



Šaldymo sistemos ir baldai, įranga parduotuvėms, vėdinimas-kondicionavimas, profesionali virtuvės įranga. Projektavimas, gamyba, tiekimas, instaliavimas, techninis aptarnavimas.

Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos veikimo aprašas ir šilumos pritekėjimų skaičiavimas

Turinys

1.	Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos aprašas	3
1.1.	Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos veikimo principas	3
1.2.	Dvi šaldymo sistemos dalys	4
1.3.	Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos standartinis ciklas	4
1.4.	Suspaudimo (sustūmimo) procesas	6
1.5.	Suspaudimo šiluma	6
1.6.	Kondensacijos temperatūra	7
1.7.	Kondensacijos slėgis	7
1.8.	Šaldymo sistemos našumas (galingumas)	8
1.9.	Šaldymo agento masės suvartojimas	8
1.10.	Tūrinis garų suvartojimas	9
1.11.	Kompresoriaus našumas (galingumas)	9
1.12.	Garintuvai	10
1.12.1.	Garintuvo našumas (galingumas)	10
1.13.	Teorinis šaldymo našumas	11
1.14.	Realus šaldymo našumas	11
1.15.	Termoreguliaciniai vožtuvai	12
1.16.	Siurbimo vamzdžio konstrukcija (šalto garo linija)	13
1.17.	Suspaudimo vamzdžio konstrukcija (karšto garo linija)	15
1.18.	Skysčio vamzdžio konstrukcija (skysčio linija)	17
2.	Šilumos pritekėjimų skaičiavimas šaldymo kamerai	18

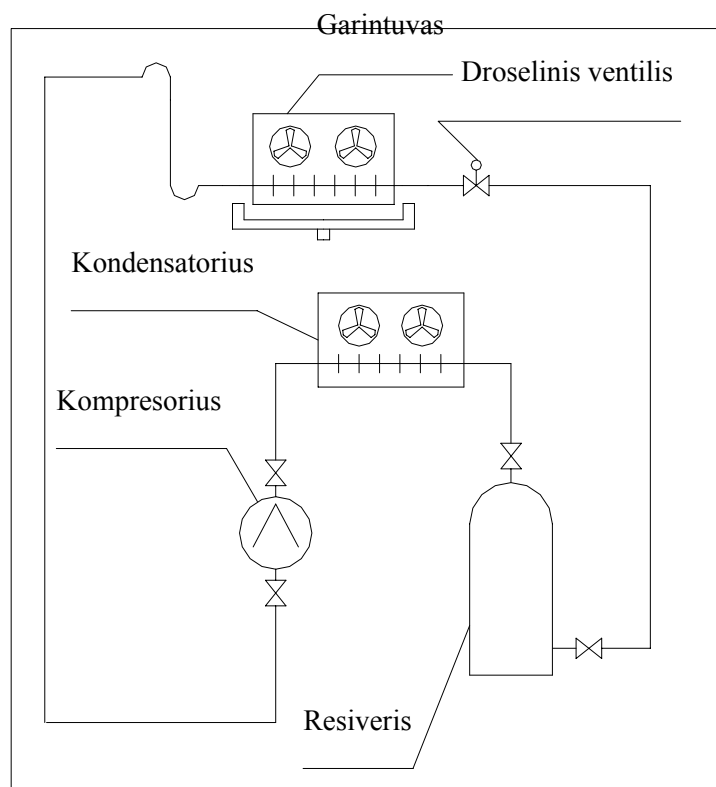
Paveikslukai

1.1 pav.	Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos principinė schema	3
1.2 pav.	Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos ciklas	5
1.3 pav.	Siurbimo vamzdžio išdėstymas	14
1.4 pav.	Siurbimo vamzdžio išdėstymas	15

1. Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos aprašas

1.1. Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos veikimo principas

Paprasčiausia tiesioginio išgarinimo šaldymo sistema schema pateikta 1.1 paveikslėlyje. Vienas iš pagrindinių sistemos mazgų yra garintuvas su šaltį perduodančiu paviršiumi, per kurį šaldymo agentas sugeria šilumą iš aušinamos erdvės arba produkto, todėl jis užverda. Siurbimo vamzdžiu žemo slėgio garai patenka iš garintuvo į kompresoriaus siurbimo atvamzdį. Kompresorius atsiurbia garus iš garintuvo ir juos suspaudžia, garų temperatūra ir slėgis pakyla iki tokio lygio, kad jie gali kondensuotis veikiant aušinimo terpei. Karšto garo linijos arba suspaudimo (sustūmimo) vamzdžiu, aukštos temperatūros ir slėgio garai susispaudžia kompresoriaus veikiami ir patenka į kondensatorių. Per kondensatoriaus paviršių karštų šaldymo agento garų šiluma patenka į aušinimo terpę ir garai susispaudžia. Resiveriu, kuriame yra skystas šaldymo agentas, skystis nenutrūkstamai tiekiamas į garintuvą, atsižvelgiant į poreikį. Per skysčio linijos vamzdį skystas šaldymo agentas patenka iš resiverio į šaldymo agento suvartojimo (droselinį) reguliatorių. Šaldymo agento suvartojimo reguliatorius dozuoja atitinkamą šaldymo agento kiekį, patenkantį į garintuvą, ir sumažina jo virimo slėgį, esant reikalaujamai žemai temperatūrai.



1.1 pav. Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos principinė schema

Kaip paprastai kompresorius ir resiveris sumontuoti su rankiniais uždarymo vožtuvais, naudojamais eksploatacijos metu.

1.2. Dvi šaldymo sistemos dalys

Šaldymo sistemą sąlyginai galima padalyti į dvi dalis, kuriose šaldymo agento slėgis yra skirtingas. Sistemos žemo slėgio dalyje yra šaldymo agento suvartojimo (droselinis) reguliatorius, garintuvas ir siurbimo vamzdis. Šiuose mazguose šaldymo agento slėgis yra toks žemas, kad jam esant šaldymo agentas dega garintuve. Šis slėgis vadinamas įvairiai: slėgis siurbimo pusėje, slėgis garintuve, siurbimo slėgis. Jis, paprastai, matuojamas aptarnavimo metu, įmontuojant manometrą ant kompresoriaus siurbimo vožtuvo manometriniu štucerio.

Sistemos aukšto slėgio dalis, arba suspaudimo dalis, susideda iš kompresoriaus, suspaudimo, arba karšto garo linijos vamzdžio, kondensatoriaus, resiverio ir skysčio linijos vamzdžio. Šioje sistemos dalyje slėgis, kuriam esant kondensatoriuje vyksta šaldymo agento kondensacija, yra aukštas. Šis slėgis vadinamas suspaudimo slėgiu arba kondensacijos slėgiu.

