

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

A. Annageldiýew, S. Nazarow

Sowadyjy tehnikanyň nazary esaslary

Hünär: "Sowadyjy, kompressor maşynlary we desgalary"

Aşgabat 2010

SÖZBAŞY

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda Türkmenistan döwletimiz täze Galkynyş zamanasynda uly ösüşler ýolyna düşdi. Täze Galkynyş zamananyň aýdyň ýoly bilen öňe barýan Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistanda, Hormatly Prezidentimiziň parasatly ýolbaşçylygynda geljekki ösüşleriň, tutumly işleriň berk binýady tutulýar. Mähriban Prezidentimiziň başyny başlan Beýik Galkynyş zamanasynda ähli ugurlar bilen bir hatarda ylym-bilim ulgamy hem uly ösüşler we özgerişler ýoluna düşdi. Hormatly döwlet baştutanymyz özüniň belent wezipesine başlan ilkinji gününden Garaşsyz watanymyzda ylym-bilim ulgamyny ösdürmek, dünýä derejesine çykarmak, düýpli özgertmek işine başlady. Häzirki wagta çenli bu ugurda amala aşyrylan işler sanardan juda köpdür.

Döwlet baştutanymyzyň belleýşi ýaly, döwlet tarapyndan öňe sürülýän wezipeleri üstünlikli durmuşa geçirmek üçin bilime we ylyma uly orun berilýär. Ykdysadyýetiň we jemgiýetçilik galkynyşlaryň ösmegi babatda bilimiň we ylymyň derejesiniň dünýä ülnülerine gabat gelmegi bilen baglydyr. Şonuň üçin-de ýurdumyzyň bilim ulgamynda uly özgertmeler durmuşa ornaşdyrylýar. Hormatly Prezidentimiziň “Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda”, “Türkmenistanda ylym ulgamyny kämilleşdirmek hakynda”, “Bilim terbiýeçilik edaralaryň işini kämilleşdirmek hakynda”, “Türkmenistanyň ylymlar akademiýasynyň işi hakynda” gol çeken resminamalary gös-göni milli ylymy-bilimi ösdürmäge gönükdirlendir.

Elbetde, geçilen menziller ýetilen sepgitler täze üstünliklere badalga berýär. Munuň şeýledigine oňat düşüňýän her bir bilim işgärleri Altyn asyr zamanasyna mynasyp kämil terbiýeli, çuňňur bilimli, Watana, halka, Hormatly Prezidentimize wepaly ýaşlary kemala getirmek üçin döredijilikli zähmet çekýärler.

Howa, biziň bilşimiz ýaly, Hormatly Prezidentimiziň parasatly ýolbaşçylygynda badalga berlen täze Galkynyş we beýik özgertmeler döwründe ýurdumyzyň ykdysady, syýasy ugurlary bilen birlikde, bilim ulgamynda hem düýpli özgertmeler amala aşyryldy. Bu özgertmeler häzirki wagtda hem üstünlikli döwam etdirilýär.

Halkymyzyň uly ynam bildirip saýlan Hormatly Prezidentimiziň başyny başlan täze galkynyş eýýamynyň binýadynyň bilimden başlanmagy tötänlikden däl. Sebäbi bilim ähli üstünlikleriň gözbaşy bolup durýar. Bilim binýadynyň rowaçlanmagy üçin ähli zerur çäreleri görülýär.

Hemmämize mälim bolşy ýaly Hormatly Prezidentimiziň kabul eden Permanydyr, Kararlaryndan gelip çykýan meselelere laýyklykda ýaş nesiliň turuwbaşdan döwrebap bilim almaklary üçin bilim ulgamyny hemmetaraplaýyn ösdürmäge uly üns berildi.

Ylym ulgamyna girizilen derwaýys meseleleriň wagtynda gozgalmagynyň özi Altyn asyrymyzyň hakykatdan hem ylym asyry boljakdygyna güwä geçýär. Jemgyýetiň her bir babatdaky ösüşi bilimiň, ylymyň ösüşlerine bagly. Ösüşleriň has ýokary bolmagy üçin ony üpjün edip biljek ylymly, bilimli nesliň kemala gelmegi zerur. Binanyň berkligi binýada bagly. Binýat oýlanşykly, näçe berk,

giňden guýulsa gurýan binaň, ymmaratyň şonça gözel we berk bolýar. Ýaş nesliň bilim binýadynyň berk tutulmagy ýurdumyzyň geljekki ösüşleriniň kepidir. Durmuş bilen sazlaşykly bilimiň döwletiň ykbalyny, onuň üstünlikli öňe gitmegini kesgitleýändigini Hormatly Prezidentimiz öz çykyşlarynda nygtap geçýär.

Bilim ulgamyna özgertmeler girizilmeginiň yzy süre ylma tarap hem giň ýoluň açylmagy türkmeniň milli ruhunyň ösüşine uly badalga boldy. Ata babalarymyzyň mirasynda uly manyny berýän şeýle sözler bar "Ozal akan ýerden akarmyş aryk". Ynha, bu gün şeýle parasatly sözler öz hakyky manysyny görkezdi. Ylym akabasynyň ýoly açyldy. Şol ýoluň açylmagy türkmeniň ylymlar düýäsiniň ümmülmez umman ýaly giňişliklerinde ýene-de agaýana ýüzmegine şert döredýär.

Ylym ulgamynda kabul edilýän Kararlar diňe ylym edaralarynyň işgärleriniň, alymlarynyň däl, бүтін türkmen halkynyň uludan-kiçä hemmesiniň kalbynda uly şatlyk, buýsanç döretdi. Hormatly Prezidentimiziň Kararlary düýpli ylmy işleri alyp barmaga, onuň netijelerini we ylmy tehniki-täzelikleri ýurdumyzyň ykdysadyýetine ornaşdyrmaga, ýokary hünärli hünärmenleri taýýarlamaga, ylmy seljeriş işlerini geçirmäge, ylmy-tehniki täzelikleri durmuşa ornaşdyryş işlerinde halkara hyzmatdaşlygyny çaltlandyrmaga mümkinçilik döredýär.

Bilim bilen ylym zynjyr ýaly sepleşip, biri-biriniň içinden eriş-agraç bolup geçýär we biri-biriniň üstüni doldurýar. Bilimli bolmak üçin ilki bilen sowadyň gapysyndan ätlemeli, bilim basgançagynda yhlasyňy görkezip, ylmyň çäklerine aralaşmaly. Ylmyň ösmegi syýasatyň, ykdysadyýetiň, medeniýetiň ösmegine şert döredýär.

Islendik raýatyň öz bilimini çuňlaşdyrmagy dowam etmegi üçin ýurdumyzda aspiranturalaryň, doktoranturalaryň açylmagy, ol ýerde okaýanlaryň aglaba böleginiň ýaşlar bolmagy hem guwandyrjydyr. Ylym-bilimdäki şeýle ýagdaýlaryň özi türkmen milli ylmynyň uly ösüşlere tarap ädim ädilendigiň göze dürtülip duran güwanamasydyr.

Okuw kitabyndaky materiallar okuw maksatnamasyna laýyklykda ýerleşdirilen. Kitapda pes temperaturany almakdan başlap sowadyjylary taslamaga çenli dürli maglumatlar ýerleşdirilen. Temalaryň şeýle yzygiderlikde ýerleşdirilmegi okyjynyň ony doly özleşdirmegine ýardam berýär. Enjamlaryň gurluşy suratlar bilen, hasaplamalar bolsa mysallararkaly düşündirilýär. Sowadyjy jisimiň parametrlerini kesgitlemek üçin zerur tablisalar we diagrammalar getirilen.

"Sowadyjy tehnikanyň nazary esaslary" ders özüniň mazmuny boýunça "Tehniki termodinamika", "Ýylylyk geçirijilik". "Sowadyjy maşyn gurluşygynyň tilsimaty" okuw dersleri bilen aýrylmaz baglanyşykly.

Giriş

Sowugy ulanmagyň taryhy uzak asyrlardan gaýtýar. Taryhdan belli bolşy ýaly, b.e. öňki 2500 ýyllarda müsürliler toýundan edilen öýjükly gaba suwy ýerleşdirip, ony sowatmagy başarypdyrlar. Buzy, gary we beýleki pes temperaturaly tebigy jisimler ulanmak orta asyrlarda awçylar tarapyndan eti uzak wagtlap saklamakda, jaýlary sowatmakda we ş.m. giňden peýdalanylypdyr.

XVII asyryň ahyrynda inlis alymy Boýl we nemes fizigi Gerik tarapyndan suwuň wakuumda pes temperaturalarda gaýnaýandygy baradaky açyşyny sowadyjy maşynlary işläp taýýarmagyň başlangyjy boldy diýmek mümkin. Şonuň esasynda 1810 ýylda inlis alymy Lesli ilkinji emeli buzy aldy.

1834 ýylda inlis doktory Ýakob Perkins ilkinji bug kompressorly maşyny döretdi, bu maşynda işçi jisim hökmünde efir ulanyldy, bu maşyn häzirki zaman kompressorly sowadyjy maşynlaryň nusgasy bolup durýar. Perkinsiň maşyny gaba eýe bolup, bu ýerde pes temperaturada we basyşda etil efiri gaýnady. Efiriň gaýnamagy üçin ýylylyk gabyň diwary arkaly sowadylýan gurşawdan alynýar. Efiriň buglaryny kompressor gysýar we egrem-bugram truba (zmeýewige) berýär. Buglar gysylanda olaryň temperaturasy ýokarlandy. Egrem-bugram trubada sowadylanda efiriň buglary kondensirlendi we drosselirlenmeden soňra suwuk ýagdaýda efir ýene-de gaba bardy. Maşyn özünde häzirki zaman maşynlaryň esasy elementlerini saklady.

1872 ýylda Boýla sowadyjy maşyn üçin patent berildi, bu maşynda sowadyjy jisim hökmünde ammiak ulanyldy. Howa sowadyjy maşyny amerikan alymy Jon Gorri tarapyndan 1844 ýylda oýlanyp tapyldy, absorbsion sowadyjy maşyn ilkinji gezek 1859 ýylda Ferdinand Karri tarapyndan guruldy, bug ežektor maşyny Leblan tarapyndan 1910 ýylda guruldy, emma onuň oýlap tapyşy 1884 ýylda degişli.

Peltýe 1834 ýylda termoelektrik sowadyjy maşynlar taýýarlanylanda ulanylýan ters termoelektrik effekti açdy. XX asyryň 40-njy ýyllarynda Rank we Hilş siklonlaryň (tüweleýleriň, apy-tupanlaryň) täsirlerini öwrenenlerinde sowatmagyň köwlenmeli effektini açdylar. Köwlenme effekte esaslanan sowadyjylar ylymda we tehnikada ulanylýar.

Sowadyjy maşynlar pudaklaryň dürli görnüşlerinde giňden ulanylýar: azyk senagatynda; azyk önümlerini saklamagyň tehnologiýalarynda; howany kondisionirlemegiň ulgamlarynda; lukmançylykda, gurluşykda we metallurgiýada; gazlary bölmekde, sintetik süýmleri we kauçugy we ş.m. öndürmekde. Häzirki wagtda esasan sowadyş tehnologiýasynda bug kompressorly sowadyjy maşynlar ulanylýar.

Sowadyş tehnikasynyň häzirki zaman derejesi absolýut nul temperatura ýakyn temperaturany almaga mümkinçilik berýär.

Sowuk öndürilende hökmany ýagdaýda ony daşamak we ulanyjyda sowadylýan jisimi sowatmak soragy ýüze çykýar. Sowugy öndürmek, daşamak we sowatmak sowatmagy zynjyryny emele getirýär.



Ýokarda bellenişli geçiliş ýaly, sowugy daşamak üçin aralyk sowugy göterijiler hem ulanylyp bilner. Sowugy daşamak sowadyjy maşynda sowadylýan sowadyjy jisimiň kömegi bilen hem amala aşyrylyp bilner. Aralyk sowugy göteriji ulanylynda işçi jisim ony ýylylyk çalyşygyda sowatýar. Sowugy daşamak sowuk üpjünçilik ulgamy arkaly, onuň sowadylýan jisimlere berilmegi sowadyş abzallaryň kömeginde amala aşyrylýar. Sowugy öndürmek, daşamak we ulanmak üçin niýetlenen maşynlaryň, apparatlaryň, abzallaryň we gurluşlaryň jemine *sowadyjy desgalar* diýip at berilýär.

Bu kitapda getirilen maglumatlar talyplaryň we hünärmenleriň sowuk üpjünçilik boýunça bar bolan bilimleriniň üstüni ýetirer, şeýle-de şu ugurda işleýän hünärmenlere geçilen materiallary gaýtalamak üçin peýdaly bolar.

.
.

1. SOWADYJY MAŞYNLARYŇ TERMODINAMIKI ESASLAR

1.1. Sowuk we gyzgyn barada düşünje

Sowugyň we gyzgynyň (yssynyň) fiziki tebigaty bir zatdyr, ýöne olaryň tapawudy olardaky molekulalaryň we atomyň hereketi bilen tapawutlanýar.

Eger-de gyzgyn (yssy) aýrylsa, onda molekulalaryň hereketi peselýär, kiçelýär we jisim sowatýar. Eger-de gyzgyn jisime berilse, onda onuň molekulalarynyň hereketi tizleşýär we jisim gyzýar. Diýmek, jisimiň gyzmagy we sowamagy olaryň molekulalarynyň hereketidir, ýagny, her bir fiziki jisim molekulalardan durýandyr. Gyzgyn jisimi daşky gurşawyň temperaturasyňa çenli sowatmak sowadyjy tehnikany ulanmazdan daşky gurşawa(howa, suwa) öz-özünden ýylylygyň berilmegi arkaly amala aşyrylýar. Sowadyjy tehnikanyň esasy meselesi – jisimiň temperaturasyňy daşky gurşawyň temperaturasyndan has pes temperatura çenli sowatmak. Muny sowadyjy maşynlaryň ýa-da sowugyň maşynsyz çeşmeleriniň(mysal üçin, buz) kömegi bilen amala aşyrmak mümkin.

Fiziki jisimiň ýylylyk ýagdaýy *onuň gyzgynlyk derejesi* ýa-da *temperaturasy* bilen häsiýetlendirilýär. Birlikleriň Halkara sistemasy temperaturany ölçemek üçin iki temperatura şkalany ulanmaklygy göz önüne tutýär: *termodinamiki* (T) we *Halkara tejribelik* (t). Şkala boýunça hasaplama başlangyçdan (nuluň ýagdaýyndan) baglylykda bu şkalalaryň her biri boýunça temperatura *kelwinde* (K) we *Selsiniň gradusynda* (°C) aňladylýar.

Kelwiniň şkalasy absolýut nuldan başlanýar, özem, 1 Kelwin (K) birligi suwuň üçli nokadynyň termodinamiki temperaturasyňyň 1/273,16 bölegine deňdir:

$$1K = \frac{T_{ülnokat} - T_{absolbbnokat}}{273,16}$$

Kelwiniň temperaturasy T bilen belleniýär, temperaturalaryň tapawudy hem *kelwinlerde* aňladylýar.

Eger şkala buzun eremeginiň nokadyndan başlanýan bolsa, onda temperatura Selsiniň şkalasy boýunça ölçeniýär. Bu şkalanyň nul nokady absolýut nuldan 273,15 K ýokarda we suwuň üçli nokadyndan 0,01 K aşakda ýatýar (kadaly atmosfera basyşda):

$$1^{\circ}C = \frac{t_{suwuň gaýnamanokady} - t_{buzuň ereme nokady}}{100}$$

Selsiniň bir gradusy (1°C) ululygy boýunça bir kelwine (K) deň. Selsiniň temperaturasy t bilen belgilenýär. Şeýlelikde, $t = T - 273,15^{\circ}C \approx T - 273^{\circ}C$.

Ýylylygyň mukdarynyň birligi. IS sistemasynda energiýanyň ähli görnüşleriniň we şol sanda ýylylygyň ýeke-täk ölçeg birligi hökmünde Joul (J) kabul edilendir. Has amatly ululyk kilojoul (kJ) bolup durýar, 1kJ=1000J.

Tehnikada häzirki wagta çenli q ýylylygyň mukdaryny ölçemek üçin sistemadan daşarky ýylylyk birligi – kilokaloriýany (kkal) ulanýarlar, ýagny, adaty atmosfera basyşda 1kg suwy +19,5-den +20,5°C çenli gyzdyrmak üçin gerek bolan ýylylygyň mukdary: 1kkal=4186.8 J=4.1868 kJ.

Dürli jisimleriň birmeňzeş agramyny şol bir gradusa çenli gyzdymak üçin dürli möçberde ýylylygy bermek zerurdyr. Bu jisimleriň fiziki häsiýetlerinden baglylykda olaryň dürli ýylylyk sygyma eýediginden düşündirilýär. 1kg jisimi 1K gyzdymak ýa-da sowatmak üçin zerur bolan ýylylygyň mukdaryna udel ýylylyk sygym (c) diýilýär. Udel ýylylyk sygym [$J/(kg \cdot K)$] jisimiň temperaturasy 1K üýtgände onuň massasynyň birligine degişli entalpiýasynyň üýtgemesini görkezýär:

$$c = (1 / m) (\Delta i / \theta)$$

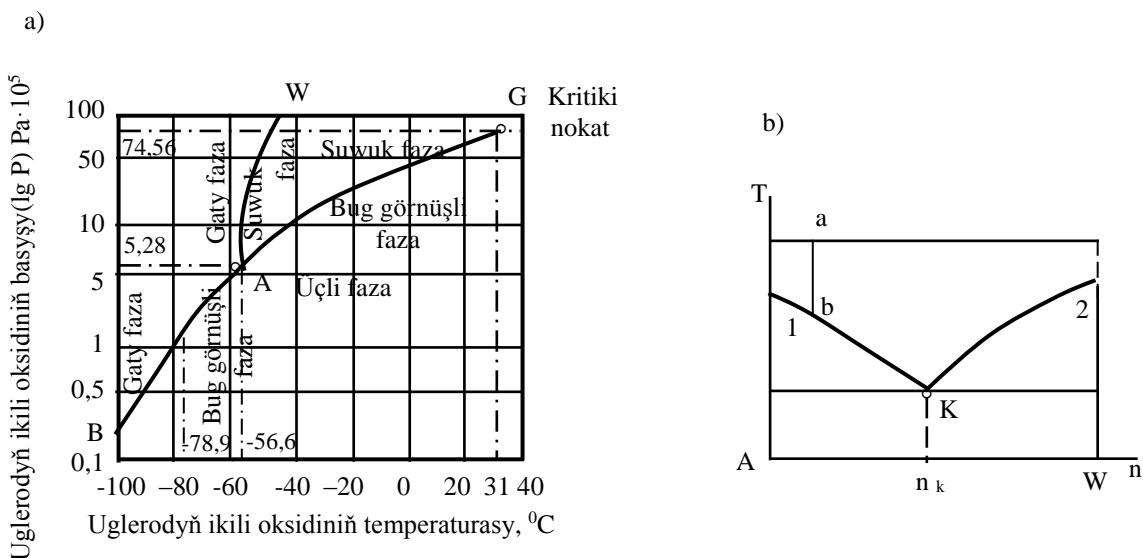
bu ýerde: m - jisimiň agramy, 1 kg; Δi - jisimiň entalpiýasynyň üýtgemegi, J/kg; θ - temperaturalaryň tapawudy, 1K.

Suwuklygyň we gaty jisimiň ýylylyk sygymy olaryň temperaturasyndan bagly. Temperaturanyň peselmegi bilen ýylylyk sygym köp halatlarda peselýär.

1.2. Pes temperaturany almagyň usullary. Jisimleriň faza üýtgemelerinde sowatmak

Jisimleriň agregat ýagdaýy (gaty, suwuk, gaz görnüşli) daşky şertlere bagly – temperatura t we basyş P . Şu şertleriň kesgitli üýtgemeginde jisimdäki molekulalaryň arasyndaky baglanyşygyň görnüşi üýtgeýär we ol başga agregat ýagdaýa geçýär.

