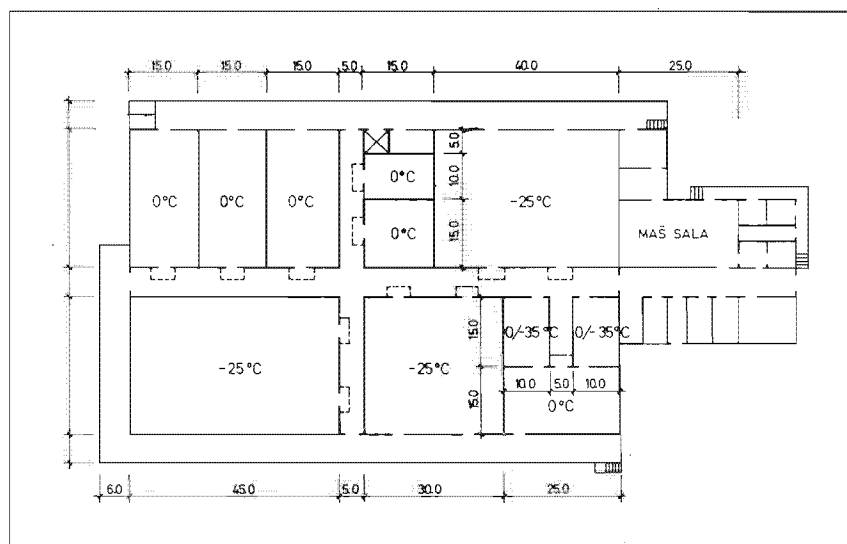
Kompresori su obeleženi slovima od A do K. Međusobne veze kompresora su izvedene tako da se većina može međusobno zamenjivati u radu. Tako, na primer, kompresor K može raditi za jedan ili drugi tunel a kompresori H i J mogu raditi kao prethodni i još na sistemu -35°C . Ovo još znači da se sva ova tri kompresora mogu međusobno zamenjivati. Na sličan način su izvedene i veze ostalih kompresora.

Kompresori su opremljeni uređajima za automatsko rasterećenje pri polasku i uređajima za ručnu i automatsku regulaciju kapaciteta.

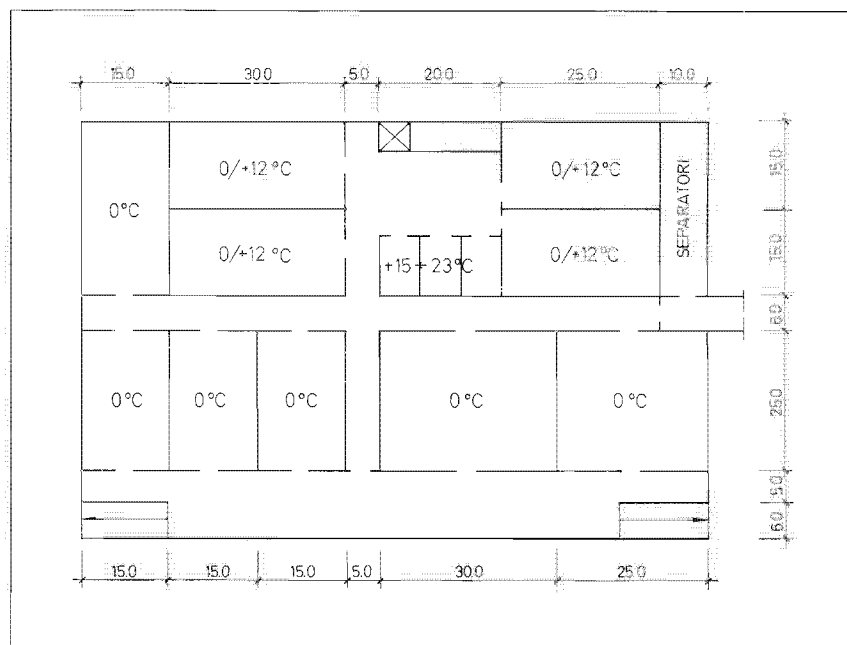
Temelji kompresora su izvedeni iz podrumskog dela kroz podnu ploču mašinske sale. Između temelja i podne ploče je ostavljen mali zazor da se vibracije kompresora pri radu ne bi prenosile na pod mašinske sale.