Sistemos aukšto ir žemo slėgio pusių padalinimo taškai yra šaldymo agento suvartojimo (droselinis) reguliatorius, kur šaldymo agento slėgis sumažėja nuo kondensavimo slėgio iki virimo slėgio, ir kompresoriaus suspaudimo kanalai, per kuriuos praeina garai po jų suspaudimo cilindruose.

Negalima maišyti kompresoriaus siurbimo ir suspaudimo vožtuvų su siurbimo ir suspaudimo sklendėmis. Stūmoklinio kompresoriaus siurbimo ir suspaudimo vožtuvai atlieka tas pačias funkcijas, kaip ir automobilio variklio įleidimo ir išleidimo vožtuvai, ir turi didžiausią reikšmę kompresoriaus darbui. Siurbimo ir suspaudimo sklendės naudojamos tik paslaugų operacijai palengvinti.

Atkreipkite dėmesį į tai, kad nors kompresorius priklauso sistemos aukšto slėgio daliai, slėgis jo karteryje yra žemas. Šaldymo agento slėgis cilindre kinta suspaudimo proceso metu.

1.3. Tiesioginio išgarinimo šaldymo sistemos standartinis ciklas

Garų kompresijos šaldymo mašinos standartinis ciklas pavaizduotas 1.2 paveikslėlyje. Aukštos temperatūros ir slėgio skystas šaldymo agentas per skysčių vamzdelį patenka iš resiverio į šaldymo agento suvartojimo reguliatorių. Skysčio slėgis mažėja, jam praeinant per suvartojimo reguliatorių iki slėgio garintuve. To rezultatas - šaldymo agento prisotinimo temperatūra garintuve yra žemesnė už aušinamos erdvės temperatūrą. Toliau bus pavaizduota, kad dalis skysčio išgaruoja, kai jis prateka per suvartojimo reguliatorių, o liekančio skysčio temperatūra sumažėja iki virimo temperatūros.

perkaitintas garas ($t = -61,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 0,961\text{ MPa}$), E – prisotintas garas ($t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 0,961\text{ MPa}$), E – skysčio – garo mišinys ($t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 0,961\text{ MPa}$).

1.4. Suspaudimo (sustūmimo) procesas

Šiuolaikiniuose greito veikimo kompresoriuose suspaudimas (sustūmimas) vykdomas labai greitai. Garai kontaktuoja su kompresoriaus cilindru labai trumpą laiko tarpą. Vidutinis temperatūrų skirtumas tarp šaldymo agento garų ir cilindro sienelės yra santykinai nedidelis. Dėl to šilumos srovė į šaldymo agentą siurbimo metu yra nežymi. Todėl garų suspaudimas šaldymo kompresoriuje paprastai vyksta adiabatiškai.

Prisiminkim, kad bet kokiame adiabatiniame suspaudimo procese dujų vidinė energija padidėja dydžiu, lygiu darbo kiekiui, atliekamam suspaudimo metu. Vadinasi, kai šaldymo agento garai susispaudžia šaldymo kompresoriuje adiabatiškai, garų temperatūra ir entalpija padidėja proporcingai atliekamo darbo kiekiui. Kuo didesnis suspaudimo darbas, tuo žymesnis temperatūros ir entalpijos padidėjimas.

Energetinis suspaudimo proceso metu atlikto darbo ekvivalentas yra vadinamas suspaudimo šiluma. Žemiau bus užsiminta, kad teorinį kompresoriaus galingumą galima nustatyti žinant suspaudimo šilumos vertę.

1.5. Suspaudimo šiluma

Nereikėtų maišyti suspaudžiamų garų temperatūros ir kondensacijos temperatūros. Suspaudimo temperatūra – tai temperatūra, kuriai esant vyksta garų suspaudimas kondensatoriuje, ir tuo pačiu metu – tai garų prisotinimo temperatūra, atitinkanti slėgį kondensatoriuje.

Suspaudimo proceso prigimtis kompresoriuje yra tokia, kad iš kompresoriaus stumiamų garų temperatūra visada yra aukštesnė už prisotinimo temperatūrą, atitinkančią garų slėgį, tai reiškia, kad stumiami iš kompresoriaus garai visuomet yra perkaitintos būsenos. Garai ataušta iki prisotinimo temperatūros (kondensacijos) pratekėdami per suspaudimo liniją ir viršutinę kondensatoriaus dalį, o tolimesnis šilumos nutekėjimas nuo garų iššaukia jų kondensaciją esant prisotinimo temperatūrai, atitinkančiai slėgį kondensatoriuje.

1.6. Kondensacijos temperatūra

Nenutrūkstamam šaldymo procesui užtikrinti šaldymo agento garai turi kondensuotis kondensatoriuje tokiu pat intensyvumu, koku skystas aušinimo agentas garuoja garintuve. Vadinasi šiluma iš sistemos per kondensatorių turi išeiti tokiu intensyvumu, koku ji patenka į sistemą per garintuvą ir siurbimo vamzdį bei suspaudimo darbo kompresoriuje. Akivaizdu, kad bet koks virimo intensyvumo padidinimas sąlygoja šilumos perdavimo kondensatoriuje intensyvumo padidėjimą.

Šaldymo agento garų šilumos perdavimo aušinimo terpei per kondensatoriaus sienelės intensyvumas yra trijų faktorių funkcija: kondensatoriaus paviršiaus ploto; kondensatoriaus šilumos perdavimo koeficiento; skirtumo tarp šaldymo agento temperatūros ir aušinimo terpės temperatūros. Kiekvienas kondensatorius turi tam tikrą paviršiaus plotą ir šilumos perdavimo koeficientą. Todėl šilumos nutekėjimas per kondensatoriaus sienelės priklauso tik nuo šaldymo agento garų ir aušinimo terpės temperatūrų skirtumo.

Kondensacijos temperatūra visada yra lygi aušinimo terpės temperatūrai plus skirtumui tarp besikondensuojančio šaldymo agento temperatūros ir aušinimo terpės temperatūros. Iš to seka, kad kondensacijos temperatūra keičiasi proporcingai aušinimo terpės ir šilumos perdavimo kondensatoriuje intensyvumo pokyčiui.

1.7. Kondensacijos slėgis

Kondensacijos slėgis visuomet yra prisotinimo slėgis, atitinkantis šaldymo agento kondensatoriuje garų ir skysčio mišinio temperatūrai.