Birjynsly jisimiň bir agregat ýagdaýdan başga agregat ýagdaýa geçmekligine *fazalaýyn öwrülmesi* diýilýär. Birjynsly jisimiň fazalaýyn öwrülmesi onuň geçiş şertinden we fiziki alamatyndan baglylykda hemişelik temperaturada geçýär we molekulalaryň arasyndaky aragatnaşyga sarp bolýan gizlin ýylylygyň bölünmegi ýa-da siňdirilmegi bilen bolup geçýär.



Sur.1. Fazanyň deňagramlylyk diagrammasy.

a - Uglerodyň ikili oksidi b - A we W- düzüjileriň ikili ulgamy görkezijisi.

Jisimiň agregat ýagdaýynyň üýtgemeginiň prosesine uglerodyň ikili oksidiniň fazaly çyzgysynda seredip geçeliň (sur.1, a). Cyzgyda AB cyzyk gaty jisimiň we gazyň çägin, AW cyzyk – gaty jisimiň we suwuklygyň çägin, AG – suwuklygyň we gazyň çägin bölýär. AB, AW, AG, cyzyklaryň aýry nokatlarynda

jisim birwagtda iki fazada bolup biler: gaty we gaz görnüşli, gaty we suwuk, suwuk we gaz görnüşli. A nokatda (üçli nokat) madda üç fazada bolup biler: gaty, suwuk we gaz görnüşli. Şeýle ýagdaý *ewtektik* diýip atlandyrylýar. Üçli nokadyň parametri maddanyň fiziki alamatyndan bagly. $t > t_{kr}$ (G nokatda – kritiki) bolanda diňe gaz görnüşli faza galýar.

Fazalaýyn öwrülme himiki üýtgemeklige getirmeýär we fiziki proses bolup durýar. Käbir maddalar bu öwrülmelerde (eremek, gaýnamak, sublimasiýa) pes temperaturalarda ýylylygyň uly mukdaryny siňdirýär, we olary sowadyjy effekti almak üçin ulanmaga mümkinçilik berýär.

Ereme. Suw buzunyň eremegi $t > 0^{\circ}\text{C}$ –da sowatmak üçin giňden peýdalanylýar. Has pes temperaturany almak üçin buza ýa-da gara duz goşulýar. Garyndylar, ereme prosesinde ýylylygy siňdirmek esasyda taýýarlanylýar. Duz we suw iki ulgamy emele getirýär, sur.1, b böleginde A we W dürli komponentleriň ýagdaýynyň üýtgemesiniň prosesi T temperatura we n konsentrasiýa koordinatalarda görkezilen. a düzümlü ergin sowanda ilki onuň temperaturasy hemişelik konsentrasiýada b nokada çenli peselýär, we bu ýagdaýda W suwuklykda ýüzýän A komponentiň kristaly emele gelip başlaýar. Şeýlelikde, suwuklygyň temperaturasy 1 çyzyk boýunça K nokada çenli peselýär. K nokatda W komponentiň kristallaşmasy başlanýar we gutarýar. n_k düzümdäki ergin beýleki erginlerden berlen komponent üçin has pes hemişelik temperaturada doňmaklygy bilen tapawutlanýar. Bu temperatura *ewtektiki ýa-da kriogidrat* diýip atlandyrylýar. Sowatmak üçin iň köp ýaýran erginiň garyndysy – buz bilen hlorly natriniň ($-21,2^{\circ}\text{C}$ çenli) we buz bilen hlorly kalsiniň (-55°C çenli) erginidir.

1kg buzy ýa-da onuň garyndysyny eretmek üçin gerek bolan ýylylygyň mukdaryna onuň *ereme ýylylygy* diýilýär. Erginiň komponentiniň ereme temperaturasynyň t_{er} peselmegi bilen sowadyjy garyndynyň ereme ýylylygy q_{er} hem peselýär. Durmuşda sowatmak üçin ewtektiki erginlerden edilen buz ulanylýar, onuň pes temperaturasy ewtektiki nokatdan kesgitlenýär. Mysal üçin $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ triosulfat natriniň we NaNO_3 natriý nitratynyň suwly ergininiň t_d doňma temperaturasy deňşilikde -11°C we $-18,5^{\circ}\text{C}$. 66% -li H_2SO_4 kükürt kislotanyň we gar ýa-da böleklere bölünen buzun deň mukdaryndaky garyndy $t_d = -37^{\circ}\text{C}$ eýe. Kislotanyň mukdarynyň azalmagy bilen erginiň doňma temperaturasy t_d ýokarlanýar.

Gaýnama. Bug emele gelmek prosesi suwuk jisime ýylylyk berlende bolup geçýär. 1 kg doýgun suwuklygy gury doýgun buga öwürmek üçin gerek bolan ýylylygyň mukdaryna bug emele gelmegiň *udel ýylylygy* q_b diýilýär. Sowatmak üçin P_{at} atmosfera basyşynda pes gaýnama temperatura t_0 we uly bug emele gelmegiň ýylylygyna q_b eýe bolan suwuklyklar ulanylýar: t_0 we q_b gaýnama basyşdan P_0 bagly: P_0 gaýnama basyşyň artmagy bilen t_0 gaýnama temperatura artýar, bug emele gelmegiň ýylylygy q_b kemelýär. Suwuklygyň gaýnama prosesi bug sowadyjy maşynlaryň siklinde, ýagny, emeli sowatmakda giňden ulanylýar,

Sublimasiýa. Gaty jisimiň suwuklyga öwrülmän göniden-göni buga öwürmegine *sublimasiýa* diýilýär. Sowatmak üçin sublimirlenen gaty uglerodyň ikili oksidi (gury buz) ulanylýar. „Gaty jisimiň“ suwa öwrülmezden göniden-göni buga öwürmeginiň temperaturasy (gury buzun) P_{at} -da $-78,9^{\circ}\text{C}$ deň,

sublimasiýanyň ýylylygy – 574 kJ/kg; wakuuma çenli basyşy kiçeldip, „gury buzuň“ sublimasiýasynyň temperaturasyny –100°C çenli peseltmek mümkin.

Gazlaryň giňelmeginiň hasabyna sowatmak. Gysylan gaz adiabat giňeldilende temperatura peselýär, sebäbi bu ýagdaýda daşky iş gazyň içki energiýasynyň hasabyna ýerine ýetirilýär. Ideal gaz üçin adiabat prosesde T we P arasyndaky baglanyşyk:

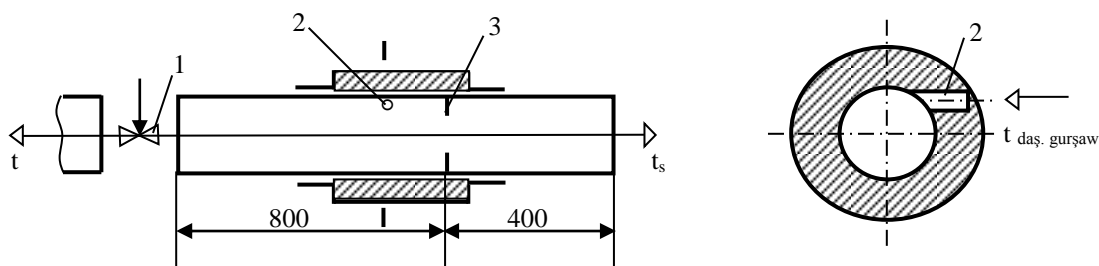
$$T_2 / T_1 = (P_2 / P_1)^{(k-1) / k}$$

bu ýerde k – adiabat gysylmanyň görkezijisi.

$t_1=25^\circ\text{C}$ -da 9 MPa çenli gysylan howa 0,1 MPa çenli adiabat giňeldilse, onda $k=1,4$ görkezijide ahyrky temperatura $T_2/T_1(P_2/P_1)^{(k-1)/k} = 298 (0,1/9)^{0,4/1,4}=82,2\text{K}$, ýa-da $t=82,2 - 273=-190,8^\circ\text{C}$. Pes temperaturany almagyň şeýle usuly çuň sowuk almagyň tehnikalarynda we howa sowadyjy maşynlarda ulanylýar.

Drosselirleme arkaly sowatmak (Joul-Tomsonyň effekti). Daraldylan ýş (wentil, kran) arkaly gaz ýa-da suwuklyk geçende olaryň basyşynyň peselmegine *drosselirlenme* diýilýär. Bu prosesde daşky iş ýerine ýetirilmeyär we entalpiýa hemişelik galýar. Daralan ýş arkaly gaz geçende gazyň içki energiýasy içki sürtülmäni ýeňip geçmeklige sarp edilýär. Drosselirlenmede real gazyň temperaturasynyň üýtgemegine *Joul-Tomsonyň effekti* diýilýär. Ol çuň sowatmagyň teknikasynda ulanylýar. Drosselirlemede temperatura adiabat giňelme bilen deňeşdireniňde ep-esli az peselýär.

Köwlenme effektde sowatmak. Fransuz inženeri Rank 1931ý. sowatmak üçin köwlenme effekti ulanmagy teklip etdi. Bu effekt ýörite “köwlenme trubanyň” kömeginden alynýar, onuň gurluşy sur.2 görkezilen. Kompressorda gysylan we daşky gurşawyň temperaturasyna $t_{\text{daş. gur.}}$ çenli sowadylan howa 2 soplo gelýär we giňelmeden soňra erkin köwlenmäni emele getirip ondan uly tizlikde çykýär, bu ýagdaýda aýlawyň burç tizligi daşynda(gyrasynda) kiçi we trubanyň okunyň golaýynda örän ýokary. 1 drossel wentil boýunça hereket etdigiçe gaz gatlaklaryň arasyndaky sürtülme güýjiň täsirinden akym takmyny hemişelik burç tizligine eýe



Sur.2. Köwlenme turbasy

bolýar, ýagny, içki gatlaklarda tizlik kemelýär, daşkyda – artýar. Gazyň bölünme prosesiniň başlangyç pursadynda bölejikleriň aýlanmasynyň burç tizliginiň trubanyň okundan käbir aralykda öňki pursatdan ulydygy sebäpli, kinetik energiýanyň artykmaçlygy alynýar, ol bolsa daşky gatlaklara berilýär we olaryň temperaturasyny artdyrýar: gazyň içki gatlaklary sowatýar. Netijede gazyň daşky gatlaklary 1 drossel wentil arkaly t_g gyzdyrlan, içki gatlaklary (3 diaframadaky ýş arkaly) t_s sowadylan görnüşde çykýar. Tejribelikleriň görkezişi ýaly $t_{\text{daş. gur}}$ temperaturaly howanyň pes basyşlarynda $t_s = -10 \div -50^\circ\text{C}$ sowuk akymy we $t_g=100$

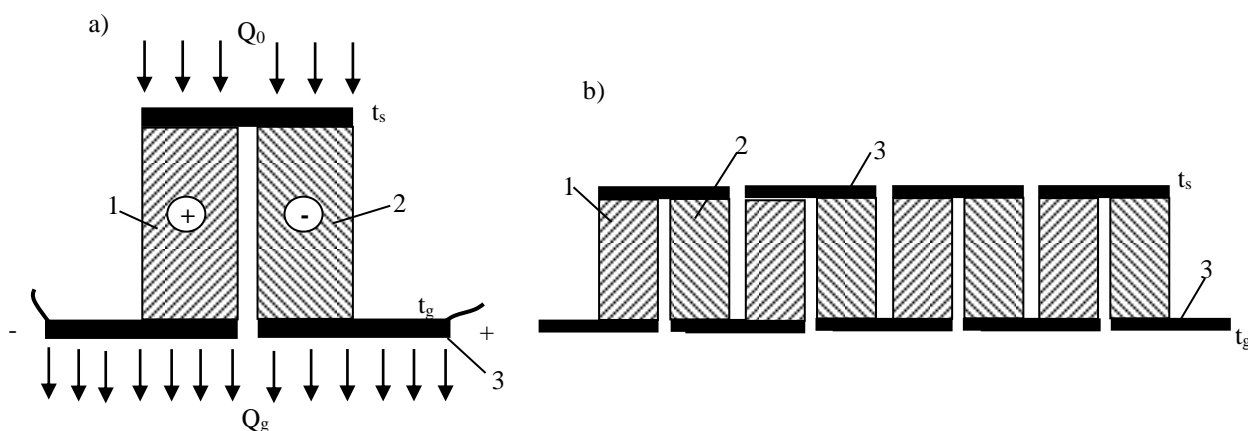
÷ 130°C gyzgyn akymy almak mümkin.

Köwlenme desgasynda sowadyş prosesi elektrik energiýanyň köp mukdarynyň sarp edilmegini talap edýär. Bu usulda sowatmaklygyň artykmaçlygy – köwlenme trubanyň konstruktiv ýönekeýligi, işleýiş ygtybarlygy we işe göýbermegiň ýönekeýligi.

Termoelektriki sowatmak. Ol Peltýeniň (1834 ý. açylan) hadysasyna esaslanan: dürli iki geçirijiden durýan zynjyrdan hemişilik tok geçirilende, seplesikleriň biri gyzýar, beýlekisi – sowaýar. Siňdirlen ýa-da bölünip çykýan ýylylygyň mukdary toguň güýjüne I we wagta τ proporsional:

$$Q_p = \Pi I \tau,$$

bu ýerde Π – Peltýeniň koeffisienti, ol ulanylýan materiallaryň fiziki alamatyndan we seplesiklerdäki temperaturadan bagly.



Sur. 3. Termoelektrik sowatmak:
a - ýarymgeçiriji termoelement; b - termobatareýa.

Ýarymgeçirijileriň alamatlary belli bolandan soňra, Peltýeniň hadysasy tejribelikde has-da giňden ulanylyp başlandy. Sowatmak üçin mis plastinkalar 3 arkaly yzygider birleşdirilen, 1, 2 iki ýarymgeçirijiden durýan termoelementler ulanylýar (sur. 3, b). Eger-de termoelement arkaly hemişelik tok geçirsek, onda bir seplesikde Q_0 ýylylyk siňdirilýär we ol t_s çenli sowaýar, beýleki seplesikde Q_g ýylylyk bölünýär we ol t_g çenli gyzýar.

Termoelektrik sowatmak – sowadyş tehnikasynda ýene-de bir ugur. Onuň artykmaçlygy – sessizlik, basyş astyndaky maddalaryň bolmazlygy, ykjamlygy; ýetmezçiligi – elektrik energiýanyň köp sarp edilmegi we ýokary gymmatlylygy.

Magnitokaloriki sowatmak. Magnitokaloriki hadysa, ýagny magnit meýdanyň güýjenmesi üýtgände temperaturanyň üýtgemek prosesi, pes temperaturalaryň fizikasy we tehnikasy üçin wajyp baha eýe. Tebigatda ähli maddalar käbir derejede magnit alamatlara eýe, sebäbi elektronlardan, protonlardan we neýtronlardan durýan atomlar magnit momentlere eýe. Atomlaryň we molekulalaryň magnit momentleri giňişlikde birmeňzeş ugrukma eýe bolup biler. Magnit momentleri tertipleşen düzüme eýe bolan maddalara *magnit* diýip atlandyrylýar. Tebigy we emeli maddalaryň köpüsi atomlaryň we molekulalaryň magnit momentleriniň paýlanmasynyň tertipsiz kanunyna eýe. Magnit momentleriň ugurlarynyň tertipleşen düzümini daşky magnit meýdanyň täsiri astynda döretmek mümkin, onuň paramertleri M wektor we H güýjenme bilen

häsietlendirilýär. Magnitlenmeklige ukuply maddalar atomlaryň magnit momentleri orientirlenende magnitlenme we magnitlilik wektoryň düzüjilerine eýe bolýarlar. Magnitlilik V göwrümdäki maddanyň ähli bölejikleriniň magnit momentleriniň wektor jeminiň bu göwrümiň ululygyna bolan gatnaşygyna deň.

Maddanyň elementleriniň magnit momentleriniň bir ugra öwrülmege üçin energiýa sarp edilýär. Şol sebäpden magnitlenme (magnitsizlenme) hadysasy temperaturanyň üýtgemegi bilen bolup geçýär we *magnitokaloriki* diýip atlandyrylýar.

Paramagnit maddalarda maddanyň elementleriniň magnit momentleriniň ugrunyň üýtgemegi boýunça ulgamyň işi içki energiýanyň hasabyna amala aşyrylýar. Paramagnitleriň adiabat prosesde magnitlenmegi temperaturanyň artmagy, magnitsizlenmegi – peselmegi bilen bolup geçýär. Bu ýagdaýda

$$\frac{dT}{dH} = \frac{1}{c_p} T \frac{dN}{dT}$$

Ideal magnetikler magnitlenmekligiň has uly bahasyna eýe we magnitokaloriki effekti ulanmak arkaly pes temperaturany almak üçin has oňat maddalar bolup durýar. Pes temperaturalaryň tehnikaşynda magnitokaloriki effekt absolýut nula ýakyn temperaturany almak üçin ulanylýar. Sowatmak prosesi üç tapgyrdan durýar. Birinji tapgyrda madda magnitlenýär, bu ýagdaýda onuň temperaturasy ýokarlanýar. Ikinji tapgyrda magnitlenen we “gyzgyn” maddanyň sowamasy amala aşyrylýar. Üçünji tapgyrda daşky magnit meýdanyň naprýaženiýeligi peselýär. Bu proses magnitlenen we öň sowadylan maddanyň içki energiýasynyň sarp edilmeginiň hasabyna onuň başlangyç temperaturasyndan peselmegine getirýär. Ýylylykdan goralan ulgam üçin daşky magnit meýdanyň naprýaženiýeligi peselende daşky gurşawdan ýylylygyň berilmegi bolup geçýän prosese düýpli täsir edip bilmez, hiç bolmanda olaryň başlangyç tapgyrynda. De Gaaz, iki kwassyň garyndysy bilen işläp ($K_2SO_4 \cdot Cr_3(SO_4)_2 \cdot 2H_2O + 14.4K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$), magnit meýdanyň naprýaženiýeligi 20000 esse peseldilende $T=0.0044K$ temperaturany aldy.

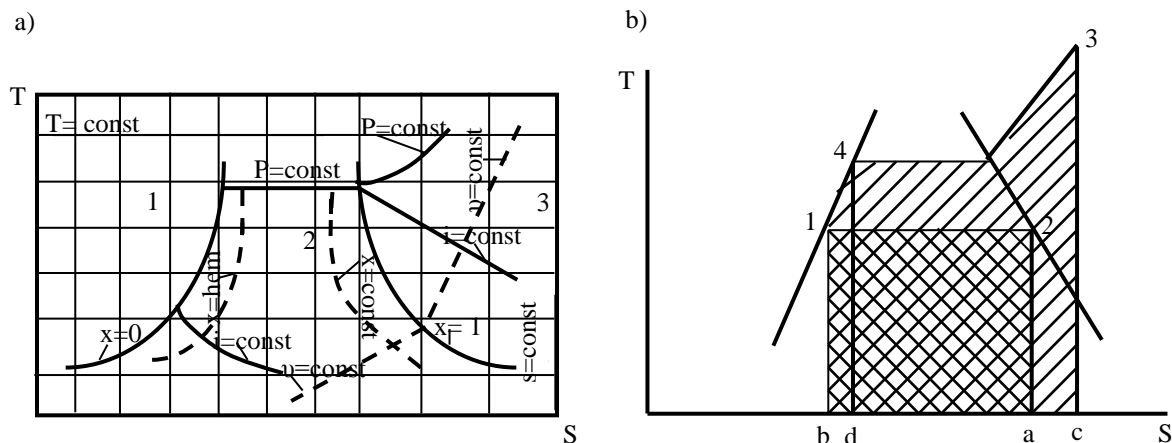
1.3. Ýylylyk diagrammalar

Sowadyjy maşynyň sikliniň hasaplamasynda işçi jisimiň parametrlerini kesgitlemek üçin sowadyjy jisimleriň gury doýgun buglarynyň tablisasy (goşundy I-III [14]), şeýle-de ýylylyk diagrammalar [14] ulanylýar. Has giň ýaýran diagramma entropiýa–temperatura (s - T) we entalpiýa–basyş (i - p).

s-T diagramma. s - T diagrammada (sur. 4, a) absissa okunda s entropiýanyň bahasy goýulýar we hemişelik s – adiabatanyň wertikal çyzyklary geçirilýär, ordinata oky boýunça absolýut temperaturanyň T bahasy goýulýar we hemişelik T - izotermanyň gorizontall çyzyklary geçirilýär.