U podrumskom delu mašinske sale je još i centralni bazen za vodu za hlađenje kondenzatora. Pored bazena su četiri pumpe za

Osnova komore prizemlja



Osnova komore podrum

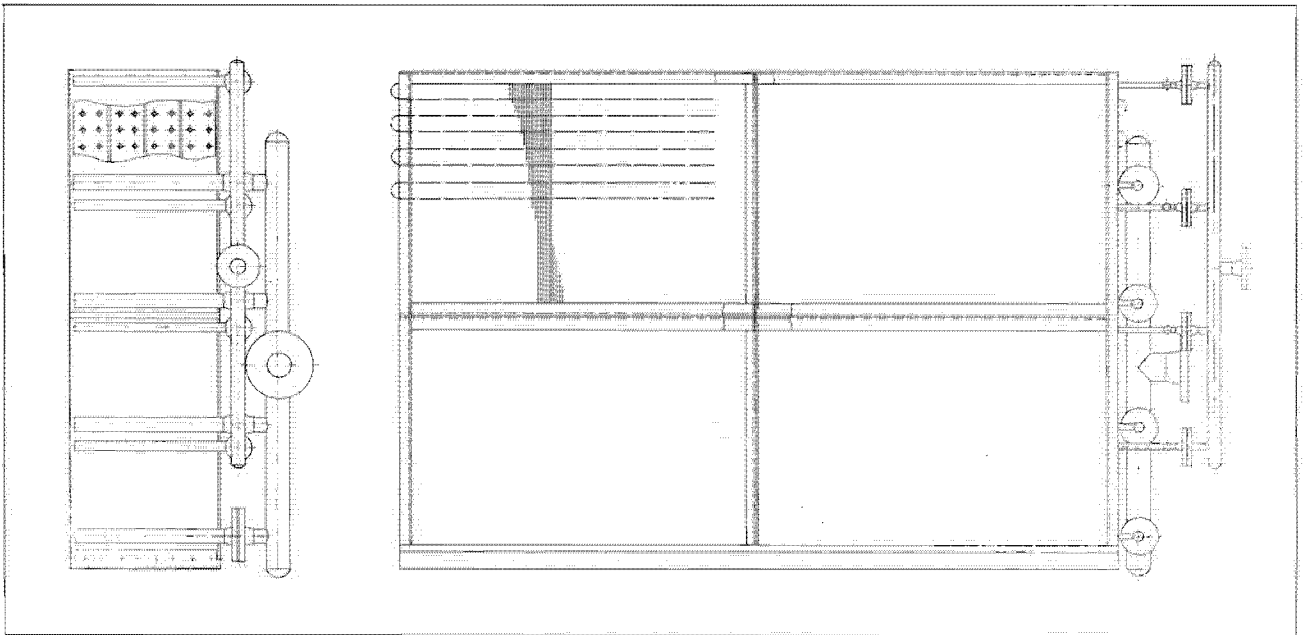


vodu i svaka radi za po jedan kondenzator, nezavisno. Posle tri godine rada, sa cevi kondenzatora je trebalo ukloniti kamenac, čija je debljina naslage blizu 30 mm. Prilikom ove intervencije pokazalo se da je veoma prakti-

čno imati kondenzator sa demontažnom limenom oplatom i da korak cevi treba da bude nešto veći. Osnovno iskustvo: vodu treba obavezno omekšavati.

Svi isparivači, sem tunnelskih, rađeni su u dve veličine: jedinice

Isparivač za komore prizemlja



sa rashladnom površinom od 400 m² i 600 m² (nominalno) u prizemlju i jedinice od 140 m² i 180 m² za komore u podrumu.

Vazdušni hladnjaci za podrum-ske prostorije su standardne proizvodnje, sa izduvnim lulama u koje su ugrađeni električni grejači.

Isparivači prizemlja su rađeni bez limene oplata. Ulogu limene oplata igraju zidovi kabina. Svaki od ovih isparivača je sastavljen od dve baterije postavljene jedna na drugu. Baterije su u zajedničkom ramu od čeličnih profila i čine celinu. Rađeni su od cevi prečnika 25 x 2,6 mm, orebrenih čeličnih trakama, širene 80 mm ili 160 mm, debljine 0,63 mm. Korak orebravanja je 10 i 15 mm. Isparivači za režim sa temperaturom vazduha -25°C imaju sa strane ulaza vazduha dva reda cevi sa korakom orebravanja 15 mm, dok su ostali 10 mm (razlog za ovo je produžavanje vremenskog razmaka između ota-

panja). Cevi su u koridornom rasporedu. Svi isparivači imaju istu dužinu i visinu orebrenog dela cevi (3000 x 1910 mm). Razlikuju se samo po debljini, jer su rađeni sa 5, 6, 7 i 8 redova cevi, tj. izvedeni su u debljinama 424, 504, 586 i 666 mm. Svi isparivači imaju kade istih dimenzija. Istim gabaritnim merama isparivača, omogućena je gradnja kabina jednake veličine.