Kai kompresorius neveikia, šaldymo agento temperatūra kondensatoriuje yra lygi supančios aplinkos temperatūrai, o atitinkamas prisotinimo slėgis santykinai bus žemas. Paleidžiant kompresorių, garai perpumpuojami į kondensatorių, bet jie nesikondensuoja, kadangi nėra skirtumo tarp šaldymo agento ir aušinimo terpės temperatūrų, o taip pat ir šilumos perdavimo tarp jų. Vertinant pagal droselinį šaldymo agento suvartojimo regulatoriaus veikimą, kondensatorių galima vertinti, kaip uždarytą indą, o ir toliau paduodant garus į kondensatorių, slėgis jame pakyla iki tokio taško, kuriam esant garų prisotinimo temperatūra tampa pakankamai aukšta, kad susidarytų reikalingas temperatūrų ir šilumos perdavimo tarp šaldymo agento ir aušinimo terpės skirtumas. Pasiekus reikalingą šilumos perdavimo intensyvumą, garai kondensuojasi tokiu pačiu greičiu, koku jie persipumpuoja į kondensatorių. To pasekoje slėgis kondensatoriuje stabilizuojasi ir lieka daugiau ar mažiau pastovus viso ciklo metu.

1.8. Šaldymo sistemos našumas (galingumas)

Bet kokio šaldymo įrengimo našumas – tai šilumos nukreipimo (nutekėjimo) iš šaldomos erdvės intensyvumas. Paprastai jis išreiškiamas kilodžauliais per sekundę arba kilovatais.

Atkreipkite dėmesį, kad šaldymo pajėgumas – iš tiesų yra energijos šilumos forma perdavimo intensyvumas.

Šaldymo mašinos našumas, t.y. šilumos nukreipimo iš šaldomos erdvės intensyvumas, priklauso nuo cirkuliuojamo aušinimo agento masės per laiko vienetą ir nominalaus šaldymo pajėgumo cirkuliuojančios masės vieneto. Našumas išreiškiamas sekančia lygybe [3]:

$$Q_0 = m q_0, \quad (1)$$

čia Q_0 – šaldymo galia, kJ/s arba kW,

m – aušinimo agento masės suvartojimas kg/s,

q_0 – nominali šaldymo galia (entalpijų skirtumas) kJ/kg.

Pavyzdys: šaldymo įrengimas dirba esant – 5 °C virimo temperatūrai ir 30 °C skysčio temperatūrai priešais šaldymo agento suvartojimo reguliatorių. Reikia nustatyti mašinos šaldymo galingumą, jei sistemoje cirkuliuoja R12 (šaldymo agento tipas) 0.3 kg/s intensyvumu ir nominalus šaldymo pajėgumas yra lygus 120,78 kJ/kg. Sprendimas: šaldymo pajėgumas bus lygus $Q_0 = 0,3 \text{ kg/s} \times 120,78 \text{ kJ/kg} = 36,234 \text{ kJ/s (kW)}$.

1.9. Šaldymo agento masės suvartojimas

Šaldymo agento masės suvartojimas bet kokiose darbo sąlygose nustatomas šaldymo pajėgumo (našumo) santykiu su vardiniu šaldymo pajėgumu (našumu) 1 kg šaldymo agento.

Pavyzdys: įrengimas veikia su šaldymo agentu R12 10 kW pajėgumu (našumu) esant – 10 °C virimo temperatūrai ir 40°C kondensacijos temperatūrai. Skystas šaldymo agentas nepersišaldo, o jo temperatūra įeinant į suvartojimo reguliatorių yra taip pat 40°C. Nustatyti nominalų šaldymo pajėgumą (našumą), šaldymo agento masės suvartojimą 1 kW šaldymo pajėgumo (našumo) ir cirkuliuojančio šaldymo agento masę. Sprendimas: žinyne randame, kad šaldymo agento prisotintų garų entalpija esant – 10 °C yra lygi 347,134 kJ/kg; prisotinto skysto šaldymo agento entalpija esant 40 °C yra lygi 238,535 kJ/kg. Taigi nominalus šaldymo pajėgumas (našumas) 1kg R12 $q_0 = 347,134 - 238,535 = 108,599 \text{ kJ/kg}$ ir šaldymo agento masės suvartojimas 1 kW šaldymo pajėgumo (našumo) yra lygus $m =$

1 kW : 108,599 kJ/kg = 0,0092 kg/s arba 9,2 g/s. Tuomet sistemoje cirkuliuojančio šaldymo agento masė $m = 10 \text{ kW} \times 0,0092 \text{ kg/s (kW)} = 0,092 \text{ kg/s}$ arba 92 g/s.

1.10. Tūrinis garų suvartojimas

Verdant 1 kg šaldymo agento, gaunamas prisotintų garų tūris priklauso nuo garų susidarymo temperatūros ir pakyla mažėjant temperatūrai (ir slėgiui). Kai šaldymo agento garų susidarymo temperatūra yra žinoma, susidarančių garų tūris masės vienetui (nominalus tūris) nustatomas tiesiog iš prisotintų garų lentelių. Jei garų nominalus tūris yra žinomas, tai bendras garintuvuje susidarančių garų tūris laiko vienetui apskaičiuojamas šaldymo agento garų masės suvartojimo ir nominalaus garų tūrio sandaugos pagalba [3], t.y.:

$$V = m v, \quad (2)$$

čia V – bendras garų tūris m^3/s ,

m – šaldymo agento masės suvartojimas kg/s ;

v – vardinis garų tūris esant garų susidarymo temperatūrai m^3/kg .

Pavyzdys: pagal suvartojimo sąlygas, pateiktas prieš tai buvusiame pavyzdyje, nustatyti susidarančių garų tūrį 1 kW šaldymo pajėgumo (našumo). Sprendimas: prieš tai buvusiame pavyzdyje nustatyta, kad šaldymo agento R12 masės suvartojimas yra lygus 0,0092 kg/s 1 kW šaldymo pajėgumo (našumo). Žinyne matome, kad nominalus prisotintų garų tūris esant $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ yra 76,65 l/kg. Iš lygybės (2) apskaičiuojame susidariusių garų tūrinį suvartojimą 1 kW šaldymo pajėgumo (našumo) : $V = 0,0092 \text{ kg/s} \times 76,65 \text{ l/kg} = 0,70518 \text{ l/s}$.

1.11. Kompresoriaus našumas (galingumas)

Kompresoriaus našumas bet kokiame šaldymo įrengime turi būti toks, kad garai iš garintuvo būtų atsiurbiami tokiu pačiu intensyvumu, koku jie susidaro skysto šaldymo agento virimo rezultate. Jei šaldymo agentas verda greičiau, negu kad kompresorius gali atsiurbti garus, tai garų perteklius kaupiasi garintuvuje, slėgis kyla, o to pasekoje pakyla virimo temperatūra. Jeigu kompresoriaus našumas yra toks, kad garai iš garintuvo atsiurbiami per daug greitai, tai slėgis garintuvuje mažėja, o to pasekoje mažėja virimo temperatūra. Bet koku atveju nebus išlaikomos santykinės sąlygos, o šaldymo įrengimo darbas nebus subalansuotas.