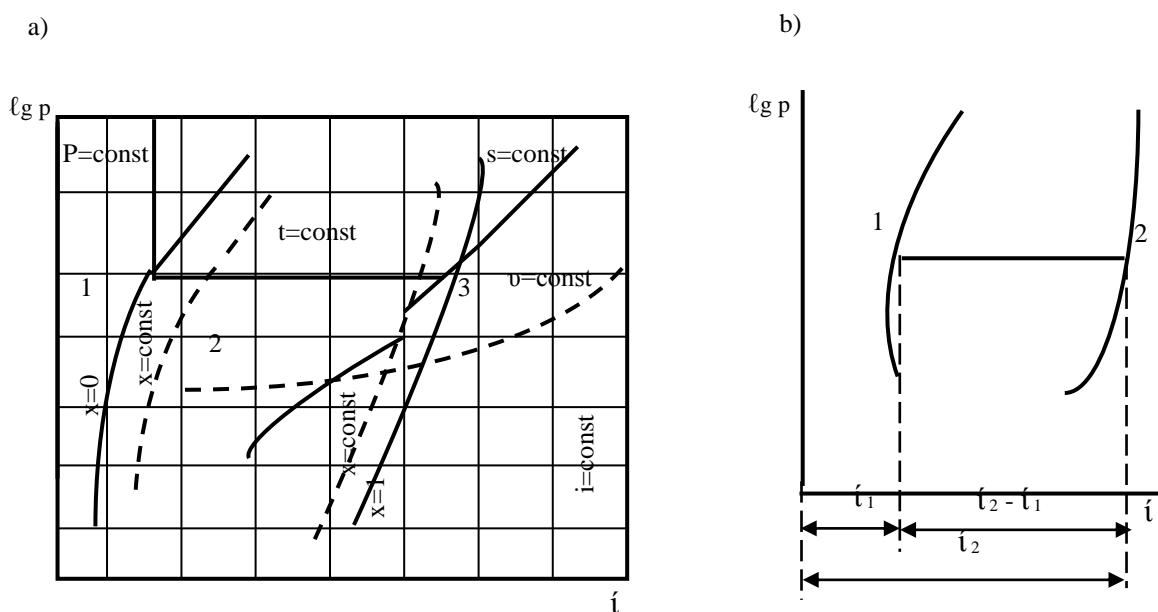
Adiabatadan we izotermadan alynan tora, degişlilikde, doýgun buguň ($x=0$ bug saklaýjylygy) we gury doýgun buguň ($x=1$) ýagdaýyny häsiýetlendirýän çäk egriler çyzylýar. Iki çäk egrileriň arasy çygly buguň 2 meýdanyny aňladýar. $x=0$ çäk egri 2 çygly buguň meýdanyndan 1 aşa sowadylan suwuklygyň meýdanyny bölýär, $x=1$ egri – çyglydan 3 aşa gyzdyrylan buguň meýdanyny bölýär. Diagramma hemişelik bug saklaýjylygyň x : hemişelik basyşyň P – izobaralaryň;

hemişelik udel göwrümleriň v – izohoralaryň; hemişelik entalpiýalaryň i – izoentalpiýalaryň çyzyklary geçirilen. Izobara çygly buguň meýdanynda izoterma gabat gelýär, a gyzan buguň meýdanynda ýokary galýar. Berlen we aýyrlan ýylylygyň mukdary, sarp edilen we alynan iş s - T diagrammada meýdanlar arkaly şekillendirilýär. 1–2 izotermik prosesde jisime berlen ýylylyk 1–2–a–b meýdana, 3–4 izobarik prosesde aýyrlan ýylylyk 3–4–d–c meýdana gabat gelýär (sur. 4, b).



Sur.4. s - T diagramma

i - p diagramma. Diagrammanyň toruny izobaralaryň gorizontall çyzyklary we izoentalpiýalaryň wertikal çyzyklary düzýär (sur. 5, a). Diagrammadan peýdalanmagyň amatlylygy üçin adatça ordinata oky boýunça logarifmik möçberi



Sur.5. i - $\lg p$ diagramma

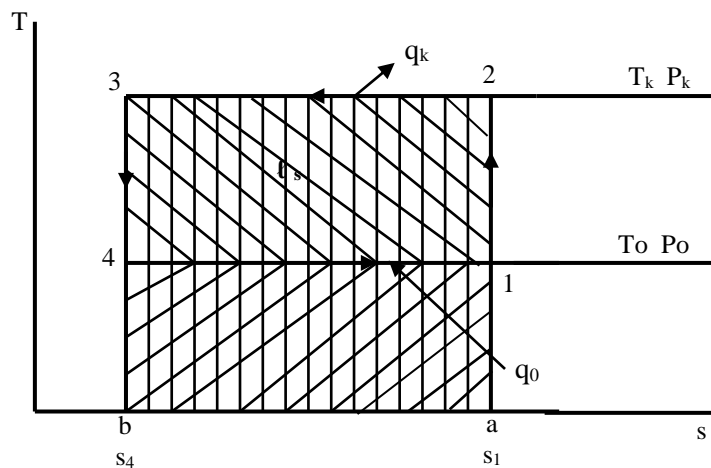
($\lg p$) kabul edýärler. Diagramma t , s , x , v hemişelikler girizilen. Adibat proses üçin ýylylygyň we işiň diagrammada meýdanlar bilen dälde, absissa oky boýunça kesiklerde şekillendirilmegi i - $\lg p$ diagrammanyň artykmaçlygy bolup durýar. 1–2 izotermik prosesde berlen ýylylyk entalpiýalaryň tapawudyna deň (1–2 kesik, sur. 5, b).

1.4. Ters aýlawly hadysasy

Termodinamikanyň ikinji kanunyna laýyklykda üznüksiz emeli sowatmaklyk energiýany sarp etmezden bolup bilmez. Şu ýagdaýda bolup geýän prosesleriň jemine *ters aýlaw prosesi ýa-da termodinamiki ters sikl* diýilýär. Göni aýlaw prosesinde (ýa-da göni termodinamiki siklde) ýylylyk gyzgyn jisimden sowuga (daşky gurşawa) berilýär; bu pursatda iş amala aşyrylýar. Ters aýlawda ýylylyk sowuk jisimden gyzgyna (daşky gurşawa) berilýär; bu halda iş sarp edilýär. Ýylylygyň sowadylýan gurşawdan daşky gurşawa (suwa ýa-da howa) berilýän ters sikline *sowadyş sikli* diýilýär.

Termodinamiki nukdaý nazardan has kämilleşen, minimal iş sarp etmek bilen amala aşyrylýan Karnonyň ters sikline seredeliň.

Sowadyjy sikl. s-T diagrammada Karnonyň sikli sur. 1.6 görkezilendir. Ol iki izotermik we iki adiabat proseslerden durýandyr. 4–1 izotermiki prosesde işçi jisime T_0 pes temperaturaly ýylylyk çeşmesden aýrylýan q_0 ýylylyk mukdary getirilýär (4-1-a-b meýdan). 1-2 adiabat prosesde işçi jisim kompressoryň kömegi bilen P_0 başlangyç basyşdan P_k ahyrky basyşa çenli gysylýar. Şunuň bilen birlikde



Sur.6. Karnonyň ters sikli.

onuň T_0 temperaturasy daşky gurşawyň temperaturasyna ýa-da T_k ýokary temperatura çeşmesine çenli ýokarlanýar. Gysmaklyga ℓ_{gys} iş sarp edilýär. Izotermiki prosesde 2-3 işçi jisim T_k ýokary temperaturanyň çeşmesine q_k ýylylygy berýär (2-3-b-a meýdan). Ýene-de işçi jisim pes temperaturanyň çeşmesinden ýylylygy alar ýaly ol detanderde (3-4 proses) P_k basyşdan P_0 basyşa çenli adiabat giňelýär, şunuň bilen birlikde onuň temperaturasy T_k -dan T_0 -a çenli peselýär we işçi jisim $\ell_{giň}$ işi ýerine ýetirýär. Şeýlelikde, ters sikliň ýerine ýetirilmegi bilen q_0 ýylylyk T_0 pes temperaturanyň çeşmesinden aýrylýar we T_k ýokary temperaturaly çeşmesine berilýär. Munuň üçin sikliň ℓ_s işi sarp edilýär, ol kompressorda sarp edilen we detanderde alynan işiň tapawudyna deň.

$$\ell_s = \ell_{gys} - \ell_{giň}.$$

Termodinamikanyň ikinji kanunyna görä, sowadyjy maşynlaryň ýylylyk balansy:

$$q_0 + \ell_s = q_k; \quad (1.1)$$

Degişlilikde, ℓ_s ululyk 1-2-3-4 meýdana gabat gelýär, ýagny, 2-3-b-a we 4-1-a-b meýdanlaryň tapawudyna deňdir.

Sowadyjy sikliniň effektivligi onuň sowadyjy koeffisienti ε arkaly bahalandyrylýar, ol sowadylýan çeşmeden aýyrylan ýylylygyň mukdarynyň sarp edilen işe gatnaşygyny aňladýar

$$\varepsilon = q_o / \ell_s \quad (1.2)$$

(1.1) formuladan ℓ_s -ň bahasy goýup, alarys:

$$\varepsilon = q_o / (q_k - q_o) = T_o (s_1 - s_4) / [T_k (s_1 - s_4) - T_o (s_1 - s_4)] = T_o / (T_k - T_o) \quad (1.3)$$

(1.3) formuladan görnüşi ýaly, Karnonyň sikliniň sowadyjy koeffisienti işçi jisimiň fiziki häsiýetine bagly bolman, diňe T_o we T_k temperaturalaryň funksiýasy bolup durýar. T_o näçe uly we T_k näçe kiçi bolsa, sowadyjy koeffisient şonça-da uly. Işin hakyky şertlerinde pes temperaturanyň çeşmesi sowadyjy jisim bolýar (howa, suw, duzly suw, toprak we ş.m.); ýokary temperaturanyň çeşmeleri – daşky gurşaw (suw ýa-da howa).

(1.2) formula görä, sowadyjy koeffisient näçe uly bolsa, bir birlik sowugy almaklyga şonça-da az iş sarp edilýär, ýagny, sowadyjy maşynyň işleýşiniň ykdysady görkezijisi şonça-da uly. Şeýlelikde, sowadyjy desga taslanylanda T_o has ýokary we T_k has pes temperaturasyna ymtylýarlar.

Sowadyjy sikliniň işçi maddasyna *sowadyjy jisim* diýilýär.

Sowadyjy jisimiň udel massa we göwrüm sowuköndürijiligi. Emeli sowatmak arkaly bir birlik wagtda alynýan ýylylygyň mukdaryna *sowadyjy maşynyň sowuköndürijiligi* Q_o (Wt) diýilýär. Sowadyjy jisimiň bir birlik massasyna degişli sowuköndürijiligine onuň *udel massa sowuköndürijiligi* q_o (kJ/kg) diýilýär. Göwrümiň birligine degişli edilen udel massa sowuköndürijilige *sowadyjy jisimiň göwrüm sowuköndürijiligi* q_v (kJ/m³) diýilýär.

$$q_v = q_o / v,$$

bu ýerde v - gury doýgun ýa-da aş gyzdyrylan buguň udel göwrümi, m³/kg.

t_o gaýnama we t_k kondensasiýa temperaturalardan sowuköndürijiligiň baglylygy. Gury doýgun buglaryň tablisasyndan (I–III goşunda seret) görnüşi ýaly t_k kemelmegi bilen suwuklygyň entalpiýasy kemelýär. t_o artmagy bilen gury doýgun buguň entalpiýasy artýar we udel göwrümi kemelýär. Degişlilikde, t_k kemelmegi we t_o artmagy bilen sowadyjy jisimiň sowuköndürijiligi artýar, sikli amala aşyrmaklyga sarp edilýän iş azalýar.

Ýylylyk nasosyň sikli. Her bir sowadyjy maşyn düýp manysa boýunça ýylylyk nasos bolup durýar, sebäbi ol pes temperaturaly potensialdan has ýokara ýylylygy geçirmeklige gulluk edýär. Emma adaty sowadyjy siklde ýyly çeşme daşky gurşaw bolup durýar, şeýlelik-de mesele jisimi $t < t_{\text{daş.gur.}}$ çenli sowatmak. Şeýle sikli göz önüne getirelin, daşky gurşaw sowuk çeşme, we onuň ýerine ýetirýän wezipesi $t > t_{\text{daş.gur.}}$ ýylylygy almak. Bu sikl adaty *ýylylyk nasosyň sikli* diýip atlandyrylýar. Ýylylyk nasos üçin Karnonyň sikli s-T diagrammada edil sowadyjy maşynyňka meňzeşlikde şekillendirilýär (sur. 7, a). Bu sikliniň effektivligi alynan ýylylygyň sarp edilen işe gatnaşygundan kesgitlenilýär we *özürtmegiň koeffisienti ýa-da ýylatmagyň koeffisienti* diýip atlandyrylýar:

$$\mu = q_k / \ell_s. \quad (1.4)$$

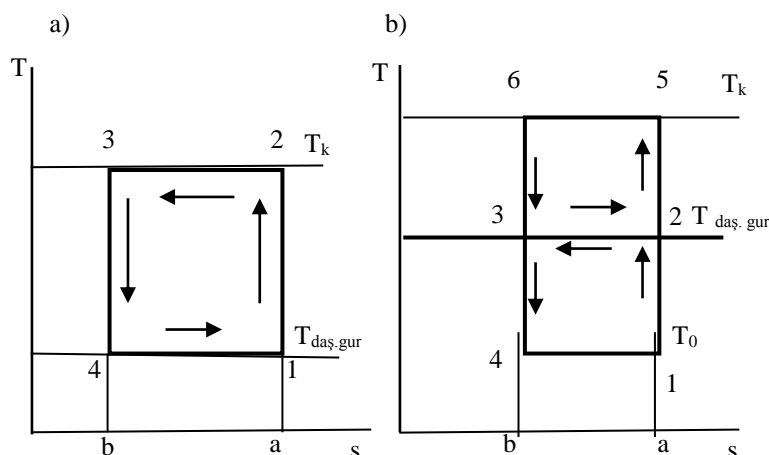
Özürtme koeffisienti berlen şertlerde ýylylygyň birligini almaklyga sarp

edilen iş häsiýetlendirýär. Ony (1.4) formulada ℓ_s ýerine $q_k - q_o$ tapawudy goýmak arkaly temperaturanyň üsti bilen aňlatmak mümkin:

$$\mu = q_k / (q_k - q_o) = T_k (s_a - s_b) / [T_k (s_a - s_b) - T_{\text{daş.gur}} (s_a - s_b)] = T_k / (T_k - T_{\text{daş.gur}}) \quad (1.5)$$

(1.5) formuladan görnüşi ýaly, gyzdyrylýan jizimiň T_k temperaturasy näçe uly bolsa we daşky gurşawyň $T_{\text{daş.gur}}$ temperaturasy kiçi bolsa, özgertme koeffisienti şonça-da kiçi. Degişlilikde, bir birlik ýylylygy almak üçin şonça-da köp iş sarp edilýär. (1.1) formulanyň iki tarapyny hem ℓ_s -e bölüp alarys:

$$\mu = \varepsilon + 1 \quad (1.6)$$



Sur.7. Ters sikl:

a – ýylylyk nasos; b – utgaşdyrylan.

Utgaşdyrylan sikl. Ters sikli ýerine ýetirmek bilen bir wagtyň özünde sowuklygy we ýylylygy (gyzgyňlygy) almak mümkin. Şeýle sikl *ters utgaşdyrylan (kombinirlenen)* diýilýär (sur. 7, b). Ol iki siklden durýar: sowadyjy 1-2-3-4 we ýylylyk nasos 2-5-6-3. Ters utgaşdyrylan sikl beýleki iki siklden effektiv, sebäbi onda ýylylyk iki temperatura derejede ulanylýar.

Karnonyň ters utgaşdyrylan 4-1 prosesinde T_o temperaturada q_o ýylylyk berilýär (bu ýylylyga 4-1-a-b meýdan degişli), 5-6 prosesde T_k temperaturada q_k ýylylyk aýyrylýar (bu ýylylyga 5-6-b-a meýdan degişli). Siklde 1-5-6-4 meýdan bilen ölçelýän ℓ_s iş sarp edilýär. Bu meýdanlaryň esasy a-b birdir, şonuň üçin olar öz beýikliklerine proporsionaldyr.

Sur. 7, b görnüşi ýaly ýylylyk nasosda berilýän we sowadyjy siklde alynýan ýylylyk mukdarynyň gatnaşygy aýdyň:

$$q_k / q_o = (\text{a-5-6-b meýdan}) / (\text{a-1-4-b meýdan}) = T_k / T_o$$

Utgaşdyrylan sikl boýunça işleýän maşynlar jaýlary sowatmak we ýylatmakda üçin ulanylýar.

2.SOWADYJY JISIMLER WE SOWUKLYGY GÖTERIJILER

2.1. Sowadyjy jisimler

Sowadyjy jisimlerden edilýän talaplar: termodinamiki, fiziki-himiki, fiziologiki we ykdysady.

Termodinamiki talaplar. 1. Sowadyjy jisimiň q_0 göwrümleýin sowuköndürijiligi uly bolmaly, sebäbi q_0 uly bahasynda aýlanýan sowadyjy jisimiň kiçi göwrümi netijesinde kompressoryň ölçegleri we massasy ep-esli kiçelýär. Emma bu talap sowadyjy jisim saýlanylanda esasy bolup durmaýar, sebäbi q_0 artmagy bilen sowadyjy maşyndaky basyşyň tapawudy artýar, bu hem bolmasa gowy. 2. Gysylmanyň ahyrynda sowadyjy jisimiň basyşy has ýokary bolmaly däl, sebäbi ýokary basyş maşynyň konstruksiýasynyň çylşyrymlaşmagyna we agramlaşmagyna getirýär, ony howply edýär. 3. Sowadyjy jisimiň gaýnama basyşynyň atmosfera basyşdan ýokary bolmagy amatly, sebäbi wakuumda ulgama howanyň sorulmagy mümkin, bu sowadyjy maşynyň işleýşine zyýanly täsir edýär. 4. P_k/P_0 basyşlaryň gatnaşygy uly bolmaly däl, P_k/P_0 bahasynyň kemelmegi bilen sarp edilýän iş we göwrüm ölçegler kemelýär, kompressoryň PTK artýar. 5. Bug emele gelmegiň ýylylygy uly bolmaly, sebäbi ol näçe uly bolsa, zerur sowuköndürijiligi döretmek üçin aýlanýan sowadyjy jisimiň massasy şonça-da kiçi. 6. Sowadyjy jisimiň doňma temperaturasy pes, kritiki temperaturasy ýokary bolmaly, sebäbi birinji pes temperatura ýetmek mümkinçiligi çäklendirýär, ikinjiniň uly bolmadyk bahalarynda sowadyjy koeffisient kemelýär. 7. Trubageçirijilerde we klapanlarda gidrawliki ýitgileri kemeltmek üçin sowadyjy jisimiň dykzlygy we şepbeşikligi uly bolmaly däl. Mundan başga-da, şepbeşikligiň kemelmegi bilen ýylylyk berijilik we ýylylyk geçirip beriş koeffisientler artýar, bu ýylylyk çalşygy apparatlarda metalyň sarp edilişini azaltýar.