S obzirom na broj tokova u jednom redu, svaki isparivač je sastavljen od četiri sekcije po visini, tj. ima četiri potisna i četiri usisna kolektora (vidi sl. 2). Ove kolektore spajaju dva vertikalna kolektora — jedan za potis i jedan za usis — sa priključcima na sredini. Iz potisnog vertikalnog kolektora, tečan amonijak se uvodi u poslednji horizontalni kolektor (pri dnu isparivača) kroz blendu sa otvorom 4,5 mm. Na ovaj način je obezbeđena ravnomerna raspodela tečnog amonijaka.

Automatiku ugrađenu u rashladnu instalaciju proizvela je firma »Danfoss«.

Svaka ventilska grupa isparivača prizemlja, osim zaustavnih ventila ima još jednosmerni i ručni — regulacioni ventil na potisu a glavni ventil tipa PHL na usisu. Glavni ventil je upravljn pilotom — magnetno solenoidnim ventilom tipa EVJA-3. Ventil PHL je normalno otvoren u radu.

Kad se, na intervenciju sobnog termostata, pilot otvori, topla amonijačna para iz potisa kompresora dobije prolaz ka glavnom ventilu i zatvara ga. U periodu mirovanja rashladne instalacije, kad pritisak u isparivaču naraste, glavni ventil se automatski otvara pa služi i kao sigurnosni organ.

Ventilske grupe podrumskih hladnjaka sadrže po jedan magnetno-solenoidni ventil za potisu i usisnu stranu.

Izuzev komora za zrenje banana, u podrumu su dva režima — 0°C, gde se u cilju regulacije vla-

ge interveniše grejačima posredstvom higrostata koji ih uključuju i isključuju i $+12^{\circ}\text{C} \div +14^{\circ}\text{C}$, gde su predviđeni i parni ovlaživači. Ove komore imaju po dva higrostata (za grejače odnosno ovlaživače) i dva termostata (za grejače i vazdušne hladnjake). Prema tome, ceo podrumski prostor je osposobljen za raznovrsnu namenu s obzirom na ovakvu mogućnost podešavanja i kontrole uslova skladištenja.

Sve komore u hladnjači su opremljene za daljinsko merenje i registrovanje temperature, kao i daljinsko registrovanje relativne vlažnosti vazduha.

Isparivači se otapaju pomoću tople amonijačne pare iz potisa kompresora, posle čega se koristi voda za spiranjeinja i komada leda.

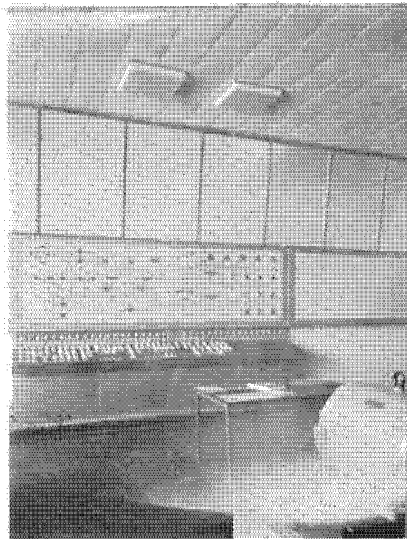
Provetravanje komora u hladnjači vrši se sistemom kanala za provetravanje, pri čemu, za komore prizemlja, tehnički hodnik služi kao kanal za dovođenje svežeg vazduha.

Rad celokupne rashladne instalacije je potpuno automatski pri čemu je, razume se, moguće i ručno upravljanje.

Kompresori su zaštićeni od prekomerno visokog i niskog pritiska, od poremećaja u sistemu za podmazivanje, od prestanka protoka vode za hlađenje glava kompresora, od preterano visoke temperature na potisu i od preopterećenja elektromotora.