1.12. Garintuvai

Garintuvu gali būti bet koks šilumą perduodantis aparatas, kuriame verda skystis, nukreipiantis šilumą iš šaldomos erdvės arba produkto. Dėl mašininio šaldymo pritaikymo įvairiapusiškumo garintuvai yra gaminami įvairių tipų, formų, dydžių ir konstrukcijos. Jie klasifikuojami pagal konstrukcijos tipus, skysto šaldymo agento padavimo būdą, eksploatacijos sąlygas, oro cirkuliacijos būdą (šalčio perdavėjo), šaldymo agento padavimo regulatoriaus tipą, pritaikymą.

Pagrindinės konstrukcijos yra: lygių vamzdelių tipo, plytelių tipo ir kiautiniai garintuvai. Lygių vamzdelių ir plytelių tipo garintuvai kartais klasifikuojami kaip paviršiniai garintuvai, kadangi visas jų paviršius kontaktuoja su viduje verdančiu šaldymo agentu. Pagrindinis kiautinių garintuvų paviršius yra vamzdžiai, kuriuose verda šaldymo agentas. Šoniniai vamzdžiai nėra užpildyti šaldymo agentu, todėl jie yra antriniai šilumą perduodantys paviršiai, skirti supančios aplinkos šilumos nukreipimui ir jos perdavimui šaldymo agentui.

Paviršiniai tiesių vamzdelių ir plytelių tipų garintuvai yra plačiai taikomi bet kokio temperatūrų diapazono sąlygose. Dažniausiai jie naudojami skysčių ir oro šaldyme (aušnime), kai šaldomos erdvės temperatūra yra palaikoma žemiau 1°C ir sunku išvengti šerkšno susidarymo ant garintuvo paviršiaus. Šerkšno susidarymas ir didėjimas ant lygių vamzdelių ir plytelių garintuvų neturi tokios įtakos našumui, kokia yra daroma kiautinių garintuvų našumui. Be to, daugelis paviršutinių garintuvų yra lengvai nuvalomi ir greitai atitirpdomi rankiniu būdu: su šepetėlių ar glemžtuvų pagalba. Atitirpdymui ir valymui šaldymo procesas yra sustabdomas, kas neigiamai veikia šaldomo produkto kokybę.

1.12.1. Garintuvo našumas (galingumas)

Garintuvo našumas yra charakterizuojamas šilumos perėjimo per jo sienes iš šaldomos erdvės arba iš produkto į viduje verdantį skystį intensyvumu ir, paprastai, išreiškiamas vatais. Bet kokios paskirties garintuvas turi turėti pakankamą šilumos perdavimo koeficientą, kad verdantis šaldymo agentas dideliu intensyvumu sugertų šilumą, tuo pačiu metu sudarydamas reikalingą atšaldymą dirbdamas atitinkamose santykinėse sąlygose.

Visi trys šilumos perdavimo būdai turi savo vietą šilumai patenkant į garintuvą. Atšaldant orą, didelė šilumos dalis perkeliama į garintuvą konvekciniomis srovėmis, ventiliatoriaus sudaromomis atšaldomoje erdvėje arba susidarančiomis natūralios cirkuliacijos procese dėl garintuvo ir atšaldomos erdvės temperatūrų skirtumo. Jei produktas yra šiluminiame kontakte su išoriniu garintuvo paviršiumi, tai dėl šilumos laidumo, šiluma persiduoda iš produkto garintuvui. Tačiau geram šilumos perdavimui yra naudinga, kad dalis šaldymo skysčio cirkuliuotų veikiama gravitacijos arba būtų perpumpuojama siurbliu. Šiluma turi pereiti per garintuvo sienes šilumos apytakos procese, nepriklausomai nuo jos

padavimo išoriniam garintuvo paviršiui būdo. Todėl garintuvo našumas, t.y šilumos perėjimo per jo sienelės intensyvumas, priklauso nuo tų pačių faktorių, kurie sąlygoja šilumos tėkmės, veikiant šilumos apykaitai praeinant per bet koki šilumą perduodantį paviršių, intensyvumą. Garintuvo pajėgumą (našumą) galima nustatyti pagal sekančią lygybę [3]:

$$Q_0 = F k \theta_m, \quad (3)$$

čia Q_0 – perduodamos šilumos kiekis W,

F – garintuvo išorinis paviršiaus plotas m^2 ,

k – šilumos perdavimo koeficientas $W/(m^2 \cdot K)$,

θ_m – vidutinis logaritminis temperatūros garintuvo išorėje ir šaldymo agento temperatūros garintuvuje skirtumas K.

1.13. Teorinis šaldymo našumas

Bet kokio kompresoriaus šaldymo našumas priklauso nuo darbo sąlygų, kuriose dirba mašina. Jis nustatomas cirkuliuojančia šaldymo agento mase per laiko vienetą ir nominaliu šaldymo našumu cirkuliuojančio šaldymo agento masės vienetui. Kompresoriaus masės našumas yra lygus masei garų, juo išsiurbiamų per tam tikrą laiko vienetą. Jei darysime prielaidą, kad kompresoriaus NVK (naudingo veikimo koeficientas) yra 100%, o kompresoriaus cilindras kiekvienu stūmoklio siurbimo žingsniu pilnai prisipildo garais iš siurbimo vamzdžio, tai tūris garų, išsiurbiamų į kompresoriaus cilindrą ir suspaudžiamų per laiko vienetą, bus lygus darbiniam kompresoriaus tūriui.

Specifinis tūris – tai atbulinis tankiui dydis. Todėl masės suvartojimas nustatomas darbinio cilindro tūrio ir specifinio išsiurbiamų garų tūrio santykiu [3]:

$$m = V_p/v, \quad (4)$$

Jei masės suvartojimas yra žinomas, tai kompresoriaus teorinį našumą galima apskaičiuoti dauginant masės suvartojimą iš nominalaus 1 kg šaldymo agento šaldymo našumo.

1.14. Realus šaldymo našumas

Realus kompresoriaus šaldymo našumas yra visuomet mažesnis už teorinį, kaip tai buvo parodyta aukščiau pateiktame pavyzdyje. Jame buvo nurodyta sąlyga, kad kiekvienu stūmoklio

siurbimo žingsniu, kompresoriaus cilindras garais iš siurbimo vamzdžių užsipildo pilnai, o cilindą užpildančių garų tankis yra lygus siurbimo vamzdyje esančių garų tankiui. Jei šios prielaidos būtų teisingos, tai realus šaldymo našumas būtų lygus teoriniam. Labai gaila, tačiau taip nėra. Tūris įsiurbiamų garų, užpildančių cilindą prie siurbimo įėjimo, dėl šaldymo agento garų susispaudimo ir mirusios erdvės tarp stūmoklio ir kompresoriaus vožtuvų plokštės, visuomet yra mažesnis už stūmoklio apsprendžiamą darbinį cilindro tūrį. Cilindrą užpildančių garų tankis yra mažesnis už tankį garų, esančių siurbimo vamzdyje. Todėl realus į kompresoriaus cilindą įsiurbiamų garų tūris visuomet bus mažesnis už darbinį cilindro tūrį, ir todėl realus kompresoriaus šaldymo našumas visuomet bus mažesnis už teorinį.