Fiziki-himiki talaplar. 1. Ulgamyň işleýşiniň bozulmagynyň we drosselde buz dykylaryň emele gelmeginiň bolmazlygy üçin sowadyjy jisimleriň suwda eremekligi maksadalaýyk. Mundan başga-da, erkin suw metalyň poslamagyna getirýär. 2. Sowadyjy jisimiň wajyp alamaty olaryň ýagda eremekligi. Eger-de sowadyjy jisim ýagda eremese, onda ol sowadyjy jisimden ýeňil aýrylýar we sowadyjy jisim ulgamdaky ýagyň mukdaryndan baglanyşyksyzlykda $t_0 = \text{const}$ gaýnaýar. Emma ýylylyk çalşygy apparatlaryň diwarlarynda ýylylyk geçirip berişi peseltýän ýag gatlagy emele gelýär, bu şeýle sowadyjy jisimleriň ýetmezçiligi bolup durýar. Eger-de sowadyjy jisim ýagda ereýän bolsa, onda ýagyň gatlagy ýylylyk geçirip beriş üstünden takmyny doly aýrylýar; bu ýylylyk geçirip berişi oňatlaşdyrýar. Ýöne ony bugardyjydan aýyrmak kyn, bu ýagdaý ýagyň konsentراسیasy artanda gaýnama temperaturany ýokarlandyrýar we maşynyň işleýşini ep-esli peseldip biler. 3. Sowadyjy jisim metallara (çyglylyk bolanda hem) neýtral bolmaly. 4. Sowadyjy jisimler ýanyjy we partlama howply bolmaly däl. 5. Sowadyjy jisimler syzmany ýeňil tapmaga mümkinçilik döreder ýaly ysa, reňke ýa-da beýleki alamatlara eýe bolmaly. 6. Sowadyjy jisimler ýokary temperaturalarda dargamaly däl.

Fiziologiki talaplar. Sowadyjy jisimler zäherli bolmaly däl, adamyň demikmegini, gözüniň, burnunyň we dem alyş ýollarynyň nemli bardasynyň gyjynmasyny döretmeli däl. Sowadyjy jisimiň howada barlygy ýeňil bilinmeli. Bu esasan howany kondisionirlemegiň ulgamlarynda sowadyjy desga ulanylanda we azyk önümleri saklamagyň sowadyş tehnologiýasynda wajyp. Sowadyjy jisimleriň köpüsi bu talaplary kanagatlandyrýar,

Ykdysady talaplar. Sowadyjy jisimler arzan we gyt däl bolmaly.

Sowadyjy jisimlerden edilýän köp taraply talaplar, ähli talaplary kanagatlandyrýan maddany tapmaklygyň mümkin dældigine getirýär, şonuň üçin sowadyjy jisim köp ýagdaýlarda ýerine ýetirýän wezipesinden, sowadyjy maşynyň iş şertinden we konstruktiv aýratynlyklaryndan baglylykda saýlanylýar.

Sowadyjy jisimleriň häsiýetnamasy. Bug sowadyjy maşynlaryň ilkinji sowadyjy jisimleriniň biri suw boldy; indi ol bugsuwly ežektorly we brom-litili absorpsion sowadyjy maşynlarda ulanylýar. Soňra ammiak NH_3 (1874ý.), kükürt oksidi SO_2 (1874ý.), hlorly metil CH_3Cl (1878ý.), uglerodyň ikili oksidi CO_2 (1881ý.) ulanylyp başlandy. Bu maddalardan has giň ýaýrany ammiak. Uglerodyň ikili oksidi diňe gury buzy almak üçin başlangyç önüm bolup hyzmat edýär, kükürdiň oksidi we hlorly metil ýokary derejede zäherliligi sebäpli ulanylmaýar hem diýmek mümkin. 1930 ýyldan täze sowadyjy jisimleri – freonlary ulanyp başladylar. Doýgun uglewodorodlaryň hatary C_mH_n görnüşli himiki formulada häsiýetlendirilýär.

Häzirki zaman sowadyş tehnologiýalarynda sowadyjy jisim hökmünde 20 golaý maddalar ulanylýar. Soňky wagtlarda esasan sowadyjy jisimleriň garyndylary ulanylýar.

Sowadyjy jisimleri belliklemek üçin standartlaşdyrmak boýunça Halkara guramasy tarapyndan işlenilip taýýarlanylýan ýörite sistema kabul edilen. Bu sistema laýyklykda, sowadyjy jisimi belliklemek atdan we sandan durýar. At R harp ýa-da refrigerant (sowadyjy jisim) söz bolup durýar. Sanlar sowadyjy jisimiň himiki formulasyndadan baglylykda aýdyňlaşdyrylýar. Ilki ýazylýar: 1– metan hatary üçin, 11–etan hatary üçin, 21–propan hatary üçin, 31–butan hatary üçin, soňra ftoryň atom sanyna deň san goýulýar. Wodorodyň atomynyň sany, eger-de bar bolsa, metanyň önümünde birinji sana, beýleki önümlerde ikinjä goşýarlar. Mysal üçin metan– CH_4 –R50; etan C_2H_6 – R170 we ş. m. Organiki däl gelip çykyşly sowadyjy jisimlere olaryň molekulýar massasyny plýus 700 deň sanawyny goýýarlar. Meselem, NH_3 we suw degişlilikde R717 we R718 bilen belleniýär. Käbir sowadyjy jisimleriň fiziki alamatlary tablisa 2.1 getirlen.

Sowadyjy jisimler basyşyň derejesinden baglylykda üç topara bölünýär: pes basyşly ýa-da ýokary gaýnaýan ($t_n - 10^\circ\text{C}$ –dan ýokary); orta basyşly ($t_n - 10^\circ\text{C}$ -dan -60°C -a çenli); ýokary basyşly ýa-da pes gaýanaýan ($t_n - 60^\circ\text{C}$ –dan pes).

Bu topara bölmeklik şertli we sowadyjy maşynlaryň toparyny şekillendirýär, olaryň içinde indikileri tapawutlandyrýarlar: ýokary temperaturaly ($t_0 - 10^\circ\text{C}$ –dan ýokary) – oňa ýylylyk nasoslar we howany kondisionirlemek üçin maşynlar, esasan bir basgançakly maşynlar degişli; orta temperaturaly ($t_0 - 10^\circ\text{C}$ -dan -30°C -a çenli), esasan bir basgançakly; pes temperaturaly bir basgançakly ($t_0 - 30^\circ\text{C}$ -dan -55°C -a çenli), iki basgançakly ($t_0 - 70^\circ\text{C}$ -a çenli) we kaskadly ($t_0 - 110^\circ\text{C}$ -a çenli).

Ammiak (R717). Reňksiz, bogujy ysly, adam organizmi üçin zäherli gaz. R717 howada çäklendirilen konsentrasiýasy 0,02mg/l. Uly konsentrasiýada ol gözüň we dem-alyş ýollaryň nemli bardasynyň güýçli gyzynmasyny döretýär, 0,5-1% ammiagyň konsentrasiýasy saklanylýan jaýda adam bir-iki minut gezende ölüm howpuna getirýär. Ammiagyň göwrümi boýunça 15-28% konsentrasiýada howa bilen birleşende ol partlama howply. Ammiagyň bugy howadan ýeňil. Gara metallara, alýuminiý we fosforly bürünje ol täsir etmeýär, emma çyglylygyň bar bolan ýagdaýynda beýleki reňki metallary (sink, mis we olaryň splawy) weýran edýär. Suwda oňat ereýär. Onda çyglylygyň 0.2% ýol berilýär. Ýagda ol az ereýär.

Termodinamiki alamaty boýunça ammiak iň oňat sowadyjylaryň biri.

Tablisa 2.1

Sowadyjy jisim	Formula	Molekulýar massa μ , kg/kmol	Adaty gaýnama temperatura t_s , °C	Kritiki temperatura t_{kr} , °C	Kritiki basyş P_{kr} , MPa	98kPa-da bug emele gelmegiň ýylylygy r , kJ/kg	Gaz hemişelik $R \cdot 10$, kJ/(kg K)
Pes basyşyň sowadyjy jisimleri							
R113	C ₂ F ₃ Cl ₃	187.38	46.82	214.00	3.389	147	0.4437
R11	CFCl ₃	137.37	23.65	198.00	4.370	182	0.6053
R21	CHFCl ₃	102.92	8.73	178.5	5.173	239	0.8078
R114	C ₂ F ₄ Cl ₂	170.92	3.63	145.70	3.333	133	0.4864
R12B1	CF ₂ BrCl	165.36	-3.83	153.73	4.252	131.5	0.5028
RC318	C ₄ F ₈	200.04	-5.97	115.32	2.780	112	0.4156
R142	C ₂ H ₃ F ₂ Cl	100.49	-9.2	136.45	4.138	223.5	0.8274
Orta basyşyň sowadyjy jisimleri							
R12	CF ₂ Cl ₂	120.91	-29.74	112.0	4.119	166	0.6876
R717	NH ₃	17.03	-33.35	132.4	11.397	1360	4.8816
R500	73.8% R12+26.2% R152	99.3	-33.3	105.5	4.36	197.3	0.8373
R501	75% R22+25%R12	-	-34	-	-	-	-
R115	C ₂ F ₅ Cl	154.46	-38.97	79.94	3.192	125.9	0.5383
R22	CHF ₂ Cl	86.47	-40.81	96.13	4.99	229	0.9616
R290	C ₃ H ₈	44.10	-41.97	96.81	4.269	419	1.8855
R502	51.2% R115+48.8% R22	111.63	-45.62	82.16	4.010	175	0.7448
R143	C ₂ H ₃ F ₃	84.04	-47.58	73.10	4.110	226	0.9893
R504	51.8% R115+48.2%R32	79.42	57.4	66.39	4.77	236	1.0493
R13B1	CF ₃ Br	148.91	57.77	66.9	3.946	118	0.5584
Ýokary basyşyň sowadyjy jisimleri							
R744	CO ₂	44.1	-78.5	31.2	7.383	573.13	1.8854
R13	CF ₃ CI	104.46	-81.59	28.75	3.868	149.7	0.7959
R23	CHF ₃	70.01	-82.14	26.3	4.811	239.5	1.1876
R170	C ₂ H ₆	30.07	-88.14	32.27	4.934	470	2.7651
R503	59.9% R13+40.1%R23	87.25	-87.84	19.5	4.338	179.5	0.9529
R1150	CH ₂ =CH ₂	28.05	-103.74	9.5	5.056	465.57	2.9637
R14	CF ₄	88.00	-128.02	-45.65	3.745	136.3	0.9448

Freon-11 (R11). Gaz howadan 4.74 esse agyr, adam organizmi üçin zyýansyz. Suwda eremeýär, şonuň üçin onda çyglylygyň mukdary 0.0025% geçmeli däl. Mineral ýagda çäklendirilmedik ereýär. Magniniň 2% artygyny saklaýan splawlardan başga ähli metallara suwy aýyrlan R11 inertli. Partlama howpy ýok.

Freon 12 (R12). Gowşak spesifiki ysly, reňksiz gaz, 20% az konsentrasiýasynda duýarlyk däl; 4,18 esse howadan agyr. Parlama howpy ýok, $t > 400^{\circ}\text{C}$ – hlörly wodorody, ftorly wodorody we fosgeniň zäherleýji maddasynyň

yzyny emele getirip dargaýar, şonuň üçin freonda işleýän desgalaryň ýerleşýän jaýynda çilim çekmek we açyk otda işlemek gadagan. R12 ýagda çäklendirilmedik ereýär, özem onuň ereýjiligi basyşyň artmagy we temperaturanyň peselmegi bilen ýokarlanýar. Suwda eremeýär diýmek mümkin; senagat üçin niýetlenen R12 çyglylygyň mukdary ýag boýunça 0.0025%, öý sowadyjylary üçin 0.0006% geçmeli däl. Suwy aýyrlan R12 ähli metallara neýtral.

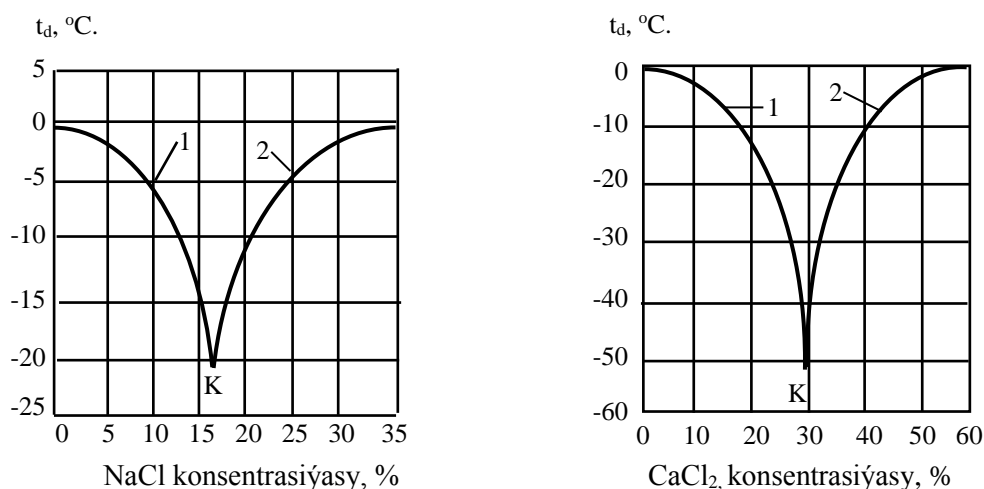
Freon 22 (R22). R12 bilen deňeşdirlende bu sowadyjy jisim has zäherli, emma partlama howpy ýok; diňe ýokary temperaturalarda (kondensatorda) ýagda çäklendirilmedik ereýär, pes temperaturalarda çäklendirilen ereýjilige eýe, netijede gaýnanda bugardyjynyň ýokarky böleginde ýaga baý gatlak emele gelýär. Ol berk däl ýerlerden ýeňil geçýär, metallara neýtral, suwda gowşak ereýär, onda çyglylygyň mukdary 0.0025% geçmeli däl.

Azeotrop garyndylar R500, R501, R504. Örän seýrek ulanylýar. R500 porşen kompressorly söwda we senagat sowadyjylarda, şeýle-de ýylylyk nasoslarda ulanylýar.

2.2. Sowuklygy görterijiler

Sowuklygy görterijiler – bu maddalaryň kömegi bilen ýylylyk sowadylýan göwrümden aýrylýar we sowadyjy jisime berilýär. Sowadyş tehnikasynda sowuklygy görterijiler sowadyjy jisimleriniň kömeginde gös-göni sowatmagyň maksadalaýyk bolmadyk ýagdaýlarynda ulanylýar. Sowuklygy görterijiler indiki alamatlara eýe bolmaly: 1) pes doňma temperatura $t_{doňma}$; 2) uly ýylylyk sygym we ýylylyk geçirijilik; 3) kiçi şepbeşiklik we dyklylyk; 4) metallara we dyky materiallara himiki neýtrallık; 5) zähersizlik we howpsuzlyk; 6) pes gymmatlykly.

Has elýeterli sowuk görteriji suw, emma doňma temperaturasynyň ýokarydygy sebäpli ol howany kondisionirlemegiň desgalarynda we $t > 0^{\circ}\text{C}$ –da tehnologiýa proseslerde ulanylýar. $t < 0^{\circ}\text{C}$ üçin CaCl_2 hlorly kalsiý we NaCl hlorly natriý duzlaryň suwly erginleri ulanylýar. Bu erginleriň fiziki alamatlary ergindäki



Sur.8. Suwuk erginiň doňmaklyk diagrammasy

duzlaryň konsentrasiýasyndan bagly. Duzuň konsentrasiýasyndan duzly suwuň

döňma temperaturasynyň baglylygy sur. 8 görkezilen. Buzuň bölünmesiniň 1 egrisi duzuň konsentrasiýasynyň artmagy bilen $t_{\text{döňma}}$ döňma temperaturanyň kemelýändigini görkezýär. Kriogidrat ýa-da ewtektik (K nokat) diýip, atlandyrylýan kesgitli konsentrasiýada ergin has pes $t_{\text{döňma}}$ eýe we ewtektiki (ýeňil ereýän) diýip atlandyrylýar. Has pes $t_{\text{döňma}} = -21.2^{\circ}\text{C}$ hlorly natriý duzuň 23.1% konsentrasiýasynda, $t_{\text{döňma}} = -55^{\circ}\text{C}$ hlorly kalsiniň 29.9% konsentrasiýasynda. Duzy bölmegiň 2 egrisi kriogidratdan konsentrasiýanyň artmagy bilen erginiň $t_{\text{döňma}}$ temperaturasy çalt ýokarlanýandygyny görkezýär.

Duzly suwuň konsentrasiýasy hemişe desganyň iş kadasyna gabat gelmeli we hiç haçan kriogidrat nokadyň K konsentrasiýasyndan uly bolmaly däl. Duzly suwuň konsentrasiýasy artanda onuň dykyzlygy artýar we ýylylyk sygymy kemelýär, bu nasosyň işleýşine sarp edilýän elektrik energiýanyň artmagyna getirýär. Emma duzly suwuň konsentrasiýasy bugardyjyda onuň döňmagynyň önüni almak üçin pes hem bolmaly däl, şonuň üçin $t_{\text{döňma}} < t$ -ni $5-8^{\circ}\text{C}$ kabul edýärler. Şeýlelikde, $t_0 \geq -16^{\circ}\text{C} \div 13^{\circ}\text{C}$ araçäkde hlorly natriý, has pes temperaturalarda–hlorly kalsiý ulanylýar. Erginiň konsentrasiýasy $t_{\text{döňma}}$ laýyklykda IV we V [14] goşundy boýunça kesgitlenilýär. Duzly suw ulgamyň göwrümini $V_{\text{d.s.u}}$ (m^3), duzly suwyň konsentrasiýasyny (%) we dykyzlygyny $\rho_{\text{d.s}}$ (kg/m^3) bilip, duzly suwy almak üçin zerur duzuň mukdaryny kesgitlemek mümkin:

Duzly suwuň umumy massasy $m_{\text{d.s.}} = V_{\text{d.s.}} \rho_{\text{d.s.}}$;

Duzuň zerur mukdary $m_{\text{duz}} = m_{\text{d.s.}} n / 100$,

bu ýerde $m_{\text{d.s.}}$ – duzly suwuň massasy, kg; $V_{\text{d.s.}}$ – duzly suw ulgamyň göwrümi, m^3 ; n – konsentrasiýa, %; ρ – duzly suwuň dykyzlygy, kg/m^3 .

Tehniki hlorly kalsiý bertolýot duzuň önüminiň galyndysyny emele getirýär we polada agressiw täsir ediji hlorturşyly duzuň 2% çenli mukdaryny saklaýar. Erginiň poslama täsirini wodorod ionyň konsentrasiýasyny pH (wodorod görkeziji) 7–10 derejede saklap peseltmek mümkin, bu ýagdaýda duzly suw aktiw kislotany ýa-da aşgary saklamaýar we neýtral ýa-da gowşak aşgarly bolýar. Aşgarlylygyny peseltmek üçin $\text{pH} > 10$ ýagdaýda duzly suwy kömürturşy gaz bilen baýlaşdyrýarlar, turşy duzly suw üçin $\text{pH} < 7$ – da ýaňy söndürilen hekiň erginini $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ulanýarlar. Poslamanyň tizligini ingibitorlary goşmak arkaly hem kemeltmek mümkin. Bu maddalar metal üstlerde gorag gatlagy emele getirýär, poslama prosesini haýallatýar. Ingibitorlar hökmünde natriniň hromatyny Na_2CrO_4 , kaliniň hromatyny K_2CrO_4 we ş. m. ulanýarlar.

Suwuklyklardan başga-da sowuklygy göteriji hökmünde köplenç howa hem ulanylýar. Ol azodyň, kislorodyň we suw buguň garyndysyndan durýar. Howada saklanýan suw buguň mukdary dürli bolup biler we howanyň çyglylyk göwrüminiň e ýa-da howanyň çyglylyk saklaýjylyk d ululygy arkaly häsiýetlendirilýär.