Proces automatske regulacije je zasnovan na principu uspostavljanja ravnotežnog stanja između kapaciteta kompresora i temperature zasićenja u odvajaju (separatoru). Temperaturu u odvajaju kontroliše jedan regulacioni presostat niskog pritiska. Za odvajaju sistema sa $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$, mogu se usvojiti granice od, recimo, -9°C i -13°C u kojima će se odvijati rad. Kad se pusti (pomoću termostata) neka od komo-

Komandni pult



ra ovog sistema u rad, uključuje se prvi odgovarajući kompresor u rad u rasterećenom stanju, a tek pošto dobije određen broj obrtaja, uključuje se u rad 33% njegovog kapaciteta. Ako je u odvajaju temperatura iznad -9°C (recimo -7°C), regulacioni presostat daje signal pojačivačkom sistemu koji uključuje u određenom vremenskom razmaku po dobijanju signala, još 33% kapaciteta, tako da je ukupno uključeno 66%. Ukoliko ovaj kapacitet nije dovoljan da snižava temperaturu ka vrednosti -10°C , uključuju se dalji stupnjevi istog pa zatim narednog kompresora.

Kad temperatura počne da opada ispod -10°C , isključuju se obrnutim redom pojedini stupnjevi odnosno kompresori, bez vremenskog odlaganja.

I pri ručnoj i pri automatskoj regulaciji kapaciteta, uključen je sistem za automatsku zaštitu kompresora. Pri reagovanju makog od ovih uređaja, uključuje se signalno zvono a na komandnom pultu se pali signalna svetiljka koja tačno pokazuje koji element je isključio.

Automatsku regulaciju rada kondenzatora po potrebi obezbeđuje poseban uređaj, koji po utvrđenom redosledu, zavisno od potisnog pritiska, uključuje ili isključuje pojedine elemente kondenzatora.

OSTALE KARAKTERISTIKE

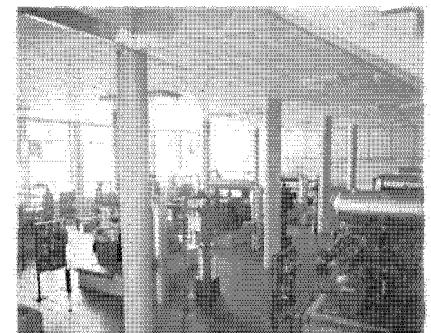
U komorama prizemlja se može potpuno kontrolisati temperatursko polje diferencijalnim termostatima koji uključuju ventilatore u periodu kad hladnjaci ne rade. Merenja su pokazala da su najveće razlike temperatura u raznim tačkama komore bila u granicama do $0,8^{\circ}\text{C}$.

Pošto se veličina procepa kroz koje ističe vazduh iz kanala može regulisati, može se uticati na raspodelu vazduha podešavanjem isticanja a samim tim se može kontrolisati i strujno polje u komorama.

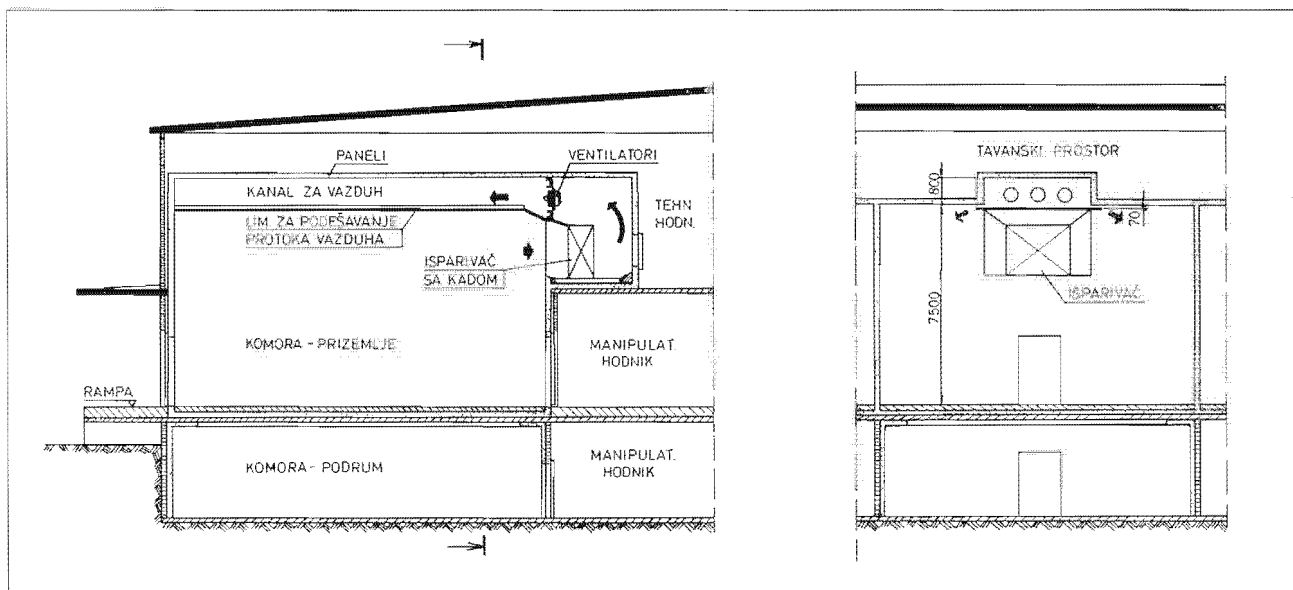
Veličina isparivača je takva da kod komora sa temperaturom vazduha 0°C , na svaki m^3 zapremine komore dolazi prosečno $0,236 \text{ m}^2$ rashladne površine isparivača, a za komore sa režimom -25°C , prosečno $0,128 \text{ m}^2$ na svaki m^3 zapremine.