1.15. Termoreguliaciniai vožtuvai

Termoreguliacinis vožtuvas dėl aukšto efektyvumo ir įvairiapusiško pritaikymo darbui beveik visuose šaldymo įrengimų tipuose, šiuo metu yra, tikriausiai, labiausiai paplitęs šaldymo agento suvartojimo reguliatorius. Automatinis reguliavimo vožtuvas garintuve sudaro pastovų slėgį, o termoreguliacinis vožtuvas palaiko pastovų įsiurbiamų garų perkaitinimą ties išėjimu iš garintuvo, kas leidžia užtikrinti optimalų garintuvo užpildymą šaldymo agentu bet kokių apkrovų metu, išvengiant jo perpilimo į siurbimo vamzdį. Termoreguliacinis vožtuvas yra naudojamas šaldymo agento suvartojimo reguliatorių sistemose, kuriose dažnai ir plačiais diapazonais keičiasi apkrova. Tai sąlygojama tuo, kad termoreguliacinis vožtuvas užtikrina pilną ir efektyvų viso garintuvo paviršiaus naudojimą.

Termoreguliacinio vožtuvo pagrindinės dalys: balnelis, membrana, distancinis termobalionas, iš vienos pusės per kapiliarinį vamzdelį sujungtas su membrana, spyruoklė, kurios įtempimas nustatomas reguliaciniu varžtu. Kaip automatiniam reguliavimo vožtuve bei visuose kituose suvartojimo reguliatoriuose, paprastai filtras montuojamas skysto šaldymo agento įėjime į apsauginį nuo užteršimų, galinčių užkimšti šį prietaisą.

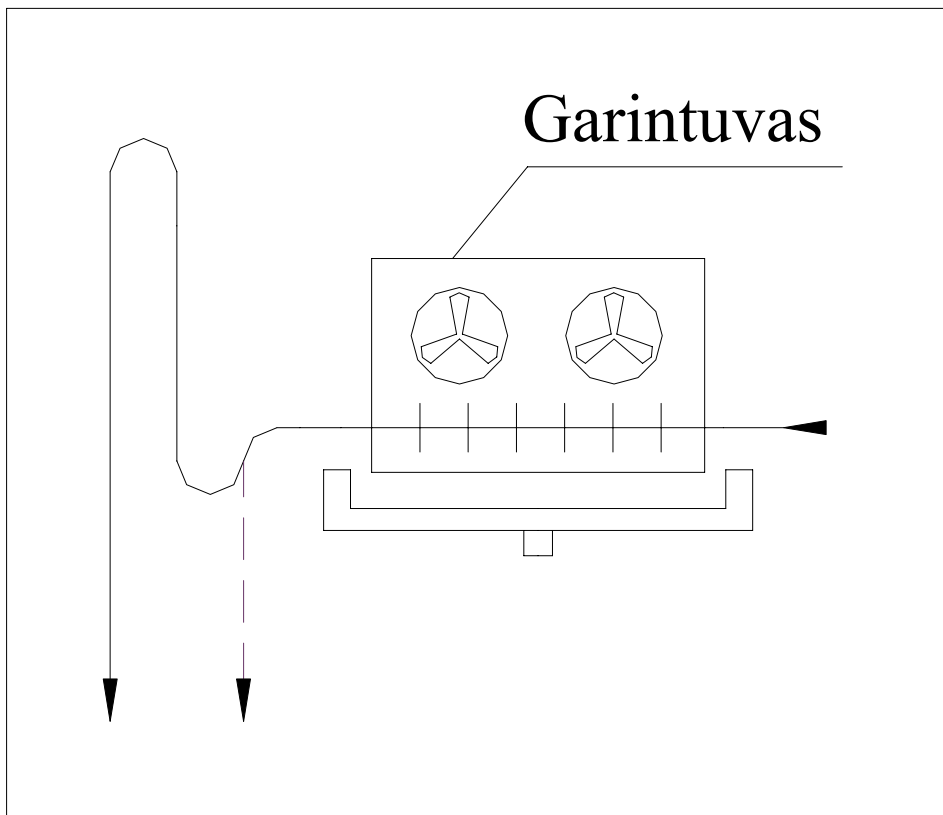
Termoreguliacinis vožtuvas dirba sąveikaujant trimis nepriklausomiems slėgiams: slėgiui garintuve, spyruoklės slėgiui ir garų – skysčio mišinio slėgiui distanciniame termobalione. Kaip taisyklė, termobalionas užsipildo šaldymo agentu, naudojamu įrengime (tai reiškia, kad termoreguliacinio vožtuvo įrengimo, dirbančio su R22, termobalionas paprastai, būna užpildytas R22).

1.16. Siurbimo vamzdys konstrukcija (šalto garo linija)

Siurbimo vamzdis yra išdėstomas taip, kad būtų išvengta skysto šaldymo agento arba per didelio tepalo kiekio patekimo į kompresorių darbinio ar nedarbinio režimo metu, o taip pat kompresoriaus paleidimo metu. Tuo tikslu naudojant tiesioginio atšaldymo garintuvus, į kuriuos šaldymo agentas paduodamas termoreguliacinio vožtuvo pagalba, yra tikslinga sumontuoti regeneracinį šilumokaitį. Nedarbinės ciklo dalies metu termoreguliacinis vožtuvas dažnai užsidaro nepakankamai sandariai, kas sąlygoja skysto šaldymo agento nutekėjimą į garintuvą iš skysčių vamzdžio. Paleidžiant kompresorių, skysčio perteklius persipila į siurbimo vamzdį ir patenka į kompresorių, jei tik nėra regeneracinio šilumokaičio, skirto skysčių aptikimui ir išgarinimui kompresoriuje. Regeneracinis šilumokaitis taip pat yra skirtas aptikimui ir išgarinimui skysčių, kurie gali patekti į siurbimo vamzdį dėl perteklinio šaldymo agento padavimo per reguliacinį vožtuvą paleidžiant įrengimą arba nepastebimo garintuvo apkrovos pokyčio.

Regeneracinis šilumokaitis nemontuojamas tuo atveju, jei mašina dirba žemo slėgio palaikymo kompresoriaus karteryje režimu, t.y. kada visas skystas šaldymo agentas išverda ir yra atsiurbiamas iš garintuvo iki kompresoriaus išjungimo. Šio proceso metu, ant skysčio linijos vamzdžio prieš šaldymo agento suvartojimo reguliatorių sumontuotas elektromagnetinis vožtuvas yra apsauga nuo skysto šaldymo agento patekimo į garintuvą iš skysčių vamzdžio tuo atveju, jei reguliacinis vožtuvas buvo uždarytas nesandariai.