1m^3 çygly howadaky suw buguň mukdaryna *howanyň göwrümdäki çyglylygy* diýilýär:

$$e = P_b / (R_b T)$$

bu ýerde P_b – suw buguň parsial basyşy, kPa; $R_b = 0.462$ – suw buguň gaz hemişeligi, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; T – absolýut temperatura, K.

1kg gury howadaky suw buguň mukdaryna çygly howanyň çyglylyk

saklaýjylygy d (kg/kg) diýilýär:

$$d = (R_g/R_b)[P_b/(P_{bar}-P_g)] = 0.621P_b/(P_{bar}-P_b).$$

Bu ýerde $R_g=0.287$ kJ/(kg·K) – gury howanyň gaz hemişeligi; p_{bar} – howanyň barometrik basyşy, kPa.

Howada suw bugunyň çäk mukdary onuň temperaturasyndan we basyşyndan bagly. Temperatura ýokarlananda onuň suw buglary bilen doýgunlaşma çägi ýokarlanýar.

Howanyň göräli çyglylygy ϕ – bu şol bir temperaturada howanyň göwrümdäki e çyglylygynyň doýgun howanyň göwrümdäki çyglylygyna e'' gatnaşygy:

$$\phi = e/e''.$$

Şol bir temperaturada howanyň çyglylyk saklaýjylygynyň d berlen şertdäki doýgun howanyň çyglylyk saklaýjylygyna d'' doýgunlyk derejesi diýilýär:

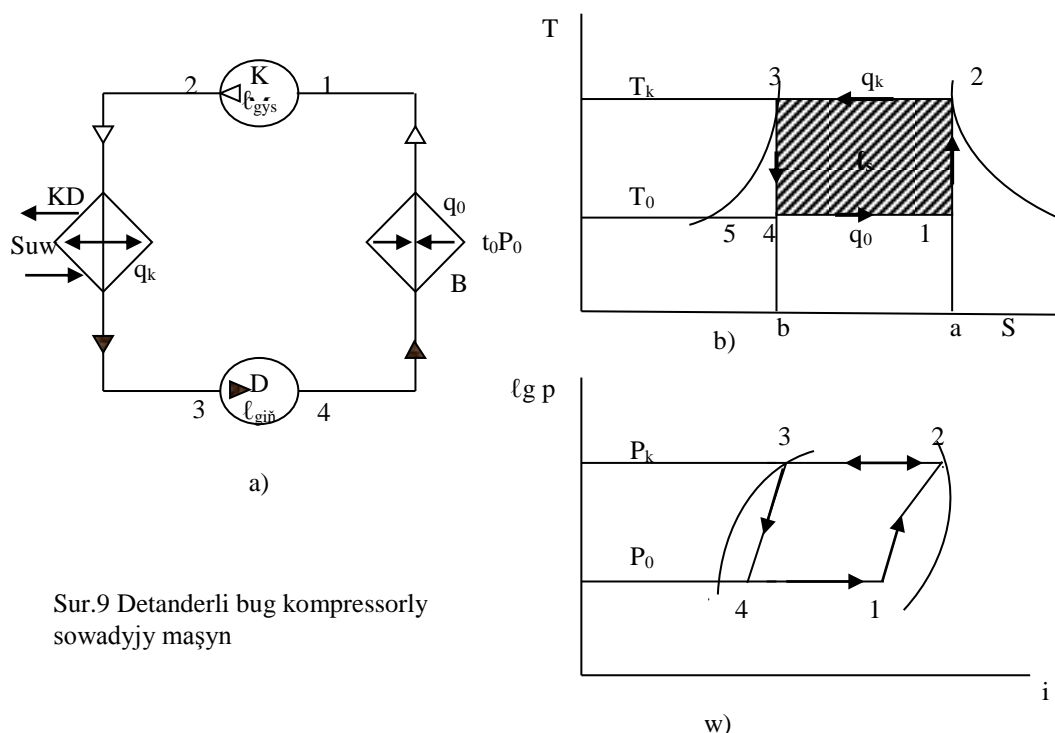
$$\Psi = d/d''.$$

Häzirki zaman sowadyş tehnologiýasynda sowugy göteriji hökmünde dürli maddalar ulanylýar: glikolyň, propilenkikolyň suwdaky erginleri; spirtiň suwdaky erginler; tehniki arassa organiki suwuklyklar (metilenhlorid, aseton, metil spirt we başgalar); ýag, selikonly suwuklyklar we ş.m.

3.DAŞKY IŞI SARP ETMEK BILEN IŞLEYÄN SOWADYJY MAŞYNLAR

3.1. Detanderli bug kompressorly sowadyjy maşyn

Giňelýän silindrlí(detanderli) bug kompressorly sowadyjy maşyny ulanyp, Karnonyň siklini amala aşyrmak mümkin. Sur. 9, a seýle maşynyň shemasy görkezilen. Sowadyjy jisim, sowadylýan jaýda ýerleşdirilen bugaryja gelýän B,



Sur.9 Detanderli bug kompressorly
sowadyjy maşyn

ýeňil gaýnaýan suwuklyk bolup durýar. Sowadyjy jisim bu ýerde daşky gurşawdan q_0 ýylylygy alyp, ol hemişelik t_0 we P_0 parametrlerde gaýnaýar. Emele gelýän bug B bugaryjyda pes t_0 temperaturany üpjün ediji, pes basyşda saklaýan KM kompressor arkaly sorulýar, we daşky gurşaw arkaly sowadylanda suwuklyga öwrülýän P_k basyşa çenli bug kompressorda adiabat gysylýar. Soňra bug P_k we t_k hemişelikde daşky gurşawa q_k ýylylygy berip, KD kondensatorda kondensirlenýär. Yzysüre suwuk sowadyjy jisim P_0 gaýnama basyşa çenli D detanderde adiabat giňelýär, şundan soňra ol bugaryjyda ýene-de gaýnamaga we sowadylýan gurşawdan ýylylygy almaga ukyply.

Karnonyň siklini gaýtalaýan bug sowadyjy maşynyň nazary prosesi çygly buguň meýdanynda – çäk egrileriniň arasynda geçmeli, sebäbi diňe şu meýdanda izobaralar izotermal bilen gabat gelýär (sur. 9, b). Diagrammada nazary sikli gurmak üçin t_k izotermany (2–3, sur. 9, b), 2 we 3 nokatlardan adiabatany (wertikal çyzyklar) 1 we 4 nokatlarda t_0 izotermany kesýänçä geçirmek zerur. Karnonyň sikli 1–2–3–4 iki izotermalarda (4–1 bugaryjyda; 2–3 kondensatorda) we iki adiabatlarda (1–2 kompressorda; 3–4 sazlaýjy wentilde) häsiýetlendirilýär. Bu ýagdaýda 1 kg sowadyjy jisimiň sowuköndürjiligi 4–1–a–b meýdan; KD kondensatorda 1 kg sowadyjy jisimden aýyrylan q_k ýylylygyň mukdary 2–3–b–a

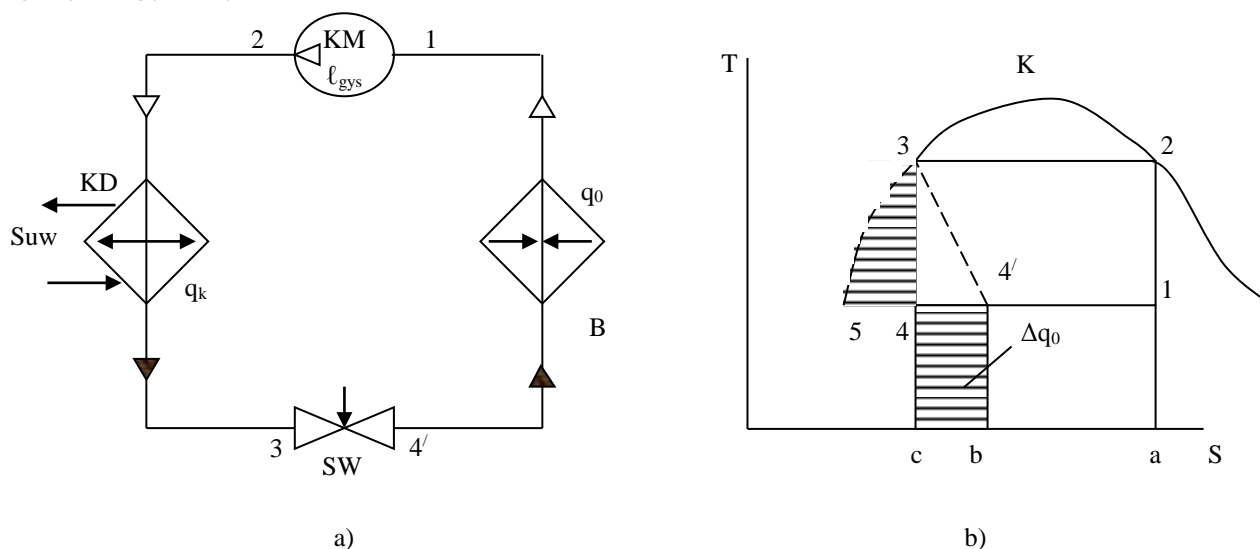
meýdan; kompressoryň ℓ_{gys} işi 1–2–3–5 meýdan; detanderdäki ℓ_{gin} iş 3–4–5 meýdan; $\ell_s = \ell_{gys} - \ell_{gin}$ siklin işi 1–2–3–4 meýdan arkaly kesgitlenilýär. Siklin sowadyjy koeffisienti

$$\varepsilon = \frac{q_o}{\ell_s} = \frac{4-1-a-bme}{1-2-3-4me} \frac{mme}{ee} = \frac{T_0(s_1-s_4)}{(T_k-T_0)(s_1-s_4)} = \frac{T_0}{T_k-T_0},$$

ýagny, Karnonyň ters sikliniň sowadyjy koeffisientine deň.

3.2. Bug kompressorly sowadyjy maşynyň hakyk sikli

Bug kompressorly sowadyjy maşynyň hakyk iş prosesi Karnonyň siklinden ikdikiler bilen tapawutlanýar: 1) giňeldiji silindr (GS) sazlaýjy wentile (SW) çalşylan; 2) SW öň suwuklyk sowadylýar; 3) kompressor KM çygly buguň ýerine gury bugy sorýar.

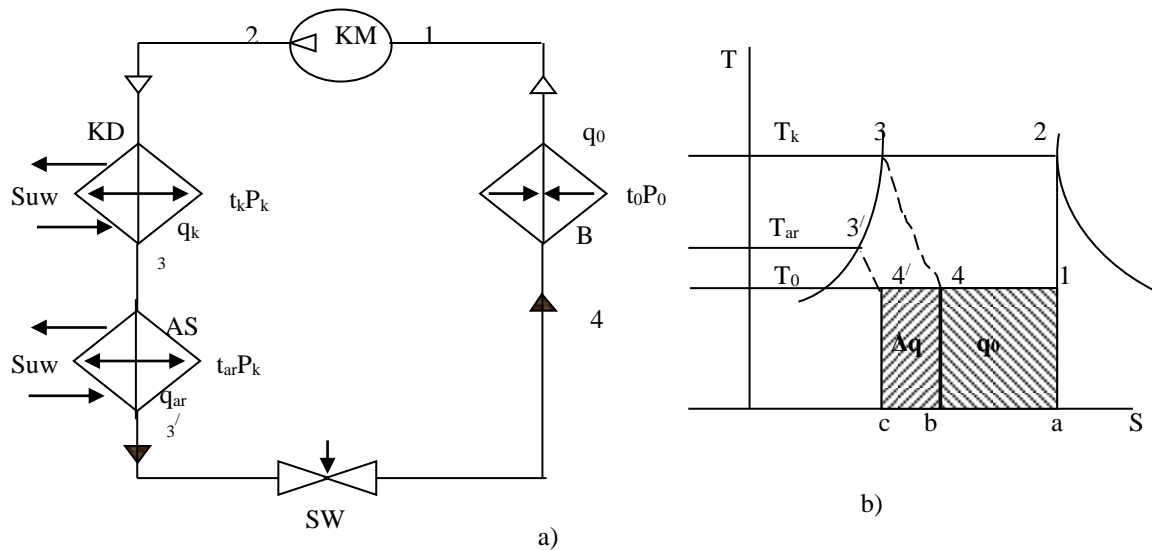


Sur. 10. Sazlaýjy wentilli bug sowadyjyly maşyn

1. GS silindrine gelyän suwuk ammiagyň udel göwrüminiň kiçiligi netijesinde, silindriň ölçegi kiçi, bu onuň konstruirlemegini we taýýarlanmagyny kynlaşdyrýar. Mundan başga-da, suwuklygyň adiabat giňelmesinde alynýan ℓ_{gin} iş ýaýran sowadyjy jisimler üçin örän az, detanderdäki mehaniki ýitgiler bolsa bu işiň ep-esli bölegini siňdirýär. Şonuň üçin detanderler bug sowadyjy maşynlarda hiç haçan ulanylmaýar, sazlaýjy wentile SW çalyşylýar (sur.10, a), ol gurluşy boýunça ýönekeý we sowadyjy maşyny ulanmagyň dürli şertlerinde onuň işini ýeňil sazlamaklyga mümkinçilik berýär. Detander sazlaýjy wentile çalyşylanda 3–4 adiabat giňelme prosesi drosselirlenmegiň öwrülişiksiz prosesine çalyşylýar, ol s–T diagrammada (sur. 10, b) 3–4' hemişelik entalpiýanyň çyzygynda görkezilen. Drosselirlenme proses ýitgilere getirýär: 1) giňelmäniň ℓ_{gin} peýdaly işi ýitirilýär, bu siklin $\ell_s = \ell_{gys} = \ell$ işini artdyrýar; 2) 1 kg sowadyjy jisimiň sowuköndürilijligi $\Delta q_o = i_{4'} - i_4$ (4–4' –b–c meýdan) ululyga kemelýär, sebäbi sazlaýjy wentil arkaly geçende sürtülme güýjüň işi sowadyjy jisimiň goşmaça bugarmasyny döredip (4–4' kesik) ýylylyga öwrülýär, ýagny drosselli öwrülişiksiz ýitgiler döreýär. İş $\ell_{gin} = \ell_3 - \ell_4$ (3–4–5 meýdan). Drosselirleme prosesini izoentalpiýa prosesdigi sebäpli, onda $i_3 = i_{4'}$, $\ell_{gys} = i_{4'} - i_4 = \Delta q_o$. Degişlilikde, 3–4–5 meýdan 4'–4–b–c meýdana deňölçegli.

Karnonyň siklinde işi we sowuköndürijiligi ℓ_s we q_o bilen belgiläp, sazlaýjy wentilli siklde sowadyjy koeffisientiniň aňlatmasyny indiki görnüşde ýazarys:

$$\varepsilon_{SW} = (q_o - \Delta q_o) / (\ell_s + \ell_{gin}). \quad (3.1)$$



Sur.11. Sazlaýjy wentilden öň suwuklyk bilen sowadylýan bug sowadyjyly maşyn

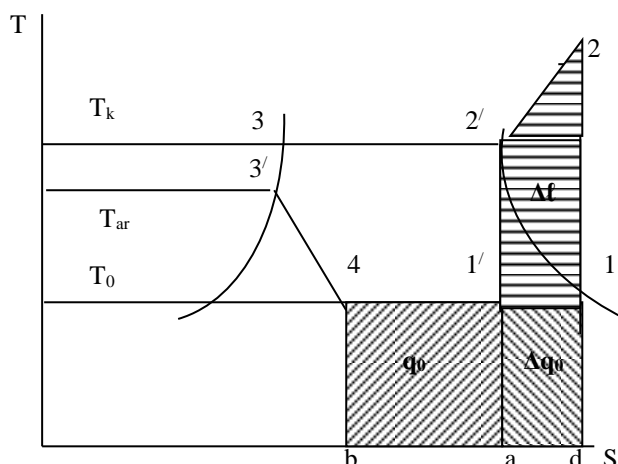
2. Sazlaýjy wentilden öň suwuklyk $t_s < t_k$ aşa sowadylma temperatura çenli sowadylýar. Bu proses şertli suwuklygyň *aşa sowadylmasy* diýip atlandyrylýar we ýörite apparatlarda – aşa sowadyjylarda AS (sur.11, a) sowuk suwy ulanmaklyk bilen ýetilýär. Sur.11, b aşa sowadylma proses 3–3' izobarada şekillendirilen, ol s–T diagrammada çep çäk egri bilen takmyny gabat gelýär. Aşa sowamagyň netijesinde suwuk sowadyjy jisimde ýylylygyň mukdary SW öň kemelýär, degişlilikde, drosselirlenme prosesde peýdasyz bug emele gelmek azalýar we goşmaça işi sarp etmezden 1 kg sowadyjy jisimiň sowuköndürijiligi $\Delta q_o = i_3 - i_3' = i_4 - i_4'$ (4'–4–b–c) ululyga artýar; sowadyjy koeffisient

$$\varepsilon_{s\ as} = (q_o - \Delta q_o) / \ell > \varepsilon_{as\ syz},$$

deň. Bu ýerde $\varepsilon_{s\ as}$, $\varepsilon_{as\ syz}$ – suwuklygyň aşa sowadylmagy we aşa sowadylmazlygy bilen amala aşyrylýan sikllerde sowadyjy koeffisient.

3. Bug kompressorly sowadyjy maşynyň nazary siklinde kompressor “çygly ädimde” işleýär, ýagny, çygly bugy sorýar we ony gury doýgun bug ýagdaýa çenli gysýar. Şeýle iş kada nazary nukdaý nazardan amatly, sebäbi Karnonyň sikline ýakynlaşýan ters sikli amala aşyrmaga mümkinçilik berýär. Hakyky şertlerde kompressor “gury ädimde” işleýär, ýagny, gury doýgun bugy ýa-da aşa gyzan bugy sorýar (sag çäk egri bilen T_o izotermanyň kesişmesinde ýatýan 1 nokat, sur. 12), kondensasiýanyň izobarasy bilen 1–2 adiabatik gysmanyň kesişmesine çenli aşa gyzan buguň meýdanynda ony gysýar, ol bu meýdanda izoterma bilen gabat gelmeýär, dik ýokary galýar. 2 nokatda $t_{aşa\ gyz}$ aşa gyzma temperaturaly aşa gyzan bug KD kondensatora gelýär, bu ýerde ilki t_k (“aşa gyzmany düşürmek” 2–2' proses) çenli sowatýar, soňra hemişelik t_k we hemişelik p_k (2'–3 proses) kondensirlenýär. KD soňra suwuk sowadyjy jisim AS-da t_{as} temperatura çenli aşa sowadylýar (3–3' proses) we 3'–4 prosesde p_k basyşdan p_o çenli drosselirlenmek

üçin SW gönükdirilýär. Bu ýagdaýda sowadyjy jisimiň temperaturasy p_o basyşa gabat gelýän t_o temperatura çenli peselýär.