Ovakve površine u odnosu na veličinu komore obezbeđuju razliku između temperature vazduha na ulazu u isparivač i temperature isparavanja u granicama

Mašinska sala



Vertikalni presek kroz komoru prizemlja



8°—11°C, što ima za posledicu održavanje relativne vlažnosti vazduha od 85% do 95%. Samim tim je uveliko neutralisano dejstvo strujanja vazduha na kaliranjne robe.

Komore prizemlja su prostrane — zapremine se kreću od 1000 m³ kod najmanje, do blizu 10 000 m³ kod najveće. Kod ovako velikih zapremina, otvaranje vrata prema rampi se znatno manje oseti i broj izmena vazduha ne može osetno uticati na uskladištenu robu.

Skladišni kapacitet najveće komore je 3000 tona, što predstavlja opterećenje računato na bruto površinu poda od 2350 kp/m². Ako se uzmu u obzir prolazi, međuprostori i prazne zone pored zidova, opterećenje svakog m² poda može se računati da iznosi 2700 ÷ 2750 kp/m². Kod ostalih komora prizemlja, opterećenje poda takođe se kreće oko 2700 kp/m².

Kod komora u podrumu, na svaki m² bruto površine poda, opterećenje iznosi 1 t ili, svedeno

na neto površinu: 1,2 t/m². Ovde se vidi očigledna prednost komora sa većom visinom: povećanje bruto visine za 87,5% ima za posledicu povećanje opterećenja neto površine poda za 125%, u ovom slučaju.

Količine vazduha su određivane u okviru uobičajenih vrednosti (g vazduha/kg robe) odnosno sa brojem izmena 22 do 33 za komore sa režimom 0°C; 13,5 ÷ 15,5 za komore sa režimom —25°C, 200 za tunele. Ovakve količine rezultiraju u brzini kroz isparivače između 4,5 m/s i 6,5 m/s.

Komore su inače potpuno zapativene, što omogućuje ovakva vrsta izvođenja termičke izolacije. Svaka se komora može koristiti za rad sa kontrolisanom atmosferom, bez opasnosti od rušenja izolacije pri smanjenju pritiska — što se inače dešavalo sa izolacijom druge vrste.

Spojevi panela su zatvarani sa obe strane i šupljine punjene poliuretanom — ubrizgavanjem na više mesta. Posle montaže su vr-

šena komplikovana ispitivanja, ali se pokazalo da je najpouzdanija kontrola u hlađenju komore do temperature ispod 0°C, pri čemu se na svim mestima gde postoji šupljina uhvati inje. Ta mesta treba obeležiti i posle toga ubrizgati poliuretan.

Inače, ova vrsta izolacije ne samo da omogućuje daleko kraće vreme gradnje objekta, već je i veoma praktična za održavanje čistoće; zatim, ne postoji nikakva opasnost od upijanja mirisa robe. Nije potrebno nikakvo održavanje, pa čak ni bojenje unutrašnjih površina zidova komora. Veoma lako se izvode kanali za vazduh, ispod kojih se može postaviti osvetljenje. Ne postoji infiltracija vazduha kroz zidove i nije potrebna parna niti gasna barijera, pošto paneli već predstavljaju pregrade nepropustljive za gas, te se u komorama može veoma lako kontrolisati procenat CO₂ i vode u vazduhu. Ne postoje toplotni mostovi i nema opasnosti od vlaženja jer zidovi ne upijaju vlagu.