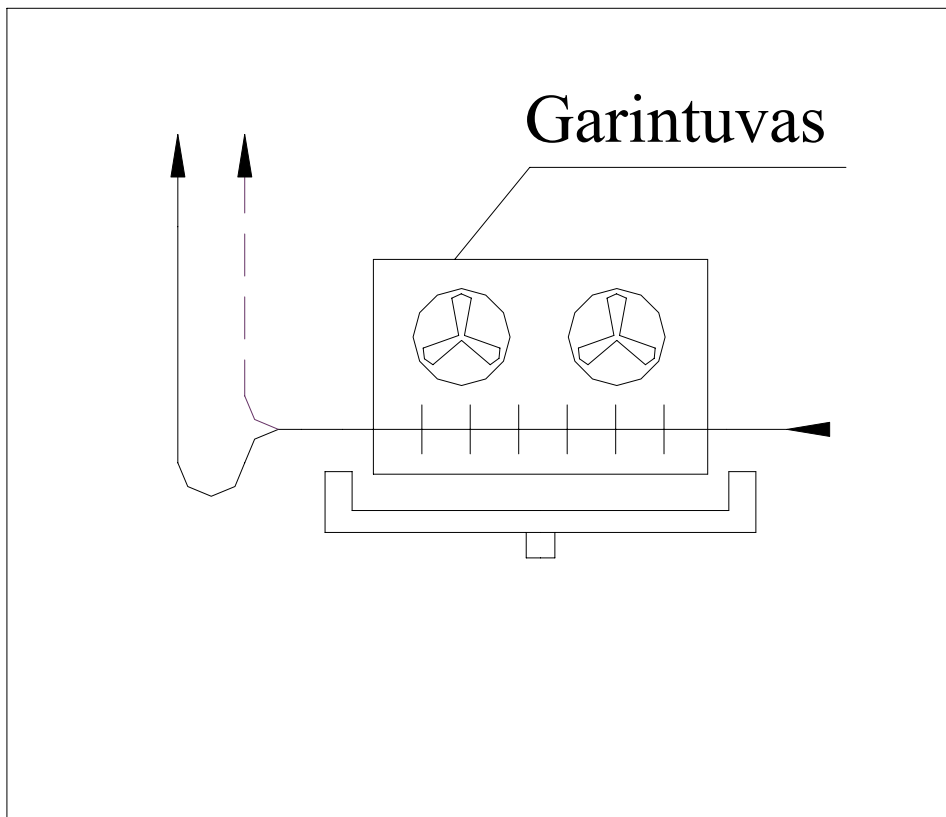
Jeigu garintuvas yra sumontuotas virš kompresoriaus, o mašina nedirba žemo slėgio kompresoriaus karteryje palaikymo cikle, tai siurbimo vamzdis už reguliacinio vožtuvo termobaliono turi būti pakeltas, kad skystas šaldymo agentas nesutekėtų iš garintuvo į kompresorių nedarbinio režimo metu (pav.1.3). Kai mašina dirba žemo slėgio kompresoriaus karteryje palaikymo cikle, tai griovelio šaldymo skysčiui galima ir nedaryti, kad vamzdis užtikrintų laisvą šaldymo agento ir tepalo cirkuliaciją (punktyrinė linija 1.3 pav.).



1.3 pav. Siurbimo vamzdžio išdėstymas

Montuojant garintuvą po kompresoriumi, o vertikalią siurbimo liniją šalia garintuvo, yra daromas griovelis norint išvengti skysto šaldymo agento susikaupimo termobaliono montavimo vietoje (pav. 1.4). Jei griovelį padaryti yra netikslinga, tai termobalionas tvirtinamas vertikaliame vamzdyje apytiksliai 0,3 – 0,5 m virš horizontalaus kolektoriaus (punktyrinė linija 1.4 pav.).

Kiekvienas iš kelių garintuvų (arba garintuvų sekcijos), yra prijungiamas prie bendro siurbimo vamzdžio atskiro vertikalaus vamzdelio pagalba. Termoreguliaciniai vožtuvai veiks netinkamai, jei vieno garintuvo apkrova bus mažesnė už 50 % nustatyto vožtuvo našumo. Tai būtina įvertinti nustatant šaldymo agento tekėjimo per vertikalųjį vamzdį greitį. Naudojant atskirus individualius vertikalius vamzdžius kiekvienam garintuvui (arba atskirai sekcijai) yra užtikrinamas tepalo grįžimas esant minimaliai apkrovai. Galimi įvairūs eilės garintuvų prijungimo būdai prie bendro siurbimo vamzdžio, kuomet yra netikslinga panaudoti atskirus individualius vertikalius vamzdžius.



1.4 pav. Siurbimo vamzdžio išdėstymas

Siurbimo vamzdis prie kompresoriaus prijungiamas iš viršaus. Vamzdis išdėstomas be skysčių atskyrejo ir montuojamas taip, kad tepalas iš jo tekėtų į kompresorių. Jei prie bendro siurbimo kolektoriaus yra prijungti keli kompresoriai, tai vamzdį reiktų montuoti tokiu būdu, kad į kiekvieną iš kompresorių grįžtų vienodas tepalo kiekis.

1.17. Suspaudimo vamzdyno konstrukcija (karšto garo linija)

Suspaudimo vamzdžio skersmuo nustatomas taip pat, kaip ir siurbimo vamzdžio skersmuo. Suspaudimo vamzdžio pasipriešinimas padidina suspaudimo slėgį, sumažina našumą ir mašinos NVK. Todėl suspaudimo vamzdžio skersmuo turi būti tokio dydžio, kad būtų užtikrintas minimalus šaldymo agento slėgio nuostoliai.

Horizontalus suspaudimo (sustūmimo) vamzdis turi turėti pasvirimą šaldymo agento tekėjimo kryptimi, kad tepalas iš kompresoriaus patektų į kondensatorių, bet nesutekėtų atgal į kompresorių. Minimalus garų judėjimo greitis horizontaliame suspaudimo vamzdyje, paprastai, nėra lemiančiu faktoriumi, tačiau garų judėjimo vertikaliame suspaudimo vamzdyje greičiui būtina skirti išskirtinį dėmesį. Kaip ir atvejuje su vertikaliu siurbimo vamzdžiu, vertikalus suspaudimo (sustūmimo) vamzdis

turi būti sukonstruotas taip, kad garų judėjimo greitis jame esant minimaliai apkrovai būtų pakankamas tepalo judėjimui į viršų. Jei mašinos pajėgumas (našumas) keičiasi plačiu diapazonu, tai galima naudoti dviejų vamzdžių liniją tuo atveju, jei nėra tepalo atskyrimo suspaudimo (sustūmimo) vamzdyje. Esant tepalo atskyrimui, garų judėjimo greitis vertikaliame suspaudimo vamzdyje nėra apsprendžiamas faktorius. Jame slėgis sumažėja tik nedideliu dydžiu, kad tepalas minimalios apkrovos periodu sutekėtų atgal į atskyrėją.