Sur.12. s-T diagrammada kompressoryň gury ädimi

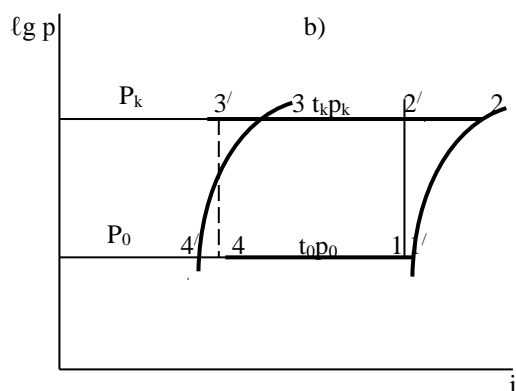
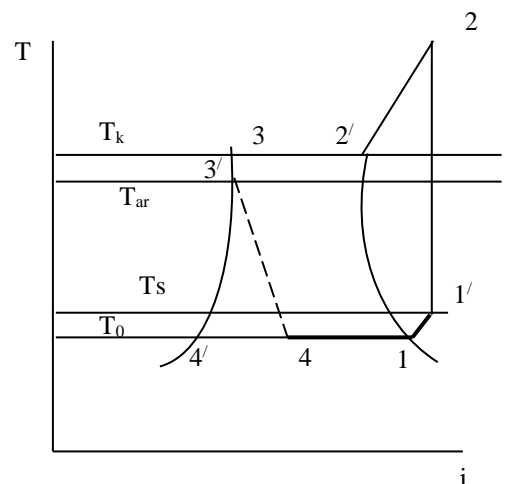
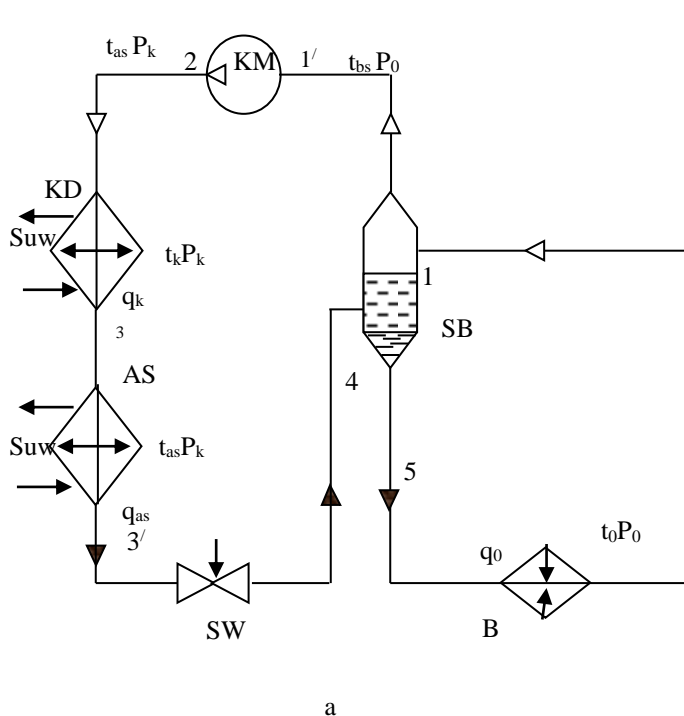
Kompressoryň “gury ädimini” suwuklygy bölüjiniň kömeginde üpjün etmek, şeýle-de el ýa-da awtomatiki sazlaýjy wentil arkaly B bugardyjydan soňra buguň uly bolmadyk aş gyzmagyny saklap amala aşyrmak mümkin. Sazlaýjy wentilden soňra sowadyjy jisim çygly bug (4 nokat) görnüşinde suwuklygy bölüjä gidýär, bu ýerde tizligiň kemelmeginiň we sowadyjy jisimiň hereket ugrunyň üýtgemeginiň hasabyna drosselirlenmede emele gelýän bugdan aýyrylýar, we aşak akýar. Bu ýerden ol B bugardyja barýar we sowadylýan gurşawdan (4–1 proses) q_o ýylylygy alyp, p_o basyşa gabat gelýän t_o hemişelik temperaturada gaýnaýar. Emele gelýän çygly bug suwuklygy bölüjä gelýär, bu ýerde B bugardyjydan bug arkaly äkidilen suwuklyk çökyär, bu ýerden B gelýär, gury doýgun bug KM sorulýar. “Gury ädimde” kompressoryň sowuköndürilijiligi $\Delta q_o = i_1 - i_{1'}$ (1–1–d–a meýdan) ululyga, sikliň işi Δl (1–2–2'–1' meýdan) ululyga artýar. Sikliň sowadyjy koeffisienti

$$\varepsilon_{guryädim} = \frac{q_o + \Delta q_o}{\ell + \Delta \ell} = \frac{q_o}{\ell} \left(\frac{1 + \Delta q_o / q_o}{1 + \Delta \ell / \ell} \right) < \varepsilon_{çyglyädim},$$

bu ýerde $\varepsilon_{çyglyädim}$ – kompressoryň “çygly ädimli” sikliniň sowadyjy koeffisiýenti.

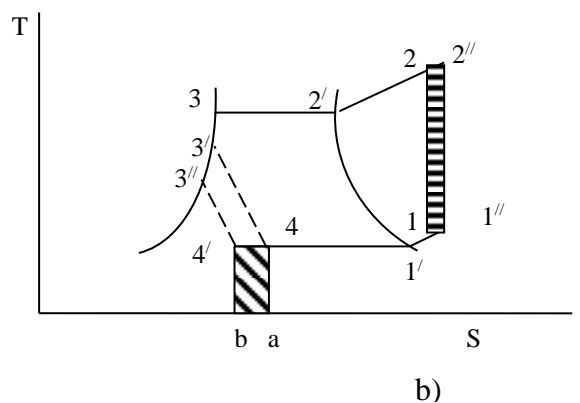
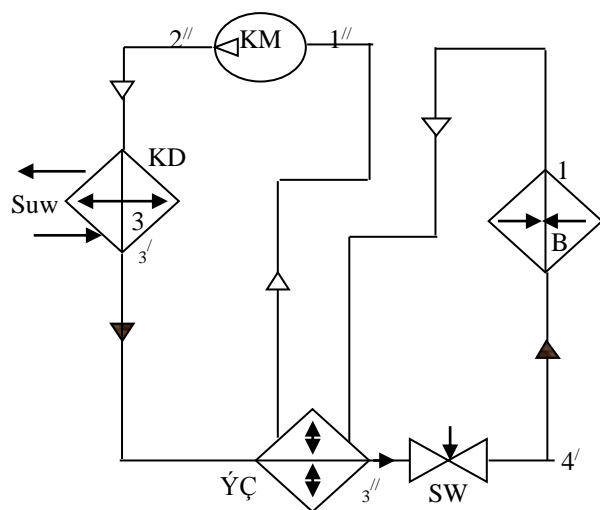
Bug kompressorly sowadyjy maşynyň hakyk iş sikliniň hasaplamasy. Maşynyň iş siklini hasaplamak üçin iş şerti berilýär. Nokatlaryň parametrleri adaty s-T ýa-da i-lgp diagrammalar we gury doýgun buglaryň maglumatlary (goşundy I–III, IX –XI [14]) boýunça kesgitlenilýär. Sikliň esasy parametrlerini hasaplamak:

- 1) sowadyjy jisimiň udel massalaýyn sowuköndürilijiligi (kJ/kg) $q_o = i_1 - i_4$;
- 2) sowadyjy jisimiň 1kg buguny adiabatik gysmaklyga sarp edilen iş (kJ/kg), $\ell = \ell_2 - \ell_{1'}$;
- 3) kondensatorda 1kg sowadyjy jisimden aýrylýan ýylylyk (kJ/kg), $q_k = i_2 - i_3$;
- 4) aşasowadyjyda 1kg sowadyjy jisimden aýrylýan ýylylyk (kJ/kg) $q_{as} = i_3 - i_{3'}$;
- 5) sowadyjy koeffisient $\varepsilon = q_o / \ell$.



Sur. 13. Ähli tejribelik üýtgemeleri hasaba almak bilen bug sowadyjyly maşyn

R12 we R22 üçin regeneratiw siki boýunça işleýän bug kompressorly sowadyjy maşyn. Sowadyjy maşynyň çyzgysy sur. 14, a görkezilen. t_{as} çenli suwuklygy sowatmak ýörite regeneratiw ýylylykçalyşygyda (ÝÇ) sorulýan buguň aşagyzy magynyň hasabyna amala aşyrylýar, onuň içki trubalary boýunça kondensatordan KD gelýän suwuklyk hereketlenýär, trubaara giňişlik boýunça – B bugaryjydan gelýän bug. Özara ýylylyk çalşygy netijesinde suwuklyk aşagy sowayar, bug aşagy gyzýar. Şeýli sikişde içki ýylylykçalşyk bir tarapdan sazlaýjy wentilden ($3'$ nokadyň ýerine $3''$ nokat, sur. 14, b) ön temperaturany kemeltýär we



Sur.14. Ýylylykçalyşyly bug sowadyjy maşyn

değişlilikde, drosselli öwrülišiksiz ýitgileri peseltýär we sowadyjy jisimiň sowuköndüriliginini Δq_0 ululyga (4'–4–a–b meýdan) artdyrýär, beýleki tarapdan, buguň kompressorda gysylmak prosesinde onuň ep-esli aş gyzmagyna getirýär (2 nokadyň deregine 2'' nokat), bu sikliň işini Δl (1–1''–2''–2 meýdan) ululyga artdyrýar. Bu sikl ammiak üçin maksadalaýyk däl. Temperaturalaryň uly tapawudynda ($t_k - t_o$) regeneratiw ýylylykçalşyjy has effektiv.

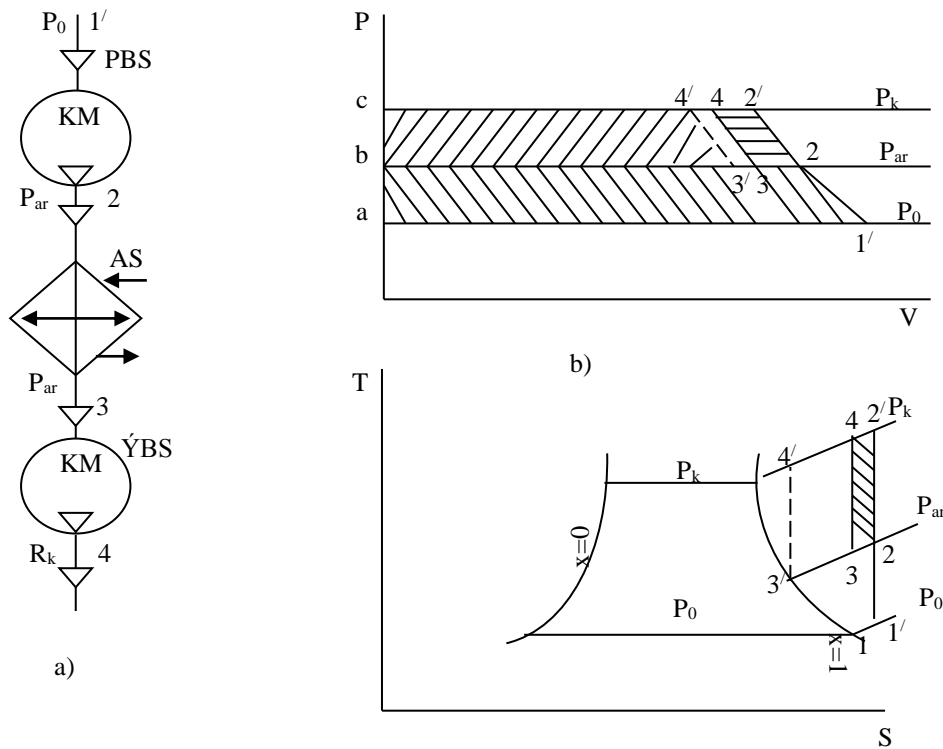
Aşagyzmadan ýitgileri kemeltmek üçin, ýagny, sikliň işini kemeltmek üçin, kompressoryň silindrinde “gury ädimde” silindriň (sowadyjy köýnek) howa ýa-da suw arkaly sowadylmagy amala aşyrylýar. Ammiakly göni akymly kompressorlarda sowadyjy köýnek silindriň ýokarky böleginde ýerleşýär, şeýle ýagdaý ýylylygyny ep-esli aýyrylmagyny üpjün edýär.

4.ÇYLŞYRYMLY SIKLLER

4.1. Kompressorda köp basgançakly gysylma

P_0 gaýnama basyş kemelende we P_k kondensasiýa basyş artanda kompressor basyşlaryň uly gatnaşygynda P_k/P_0 işlär. P_k/P_0 gatnaşygyň uly bahasy kompressoryň tygşytlylygyny ep-esli peseltýär, onuň iş koeffisientleriniň kemelmegine, şeýle-de sazlaýjy wentilde drossel ýitgileriň artmagyna getirýär, sowadyjy jisimiň sowuköndürjiligiň kemelmegini döretýär. Mundan başga-da, P_k/P_0 artmagy bilen gysylmanyň ahyryndaky temperatura artýar, bu kompressoryň ýaglanýş şertini peseltýär we silindri ýaglaýan ýagyň öz-özünden ot almagyny döredip biler. Bir silindrde basyşlaryň gatnaşygyny kemeltmek üçin iki, üç (we ondan köp) yzygider birikdirilen silindrlerde sowadyjy jisimleriň köpbasgançakly gysylmasy ulanylýar.

Bug kompressorly iki basgançakly maşynyň mysalynda köpbasgançakly gysylma seredeliň (sur. 15, a). P_0 basyş astyndaky bug birinji basgançagyň



Sur. 15. Iki basgançakly gysylma

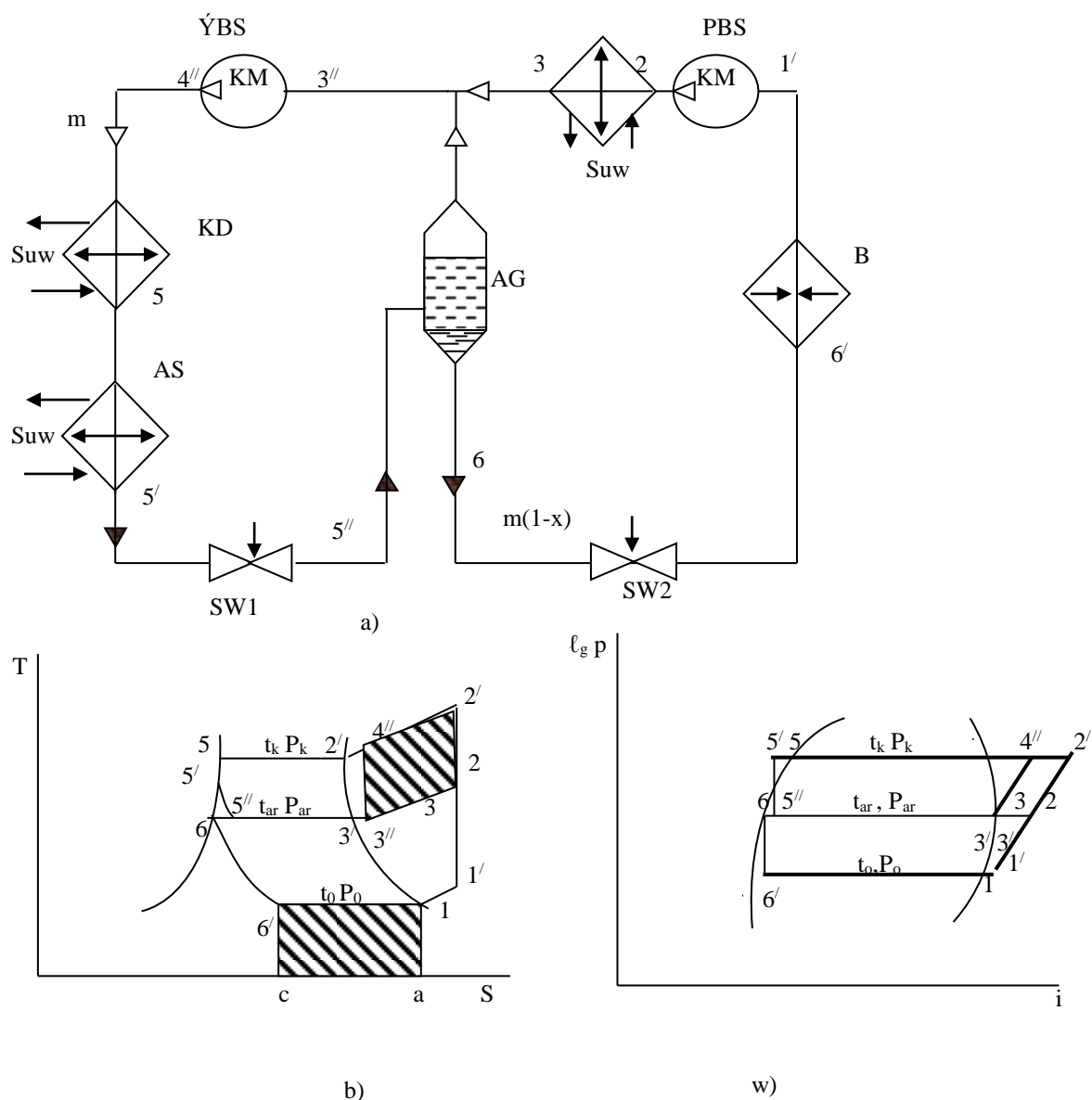
kompressor ýa-da pes basyşyň silindri PBS arkaly sorulýar, P_{ar} aralyk basyşa çenli $1'-2'$ prosesde adiabat gysylýar (sur. 15, b, w) we aralyk sowadyja AS gelýär, bu ýerde t_3 temperatura çenli $2-3$ prosesde sowadyja. Soňra bug ikinji basgançaga ýa-da ýokary basyşyň silindrine ÝBS barýar we $3-4$ prosesde P_{ar} -den P_k çenli gysylýar. Pes we ýokary basyşyň basgançagy bir iki basgançakly ýa-da iki bir basgançakly kompressoryň görnüşinde ýerine ýetirilip bilner.

Işiniň umumy sarp edilişi p-V diagrammada gysylmanyň iki basgançagyň işiniň jemine, ýagny, $a-1'-2-3-4-c$ meýdana deň. $2-3-4-2'$ meýdandan kesgitlenilýän işiň tygşytlylygy aralyk sowadylmany ulanmagyň hasabyna alynan, we ol näçe uly bolsa, işde tygşytlylyk şonça-da uly. Sowatmak doly ýa-da doly däl

bolup biler. Birinji ýagdaýda ikinji basgançagyň kompressoryna sorulýan buguň temperaturasy gury doýgun buguň ýagdaýyna (nokat 3') gabat gelýär. Doly sowadylma P_{ar} basyşda gaýnaýan sowadyjy jisim arkaly amala aşyrylýar. Ikinji ýagdaýda suw arkaly sowadylýar we aşa gyzan ýagdaýda (3 nokat) ikinji basgançaga sorulýar. Tejribe synaglarynyň esasynda $P_k/P_o \geq 9$ bolanda iki basgançakly gysylmanyň amatlylygy kesgitlenen.

4.2. Iki basgançakly gysylmanyň sikli

Iki gezek sazlanýlýan we doly däl aralyk sowadylmaly iki basgançakly gysylma. Shema we s-T, i-lgp diagrammalardaky sikl deňişlilikde sur. 16, a, b, w



Sur.16. Iki gezek sazlanýlýan we doly däl aralyk sowadylmaly ikibasgançakly gysylmaly sowadyjy maşyn.

görkezilen. Maşynda gysylma prosesi indiki görnüşde bolup geçýär. Suwuk sowadyjy jisim m (kg/s) mukdarda kondensatordan KD aşasowadyja AS gelýär, bu ýerde $5-5'$ prosesde aşsowadyja. Aşsowan suwuklyk p_{ar} aralyk basyşa çenli SW1birinji sazlaýjy wentilde $5'-5''$ prosesde drosselirlenýär. Alynan çygly bug $x_{5'}$ gurulyk derejede aralyk gaba AG gelýär, bu ýerde $m(1-x)$ suwuklykdan mx gury doýgun buga bölünýär, ol $6-6'$ prosesde ikilenç drosselirlenýär we sowadylýan gurşawdan Q_0 ýylylygy alyp, $6'-1$ prosesde t_0 temperaturada bugardyjyda B bugarýar. Emele gelen bug PBS sorulýar we p_{ar} aralyk basyşa çenli gysylýar ($1'-2$ proses). t_2 aşsowadyja temperaturaly we p_{ar} basyşly gysylan bug suw arkaly aralyk sowadyjyda (AS) sowadyja. Bug AS-dan ÝBS silindrine girmezden öň (3 ýagdaý) AG ($3'$ ýagdaý) bölünen bug bilen garyşýar we $3''$ ýagdaýy emele getirýär. Şeýlelikde, ÝBS bug $3''-4''$ adiabat prosesde gysylýar, şundan soňra KD gelýär, bu ýerde sowadyja we $4''-5$ prosesde kondensirlenýär.

Diýmek, ikibasgançakly maşynyň dürli elementleri arkaly sowadyjy jisimiň dürli mukdary aýlanýar: m – ÝBS, KD, AS arkaly, m_1 – B we PBS arkaly. Bu ýerden $m_1=m(1-x)$ bolýandygy aýdyň. Şonuň üçin iki basgançakly siklin prosesleriň termodinamiki diagrammalarda şekillendirilmegi şertli, sebäbi diagrammada görkezilen her bir proses 1kg sowadyjy jisimiň ýagdaýynyň üýtgemegine degişli. PBS buguň gysylmasynyň ahyrynda t sowadyjy suwuň t ýokary bolan ýagdaýynda doly däl sowadylma ulanylýar. Bu ýagdaýda işde tygşylylyk bir basgançakly gysylma bilen deňeşdirilende $2-3''-4'-2'$ meýdan arkaly şekillendirilýär. Iki basgançakly sazlama sarp edilýän işi kemeltýär, sebäbi birinji drosselirlemeden emele gelen bug şol bada ÝBS gelýär we PBS arkaly geçmeýär.

Iki gezek sazlanýan we doly aralyk sowadylmaly iki basgançakly gysylma. Bir bugardyjyly we doly aralyk sowadylmaly shemada (sur. 17, a, b, w) sazlaýjy wentil SW2, bugardyjy B we PBS arkaly birinji drosselirlemeden soňra alynan suwuklygyň umumy mukdaryndan $m(1-x)$ birnäçe kiçi m_1 sowadyjy jisim geçýär, we 3 ýagdaýa çenli suw arkaly sowamak üçin AS gelýär, bu ýerde AG galan ($6-3'$ proses) suwuklygyň gaýnamagynyň hasabyna t_{ar} çenli $3-3'$ prosesde sowadyja. Bu ýagdaýda m' suwuklyk bugarýar. Suwuklygyň sowamak prosesinde buga berlen ýylylyk suwuklygyň bugarma prosesinde onuň kabul eden ýylylygyna deň, ýagny

$$m_1(i_3 - i_{3'}) = m'(i_{3'} - i_6). \quad (4.1)$$

AG-dan ähli bug (m) ýokary basyşyň silindrinde sorulýar, özem

$$m = mx + m' + m_1 \text{ ýa-da } m = (m_1 + m') / (1-x).$$

Bir bugardyjyly siklde sowuköndürjilik

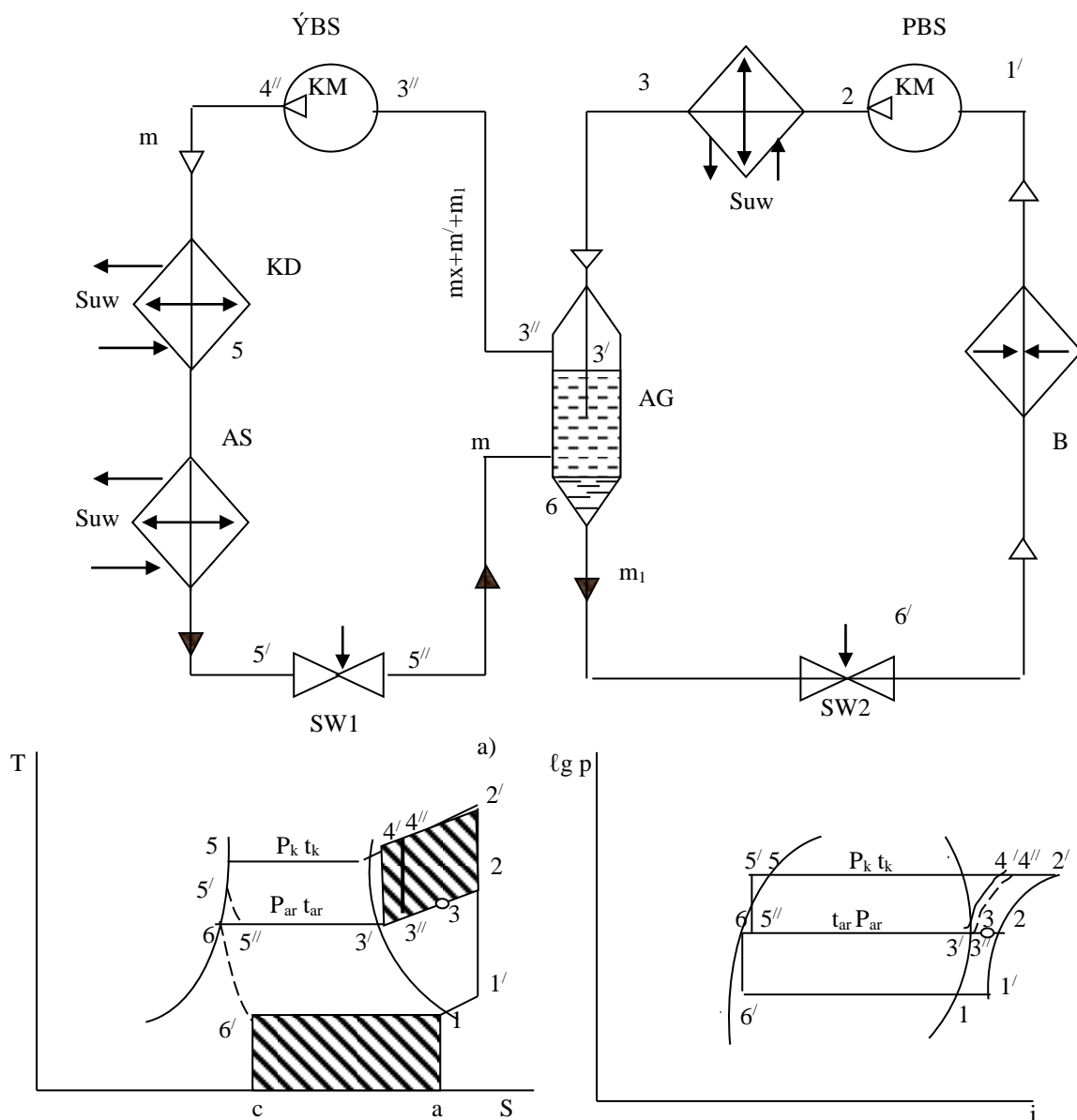
$$Q_o = m_1(i_1 - i_6). \quad (4.2)$$

Doly aralyk sowadylmaly ikibasgançakly gysylma doly däl aralyk sowadylmaly bilen deňeşdirilende tygşylylygy berýär.

Aralyk basyşy saýlamak. Hasaplamada amatly aralyk basyşy gysylmanyň iki basgançagynda-da basyşyň gatnaşygynyň deňdiginden kesgitleýärler, degişlilikde, olaryň işinde:

$$P_k/P_{ar} = P_{ar}/P_0, \text{ bu ýerden } P_{ar} = \sqrt{P_0 P_k}.$$

Tejribelikde basyşyň gatnaşygy desganyň işiniň temperatura kadasynyň üýtgemegi bilen üýtgeýär we gysylmanyň basgançagy üçin birmeňzeş bolup galmaýar, şonuň üçin aralyk basyşy belli bir deňleme boýunça hasaplamak mümkin däl. Ony kesitlemek üçin grafikden peýdalanýarlar, bu ýerde hakyky sowadyjy maşynyň işleýiş aýratynlyklary hasaba alynan (sur.19 [14]).



Sur.17. Iki gezek sazlanýlýan we doly aralyk sowadylmaly ikibasgançakly gysylmaly sowadyjy maşyn

Doly aralyk sowadylmaly iki basgançakly sowadyjy maşynyň nazary sikliniň hasaplamasy. Maşynyň nazary siklini hasaplamak üçin iş şerti we sowuköndürijilik Q_0 berilýär (sur. 17, b, w, ser.).

PBS arkaly sowadyjy jisimiň massalaýyn sarp edilişi (4.2) fomuladan kesgitlenilýär:

$$m_1 = Q_0 (i_1 - i_6);$$

doly aralyk sowadylmada buguň massalaýyn sarp edilişi – (4.1) formuladan:

$$m' = m_1 (i_3 - i_{3'}) / (i_{3'} - i_6);$$

ÝBS arkaly sowadyjy jisimiň massalaýyn sarp edilişi
 $m(1-x)=m_1+m'$; ýa-da $m=(m_1+m')/(1-x)$,
 bu ýerde x – birinji drosselirlemeden soňra $5''$ nokatda çygly buguň gurulyk derejesi:

$$x = (i_{5''} - i_6) / (i_{3'} - i_6).$$

Kondensatorda sowadyjy jisimden aýyrylan ýylylyk,

$$Q_k = m_1(i_{4'} - i_5).$$

Aşa sowadyjyda sowadyjy jisimden aýyrylan ýylylyk,

$$Q_{as} = m(i_5 - i_{5'}).$$

PBS iş

$$L_{PBS} = m_1(i_2 - i_{1'}).$$

ÝBS iş

$$L_{BB} = m(i_{4'} - i_{3'}).$$

Sowadyjy koeffisient

$$\varepsilon = Q_o / (L_{PBS} + L_{ÝBS}).$$

Ýylylykçalşyjyly iki basgançakly sikl. Tejribelikde zmeýewikli aralyk gaplar ýa-da ýylylykçalşyjylar ulanylýar. Zmeýewikli aralyk gaply sowadyjy maşynyň shemasy we i-lgp diagrammada sikli sur.18, a, b görkezilen; AS-dan m suwuk sowadyjy jisimiň akymy ($5'$ ýagdaý) AG gelýär, bu ýerde $5'-7$ prosesde $t_{zm}=t_{ar}+2\div 3^0C$ çenli sowaýar. Suwuklygyň beýleki ($m'+m''$) bölegi P_{ar} aralyk basyşa çenli SW1 drosselirlenýär we PBS-den gelýän bugy hem-de AG zmeýewigi arkaly geçýän suwuklygy sowadyp, t_{ar} aralyk temperaturada we şol basyşda AG gaýnaýar. AG zmeýewiginde sowadylan m_1 suwuklyk $7-6'$ prosesde p_0 basyşa we t_0 temperatura çenli ikinji SW2 drosselirlenýär we B-da ugrukdyrylýar. Şeýlelikde, suwuklygyň esasy akymy SW1 drosselirlenmeýär, SW2 drosselirlenmezden ön zmeýewikde sowadylýar.

Termodinamiki nukdaý nazardan bu sikl öňkiden amatly däl, sebäbi AG-yň $L_{PBS} = m_1(i_2 - i_{1'})$. zmeýewiginde suwuklyk sowadylanda ähli suwuklygyň drosselirlenme prosesindäki ýaly bug emele gelýär. Emma bu shema ulanma artykmaçlygy eýe: ýeňil sazlanýlýar we awtomatizirlenýär, ulanmada ýönekeý, PBS soňra çalgı ýagy B düşmeýär we onuň ýylylyk geçirip beriş üstüni hapalamaýar.

Zmeýewikli aralyk gaply ulgamyň hasaplamasy adaty aralyk gabyň hasaplamasyna meňzeşlikde ýerine ýetirilýär, diňe ÝBS sorulýan buguň mukdary başgaça hasaplanylýar. AG ÝBS-den m_1 bug we ($m'+m''$) suwuklyk gelýär. ($m'+m''$) suwuklyk drosselirlenenden soňra ($m'+m''$)x bug emele gelýär, suwuklyk bolsa indiki görnüşde sarp edilýär: $m/(1-x) - m_1$ bugy aralyk sowatmaklyga; $m''(1-x) -$ zmeýewikde m_1 suwuklygy sowatmaklyga. Şeýlelikde,

$$m'(1-x)(i_3 - i_6) = m_1(i_2 - i_3); \quad (4.3)$$

$$m''(1-x)(i_3 - i_6) = m_1(i_{5'} - i_7); \quad (4.4)$$

(4.3) we (4.4) deňlemelerden taparys:

$$m' = m_1(i_2 - i_3) / [(i_3 - i_6)(1-x)]; \quad (4.5)$$

$$m'' = m_1(i_{5'} - i_7) / [(i_3 - i_6)(1-x)]; \quad (4.6)$$

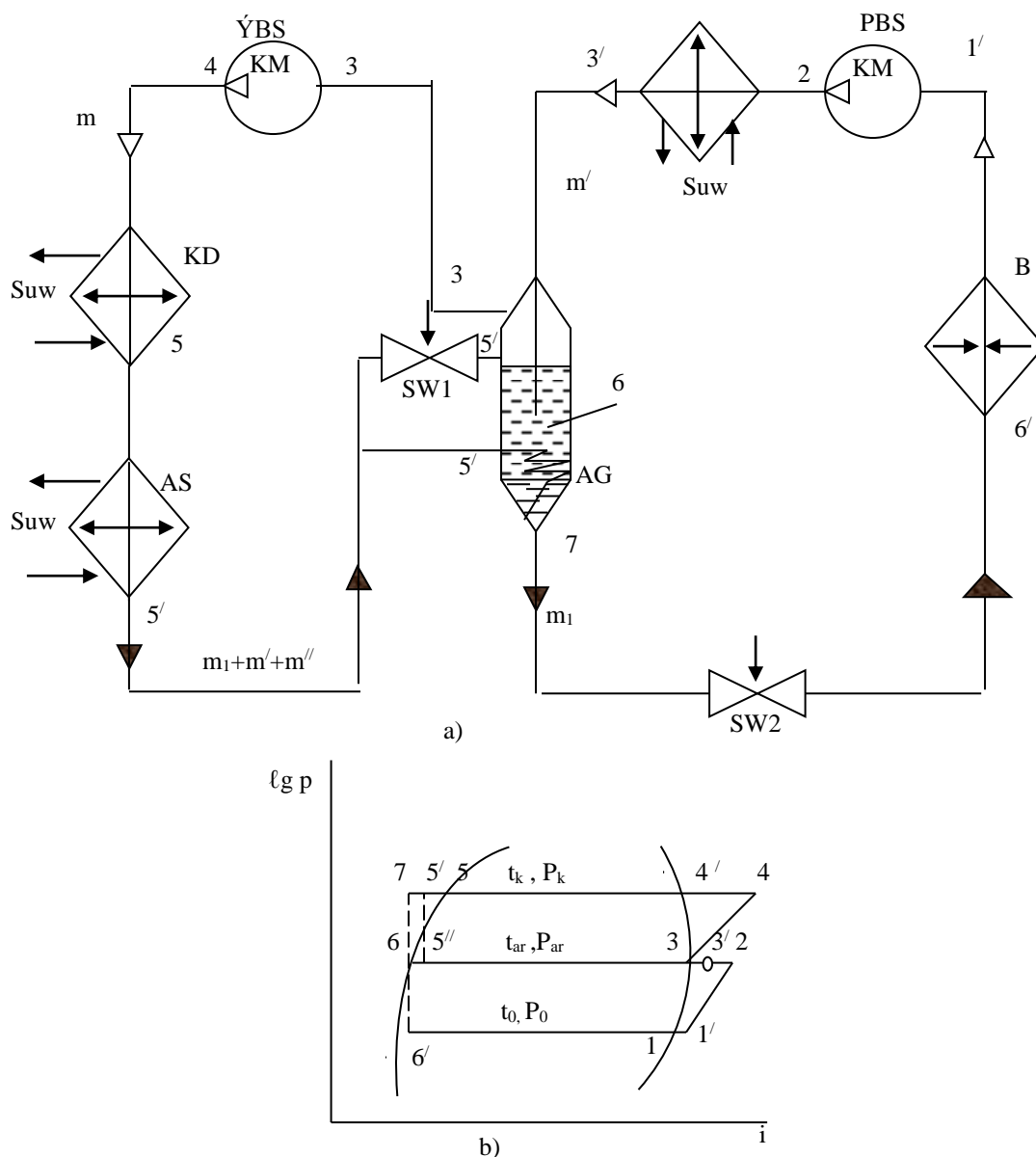
bu ýerde $x = (i_{5''} - i_6) / (i_3 - i_6) - 5''$ nokatda buguň gurulyk derejesi.

x bahasyny (4.5) we (4.6) goýup, alarys

$$m' = m_1(i_2 - i_3) / (i_3 - i_{5''}); \quad m'' = m_1(i_{5'} - i_7) / (i_3 - i_{5''}).$$

ÝBS arkaly m buguň massaýyn sarp edilişi

$$m = m_1 + m' + m''.$$



Sur. 18. Zmeýewikli aralyk gaply iki basgançakly gysylma

4.3. Üç basgançakly gysylmanyň sikli. Sowadyjy maşynlaryň kaskadly sikli

Üç basgançakly sowadyjy maşynlar has pes temperaturalary almakda ulanylýar. Üç basgançakly sowadyjy maşynyň shemasy we onuň s - T we i - $lg p$ diagrammalardaky prosesi sur. 19. a, b, w görkezilen. Üç bsgançakly gysylmanyň sikli iki basgançakly gysylmanyň sikline meňzeşlikde hasaplanylýar. Öňisyr

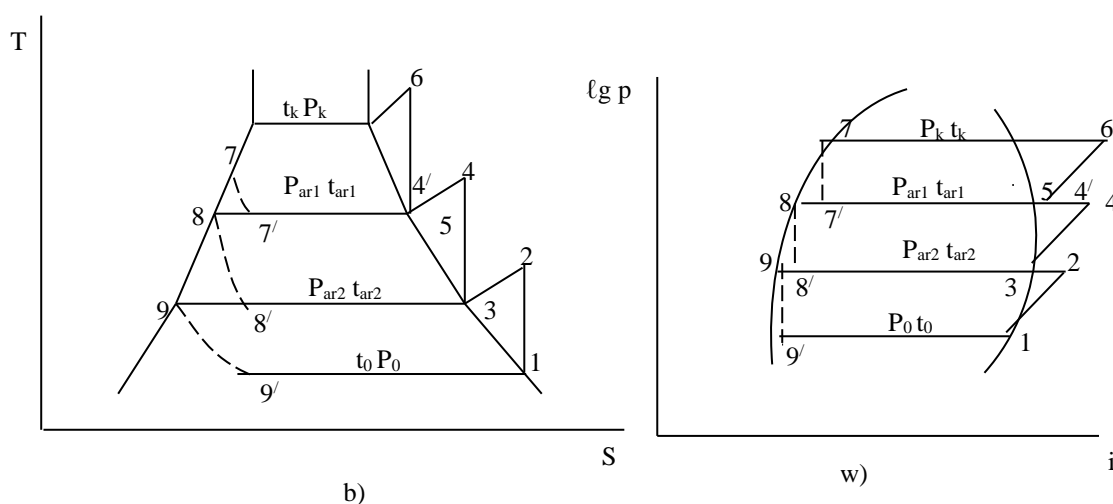
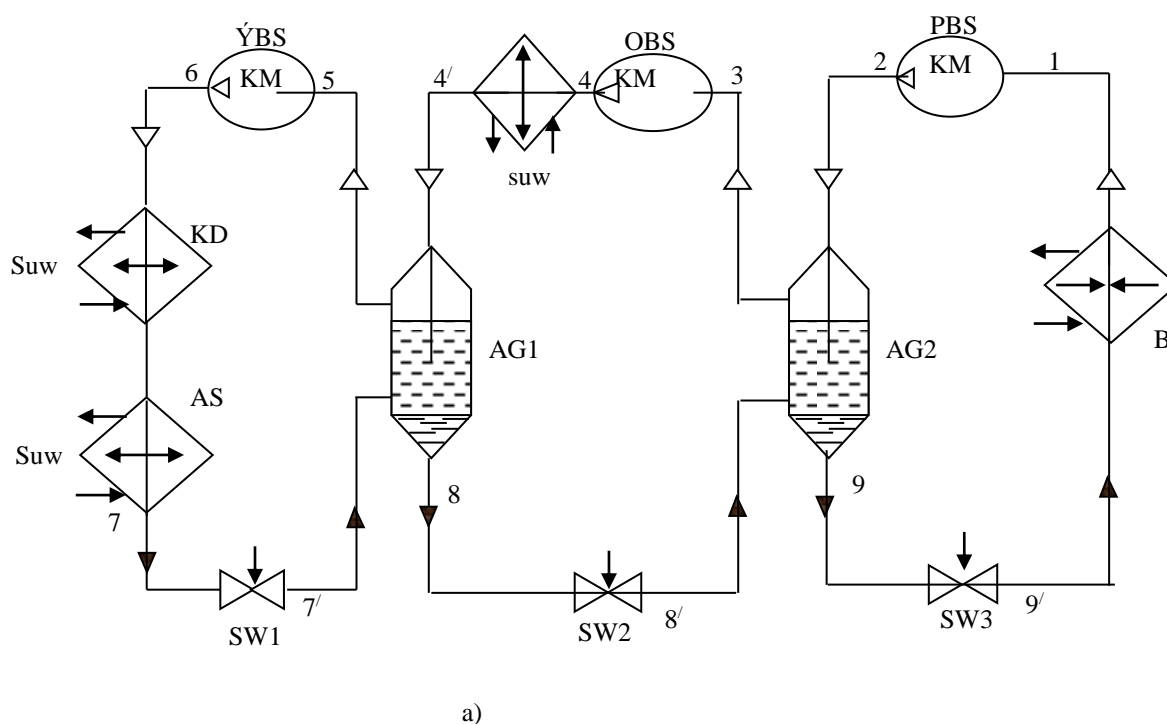
hasaplamalarda aralyk basyş saýlanylanda her basgançakda basyşlaryň birmeňzeş gatnaşygyndan ugur alynýar: $P_k/P_{ar1}=P_{ar1}/P_{ar2}=P_{ar2}/P_0$.