Kai kompresorius nedirba, prie vidinių vertikalaus suspaudimo (sustūmimo) vamzdžio paviršiaus prilipęs tepalas suteka atgal. Jei vamzdžio ilgis yra didesnis nei 2 – 3 m, tai sutekančio tepalo kiekis gali būti pakankamai žymus. Dėl to apatinėje vertikalaus suspaudimo (sustūmimo) vamzdžio dalyje reiktų padaryti kilpą, kad tepalas negalėtų patekti iš suspaudimo vamzdžio atgal į kompresorių. Šioje kilpoje (atskyrėjyje) kaupiasi ir skystas šaldymo agentas, kuris kondensuojasi vertikaliame suspaudimo vamzdyje nedarbo ciklo metu. Kas kiekvienus 7,5 m vertikalios suspaudimo vamzdžio atkarpos, turi būti sumontuoti papildomi atskyrėjai. Atskyrėjo horizontalus matmuo turi būti minimalus. Jį galima pagaminti iš dviejų alkūnių su 90° kampu. Atskyrėjo aukštis turi būti apie 0,5 m.

Atskyrėjo nereikia montuoti, jei yra naudojamas tepalo atskyrėjas, kadangi tepalas ir skystas šaldymo agentas sutekės į tepalo atskyrėją iš vertikalios linijos nedarbinės ciklo dalies metu. Būtina imtis tam tikrų priemonių, norint išvengti skysto šaldymo agento pertekėjimo iš tepalo atskyrėjo į kompresoriaus karterį nedarbo režime.

Prapūtimo vožtuvas nesikondensuojančių dujų išleidimui iš sistemos montuojamas pačiame aukščiausiam suspaudimo vamzdžio arba kondensatoriaus taške.

Suspaudimo vamzdis dviems ar didesniai kompresorių kiekiui paralelinio darbo metu yra montuojamas tokiu būdu, kad iš dirbančio kompresoriaus išnešamas tepalas nepatektų į neveikiantį kompresorių. Suspausti garai negali būti išstumti iš vieno kompresoriaus į kitą. Jei įrengimas sumontuotas teisingai, kiekvieno kompresoriaus suspaudimo atvamzdžiai sujungiami su pagrindiniu suspaudimo vamzdžiu prie grindų. Esant tokiam vamzdžių išdėstymui atskyrėjas yra nereikalingas, kadangi jo funkciją atlieka apatinis kolektorius.

Jei suspaudimo kolektorius turi būti sumontuotas virš kompresorių, tai kiekvieno kompresoriaus suspaudimo atvamzdžiai prie kolektoriaus prijungiami iš viršaus. To rezultate tepalas iš jo nesuteka į neveikiantį kompresorių.

Norint sumažinti triukšmą ir vibraciją dirbant kompresoriui, rekomenduojama ant horizontalios ar vertikalios suspaudimo vamzdžio atkarpos (garų judėjimo kryptimi į apačią), sumontuoti duslintuvą. Jį nereiktų montuoti ant vertikalios suspaudimo linijos atkarpos (šaldymo agento judėjimo kryptimi į viršų).

1.18. Skysčio vamzdyno konstrukcija (skysčio linija)

Skysčio vamzdis yra skirtas peršaldyto skysto šaldymo agento srovės padavimui iš resiverio į suvartojimo reguliatorių esant pakankamai aukštam slėgiui, kad būtų užtikrintas efektyvus pastarojo darbas. Šaldymo agentas yra skysčio būsenoje, o tepalas, patenkantis į vamzdį, lengvai pereina kartu su juo į garintuvą. Dėl to skysčių vamzdžiui yra keliami mažesni reikalavimai, nei kitiems šaldymo agento vamzdžiams. Reikėtų tikrai išvengti skysčių išgaravimo tikimybės iki jiems patenkant į suvartojimo reguliatorių.

Garų susidarymas skysčių vamzdyje sumažina šaldymo agento suvartojimo reguliatoriaus našumą, sąlygoja adatos ir vožtuvo balnelio eroziją, o dažnai yra netolygios šaldymo agento srovės padavimo į garintuvą priežastis. Norint išvengti šaldymo agento garų susidarymą vamzdyje būtina, kad skysčio slėgis būtų aukštesnis už prisotinimo slėgį.

Kadangi skystis ties išėjimu iš kondensatoriaus, paprastai, yra peršaldomas 3 – 5 °C, tad jis neverda vamzdyje, jei šaldymo agento slėgis iki suvartojimo reguliatoriaus sumažėja ne daugiau kaip 34 – 70 kPa. Tačiau sumažėjus slėgiui daugiau nei 70 kPa, reikėtų papildomai peršaldyti skystį, kad būtų galima išvengti garų susidarymo proceso. Daugeliu atvejų reikalingas peršaldymas yra užtikrinamas regeneraciniu šilumokaičiu ir peršaldytoju su vandens atšaldymu. Išimtiniais atvejais yra naudojamas tiesioginio atšaldymo peršaldytojas.

Reikalaujamo peršaldymo dydį atskirais atvejais galima nustatyti apskaičiuojant slėgio sumažėjimą skysčių vamzdyje. Aušinimo skysčio slėgio sumažėjimas yra ne tik trinties netekties rezultatas, bet ir jo judėjimo vertikalia kryptimi pasekmė. Statistinis slėgio sumažėjimas (Pa) 1 m pakilimo vertikalia kryptimi nustatomas dauginant skysčio tankio reikšmę iš laisvo kritimo pagreičio.

2. Šilumos pritekėjimų skaičiavimas šaldymo kamerai

Prieš pradėdant šaldymo įrengimų projektavimą, būtina paskaičiuoti reikiamą šalčio poreikį [inf, šalt. 3].

Skaičiuojamas kameros šilumos pritekėjimas per sienas, lubas ir grindis:

$$Q_k = Q + Q_g, \quad (5)$$

čia Q_k – bendras šilumos pritekėjimas kW,

Q – šilumos pritekėjimas per sienas ir lubas kW,

Q_g – šilumos pritekėjimas per grindis kW.

Skaičiuojamas kameros šilumos pritekėjimas per sienas ir lubas:

$$Q = F k \Delta T, \quad (6)$$

čia F – vidinis sienų ir lubų plotas m^2 ,

k – sienų ir lubų šilumos perdavimo koeficientas,

ΔT – temperatūrų skirtumas tarp išorės skaičiuotinos ir šaldymo kameros vidinės reikalingos temperatūros $^{\circ}C$,

Skaičiuojamas kameros šilumos pritekėjimas per grindis:

$$Q_g = F_g k_g \Delta T_g, \quad (7)$$

čia F_g – vidinis grindų plotas m^2 ,

k_g – grindų šilumos perdavimo koeficientas,

ΔT_g – temperatūrų skirtumas tarp grunto ir šaldymo kameros vidinės reikalingos temperatūros $^{\circ}C$.

Šiluminė apkrova dėl oro mainų:

$$n = \frac{70}{\sqrt{V_r}}, \quad (8)$$

čia n – oro infiltracijos koeficientas,

V_r – kameros tūris m^3 ;

$$Q_L = \frac{V_R \cdot n \cdot \rho_L \cdot \Delta h}{86400 \cdot s}, \quad (9)$$

čia Q_L – šiluminė apkrova dėl oro mainų kW,

n – oro infiltracijos koeficientas,

ρ_L – oro tankis kg/m^3 ,

Δh – entalpijos skirtumas, kJ/kg.

Bendra šiluminė apkrova nuo saugomo produkto:

$$Q_{pr} = Q'_{pr} + Q''_{pr}, \quad (10)$$

čia Q'_{pr} - šiluminė apkrova nuo įvežamo į kamerą produkto kW,

Q''_{pr} - šiluminė apkrova nuo konteinerių kW.

Šiluminė apkrova nuo įvežamo į kamerą produkto:

$$Q'_{pr} = m \cdot c_p \cdot \Delta T_3, \quad (11)$$

čia m – produkto masė kg,

c_p – produkto specifinė šiluminė talpa $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$,

ΔT_3 - produkto ir šaldymo kameros temperatūrų skirtumas $^{\circ}\text{C}$.

Šiluminė apkrova nuo metalinių konteinerių:

$$Q''_{pr} = m_k \cdot c_k \cdot \Delta T_4, \quad (12)$$

čia m_k – konteinerių masė kg,

c_k – metalo specifinė šiluminė talpa $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$,

ΔT_4 – konteinerių ir šaldymo kameros temperatūrų skirtumas $^{\circ}\text{C}$.

Šiluminė apkrova nuo apšvietimo:

$$Q' = N_0 \cdot \tau / 24, \quad (13)$$

čia N_0 – apšvietimo galingumas W,

τ - lempų darbo laikas h.

Šiluminė apkrova nuo dirbančių žmonių:

$$Q'' = n q_z \tau_1 / 24, \quad (14)$$

čia n – darbuotojų skaičius,

q_z – šilumos kiekis, kurį išskiria vienas žmogus kW,

τ_1 - darbo laikas h,

Šiluminė apkrova nuo elektrinių variklių ir pakrovėjų dirbančių vienoje kameroje:

$$Q_{el.v} = Q_{el.p} + Q_{gar.el.v}, \quad (15)$$

čia $Q_{el.v}$ – šilumos kiekis, kurį išskiria elektrinis pakrovėjas kW,

$Q_{gar.el.v}$ – šilumos kiekis, kurį išskiria garintuvų elektriniai varikliai kW.

Šilumos apkrova nuo elektrinio pakrovėjo:

$$Q_{el.p} = N \tau / 24, \quad (16)$$

čia N – variklio galingumas kW,

τ - pakrovėjo darbo laikas h.

Šiluminė apkrova nuo garintuvo elektrinių variklių:

$$Q_{gar.el.var} = n N k_\tau \tau / 24, \quad (17)$$

čia $Q_{gar.el.var}$ – garintuvo elektrinių variklių išskiriama šiluma kW,

n – variklių skaičius,

N – variklių galingumas kW,

k_τ - transformacijos koeficientas, parenkamas iš lentelės,

τ - variklių darbo laikas h.

Kameros šiluminė apkrova nuo garintuvo elektrinio atitirpinimo:

$$Q_{at} = n q \tau / 24, \quad (18)$$

čia n – garintuvų skaičius kameroje,

q – atitirpimo metu išsiskirianti šiluma kW,

τ - atitirpimo laikas h.

Kameros šiluminė apkrova dėl oro ventiliacijos: [6; 251]

$$Q_{\text{oro vent}} = V a \sigma_{\text{oro}} (i_l - i_k) / 86,4, \quad (19)$$

čia $Q_{\text{oro vent}}$ – kameros šiluminė apkrova kW,

V – kameros tūris m^3 ,

a – oro ventiliacijos koeficientas per parą, kuris yra apie 3 – 4 kartus,

σ_{oro} – oro tankis kg/m^3 ,

i_l ir i_k - šilumos kiekis ore (išorės oro ir vidinio) kJ/kg.

Šiluminė apkrova nuo produkto kvėpavimo:

$$Q_{\text{KV}} = m_p \cdot \left(\frac{\alpha}{100} \cdot q' + \frac{100 - \alpha}{100} \cdot q'' \right), \quad (20)$$

čia m_p – saugomo produkto masė t,

α - kameros procentinis užkrovimas %,

q' – specifinis šilumos išsiskyrimas nuo produkto kvėpavimo atšaldymo metu W/t,

q'' – specifinis šilumos išsiskyrimas nuo produkto kvėpavimo saugojimo metu W/t.

Kameros šiluminė apkrova nuo produkto kvėpavimo, kai produktas jau atšaldytas:

$$Q_{\text{kv}} = m_p q'', \quad (21)$$

čia Q_{kv} – šilumos kiekis, kurį išskiria produktas kvėpuodamas kW,

m_p – saugomo produkto masė kg,

q'' - specifinis šilumos išsiskyrimas nuo produkto kvėpavimo saugojimo metu W/t.

Kameros bendra šiluminė apkrova:

$$Q = Q_k + Q_{\text{kv}} + Q + Q_{\text{el.v.}} + Q_{\text{at}} + Q' + Q'' + Q_{\text{oro vent.}}, \quad (22)$$

čia Q_k – kameros šilumos pritekėjimas per sienas, lubas ir grindis kW,

Q_{kv} – šilumos pritekėjimas nuo produkto kvėpavimo, kai jis jau atšaldytas kW,

Q - šilumos pritekėjimas dėl oro mainų kW,

$Q_{el\ v}$ – šilumos pritekėjimas dėl kameroje dirbančių elektrinių variklių kW,

Q_{at} – šilumos pritekėjimas dėl garintuvų atitirpinimo kW,

Q' – šilumos pritekėjimas dėl kameros apšvietimo kW,

Q'' – šilumos pritekėjimas nuo kameroje dirbančių žmonių kW,

$Q_{oro\ vent}$ – šilumos pritekėjimas dėl kameros oro ventiliacijos kW.

Reikalingas šaldymo įrengimų našumas:

$$Q_{ir} = Q_b \cdot l / 24, \quad (23)$$

čia Q_b – bendra šiluminė apkrova kW,

l – kompresoriaus darbo laikas h.

Atlikus šiluminius skaičiavimus ir turint bendrą šilumos pritekėjimą, galima atlikti šaldymo įrengimų parinkimą bei atitinkamus jų skaičiavimus.