Berlen P_0 we P_k bahalarda aralyk basyş

$$P_{ar1} = \sqrt[3]{P_k^2 P_0}; \quad P_{ar2} = \sqrt[3]{P_k P_0^2}.$$

Kaskadly bug kompressorly sowadyjy maşyn birnäçe sowadyjy siklleriň-kaskadlaryň amala aşyrylýan ulgamyny emele getirýär, bir siklde kondensirlenýän sowadyjy jisimiň sowadylmasy beýleki siklde gaýnaýan sowadyjy jisim bilen amala aşyrylýar.

Adatça has pes temperatura alynanda köp basgançakly sowadyjy maşynda bir sowadyjy jisimi ulanmak maksadalaýyk däl, ýa-da çuň wakuumyň emele

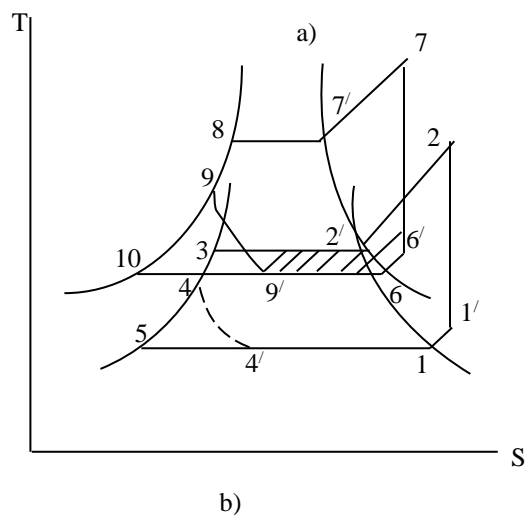
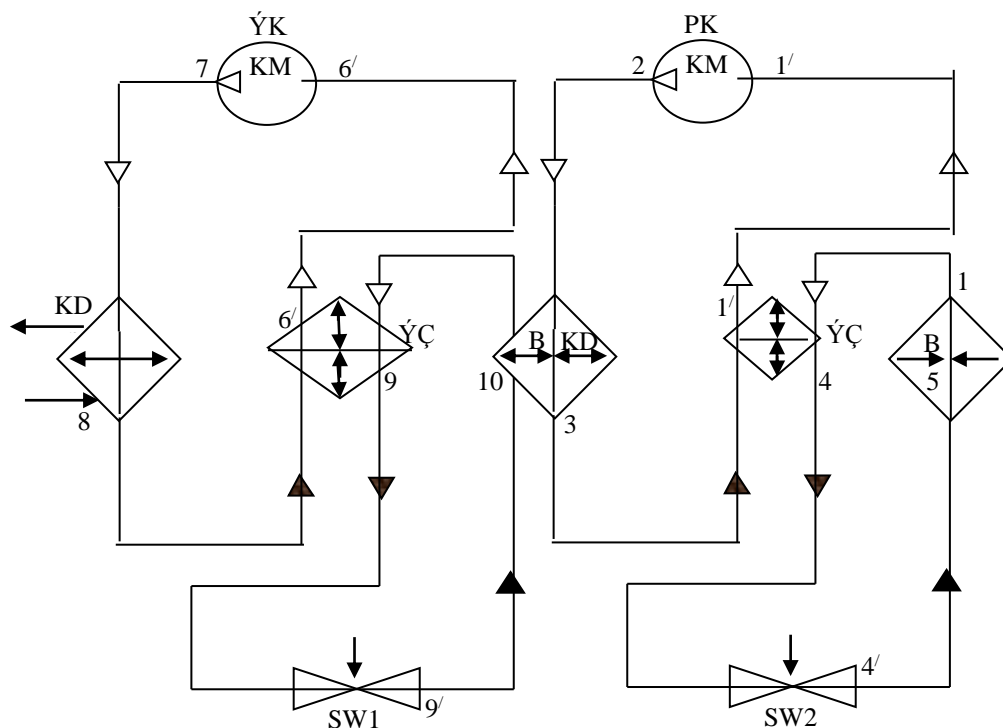


Sur. 19. Üç basgançakly sowadyjy maşyn

gelmegi, berlen t_0 temperaturada işçi jisimiň doňmagy ýa-da maşynyň uly ölçegleri sebäpli mümkin däl. Kaskadly sowadyjy maşyny ulanyp, aşaky kaskadda pes $t_{doň}$

we $p_{0a\dot{a}} > p_{at}$, ýokarky kaskadda – adaty bir basgançakly sowadyjy maşynda ulanylýan sowadyjy jisimi ulanmak mümkin.

Iki kaskadly sowadyjy maşyna seredeliň (sur.20, a), onuň aşaky we ýokarky kaskady aýratyn sowadyjy maşyny emele getirýär. Aşaky kaskadyň B bugardyjysynda sowadyjy jisim sowadylýan gurşawdan ýylylygy alyp (4'–1



Sur. 20. Kaskadly sowadyjy maşyn

proses) hemişelik t_0 we p_0 basyşda gaýnaýar (sur. 20, b). Emele gelen (1' ýagdaý) aşaky kaskadyň kompressoryna $KM_{a\dot{a}, k}$ sorulýar we 1'–2 prosesde adiabatik gysylýar. Gysylan bug (2 ýagdaý) ýokarky kaskadyň bugardyjysynda KD–B bugarýan suwuklygyň sowatmagynyň hasabyna 2–2'–3 prosesde sowatýar we KD–B (aşaky kaskad üçin kondensator bolup durýar) kondensirlenýär. Suwuklyk (4 ýagdaý) 4–4' prosesde drosselirlenýär we ýene-de B barýar (4' ýagdaý). Şeýlelikde, aşaky kaskadda 1–1'–2–3–4–4' ters sikl amala aşyrylýar. Ýokarky kaskadda adaty bir basgançakly sowadyjy maşynyň sikli amala

aşyrylýar. Ýokarky kaskadyň bugardyjysynda sowadyjy jisim KD-B – da sowadyjy jisimden ýylylygy aýyryp 9/–6 prosesde gaýnaýar. Munuň üçin ýokarky kaskadda aşaky kaskaddaky t_k temperaturadan birnäçe gradus pes t_0 temperatura goýulýar. Temperaturalaryň tapawudy bellik edilen meýdanyň ululygyna işiň sarp edilmeginiň artmagyna getirýär (sur. 20, b). Kaskadly siklde işleýän sowadyjy maşynlar -70°C pes temperaturalarda ulanylýar.

5. SOWADYJY MAŞYNYŇ KOMPRESSORLARY

5.1. Sowadyjy maşynlaryň kompressorlarynyň ýerine ýetirýän wezipesi we görnüşleri

Sowadyjy maşynlaryň kompressory sowadyjy jisimi kondensasiýa basyşa çenli gysmak we onyň aýlawyny üpjün etmek üçin niýetlenen. Kompressorlaryň esasy görnüşleri: 1) porşenli kompressorlar; 2) aýlanýan we typýan porşenli rotorly kompressorlar; 3) merkezden daşlaşýan ýa-da turbokompressorlar; 4) iki ýa-da üç rotorly hyrly kompressorlar, 5) spirally kompressorlar.

Kompressorlar Q_0 sowuköndüriligi we N sarp edýän kuwwaty boýunça üç topara bölünýär: 1) kiçi – $Q_0 \leq 9.3 \text{ kWt}$; $N \leq 5 \text{ kWt}$; 2) orta – $Q_0 = 9.3 \div 58 \text{ kWt}$; $N \leq 5 \div 20 \text{ kWt}$; 3) uly – $Q_0 \geq 58 \text{ kWt}$; $N \geq 20 \text{ kWt}$ ($t_0 = -15^\circ\text{C}$; $t_k = 30^\circ\text{C}$ temperaturalarda).

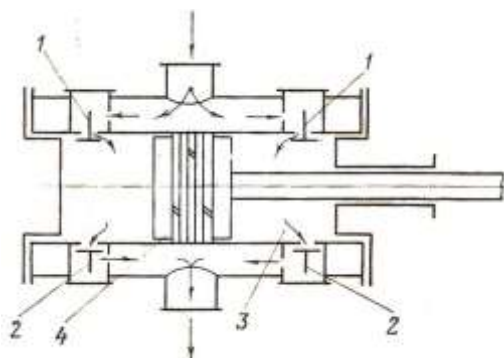
t_0 boýunça iki topara bölünýär: 1) bir basgançakly ($t_0 = 10 \div -25^\circ\text{C}$); 2) köp basgançakly ($t_0 = -30 \div -110^\circ\text{C}$).

Sowadyjy maşynlarda köplenç porşenli kompressorlar ulanylýar. Olar 250 kWt çenli sowuköndürijilikli sowadyjy maşynlara hyzmat edýär we bu ýagdaýda has oňat ykdysady-tehniki görkezijä eýe. Konstruktiw ýerine ýetirilişi boýunça porşenli kompressorlar köp görnüşli: silindrleriň ýerlişişi boýunça olar gorizonta, wertika, burçlaýyn (V, W–görnüşli), radial görnüşe; silindr arkaly buguň geçiş usuly boýunça–göni akymly (sorulmadan gysylma çenli buguň hereketi bir ugurda), we göni akymсыz (buguň hereketiniň üýtgeýän akymynda); kriwoşipşatun mehanizmiň gurluşy we gysmaklygyň işçi giňişliginiň mukdary boýunça – porşeniň diňe bir tarapynda bug gysylanda ýönekeý täsirli kreýskopfsyz we gezekli-gezegine porşeniň iki tarapynda bug gysylanda iki taraplaýyn täsirli kreýskopfly; silindrleriň mukdary boýunça – bir- we köp silindrli (16 silindre çenli); gysylma basgançagyň sany boýunça – bir- we köp basgançakly; silindriň we karteriň ýerine ýetirilişi boýunça – blok-karterli we aýratyn silindrli. Germetiklik derejesi we sökölme mukdary boýunça kompressorlar indiki görnüşlere bölünýär: sökölmeýän oturdylan elektrik hereketlendiriji bilen gapda kebşirlenen germetik; salniksiz oturdylan hereketlendirijili, emma sökölýän gapakly; basyş astyndaky sowadyjy jisimiň buglaryndan doldurlan salnikli karteri bilen; tersekli walyň hereketlendiriji tarapy salnik berkitmeli (kreýskopfsyz), açyk karterli we silindrden ştok çykanda onuň salnikli berkidilmegi (kreýskopfly iki taraplaýyn täsirli). Dwigateliň görnişi boýunça kompressor mufta arkaly kompressoryň waly bilen elektrik hereketlendirijiniň walynyň gös-göni birleşmegi, remen berijilik arkaly elektrik hereketlendirijini we elektrik hereketlendiriji bilen bir walda ýerleşen görnüşlerde bolýar.

5.2. Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressorlar

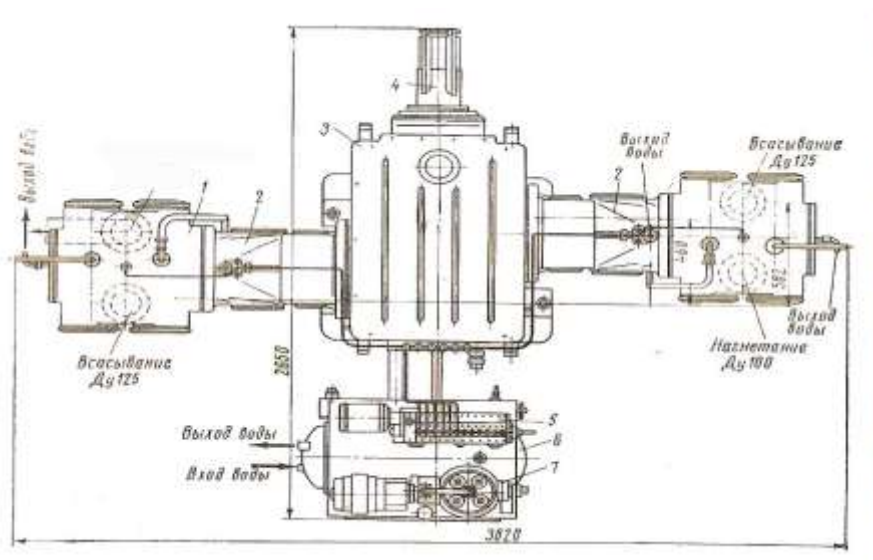
Iki taraplaýyn täsirli kreýskopfly göni akymсыz kompressorlar $Q_0 = 465 \div 1400 \text{ kWt}$ eýe. Silindriň ýerleşiş boýunça olar gorizonta bir çyzykly,

gorizontal iki çyzykly, gorizontal oppozit (silindrleri biri-biriniň garşysynda ýerleşen).

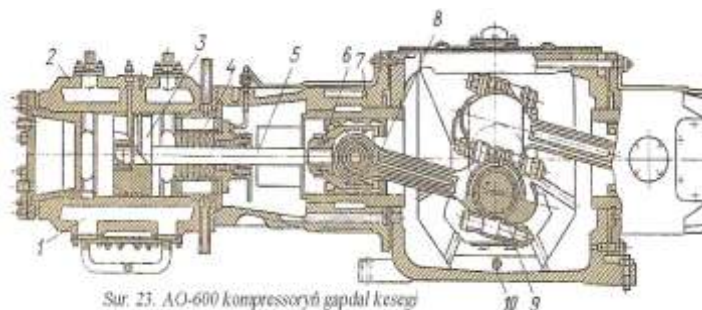


Sur. 21. Gorizontal kompressoryň täsir esasy

Ikitaraplaýyn täsirli gorizontal kompressoryň täsir esasy sur.21 görkezilen. 4 porşen çep gyraky ýagdaýdan hereketlenende silindriň 3 çep giňişliginiň porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde galan bug ilkişada sorujy turbageçirijidäki buguň basyşyndan az-kem pes basyşa çenli giňelýär. Soňra 1 sorujy klapen (çep) açylýar we sowadyjy jisimiň bugy silindriň çep giňişligine sorulýar. Porşen yza hereketlenende klapen 1 (çep) ýapylýar we silindrdäki bug gysyp itekleýji trubageçirijidäki basyşdan uly basyşa çenli gysylýar. Bu basyşda bug gysyp itekleýji klapen 2 (çep) arkaly kondensatora gysyp iteklenýär. Silindriň çep giňişliginde bug gysylanda, sag tarapda ol 1(sag) sorujy klapen arkaly sorulýar, soňra gysylýar we 2 (sag) klapen arkaly gysyp iteklenýär.



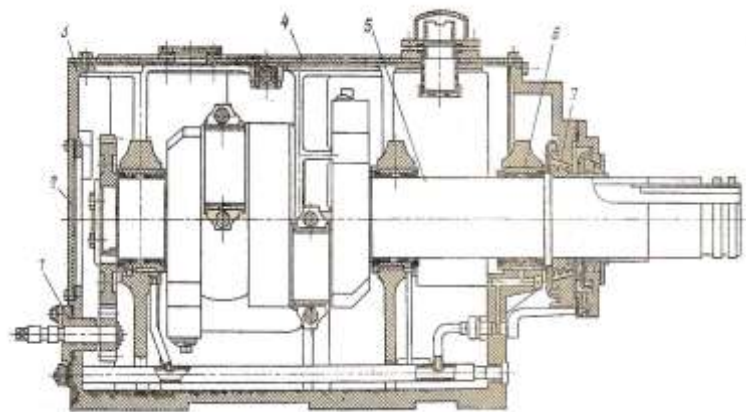
Sur.22. Ammiak gorizontal oppozit kompressor AO-600:
1-silindr; 2-kreýskopfy gönükdiriji; 3-esas; 4-tirsekli wal; 5-lubrikator; 6-ýag üçin süzgüç-sowadyjy; 7- ýag sorujy



Sur. 23. AO-600 kompressoryň gapdal kesegi

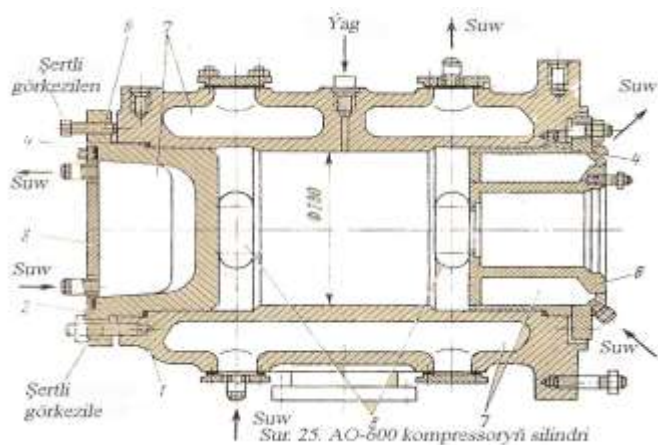
1-suw sowadyjy köýnek; 2-silindr; 3-porşen; 4-salnik; 5-ştok; 6-kreýskopf; 7-keýskopfy gönükdiriji; 8-şatun; 9-tirsekli walyň kriwoşipi; 10-rama

AO500P, AO1200P, DAO275P, DAO550P, DAOH350P, DAO175P kysymly kompressorlar bir nusga getirlen hatary (porşeniň ädimi 220mm, aýlaw ýygylgy $n=8.33 \text{ s}^{-1}$) emele getirýär. Harplar kompressoryň görnüşini aňladýar: A–ammiakda işleýän, O–oppozit, D–iki basgançakly. H harp bu kompressoryň gaýnama temperaturasy – 50°C we ondan pes temperaturalarda işlemäge niýetlenendigini görkezýär. Harp belliklerinden soňra duran sanlar kompressoryň sowuköndürjiligin (müň. kkal/sag) görkezýär. Kompressoryň esasy düwünleri: fundamentli rama; silindr gapagy bilen; sorujy, gysyp itekleýji we gorag klapanlaryň toplumy; hereket mehanizmi; salnikli berkitme; ýaglaýyş agregaty.



Sur. 24. AO-600 kompressoryň rama boýunça keselegine kesigi

fundamente iki paşmaklary bilen daýanýar, olarda fundament boltlar üçin ýş goýulan. Ramanyň kese-kesiginiň diwarynda 5 walyň 6 podşipnikleri goýulýar, gapdal diwarda – gönüburçly flanes, oňa kreýskopfy ugrukdyryjylar berkidilýär. Elektrik hereketlendiriji tarapyndan ramanyň gapdal ýşy çöýün gapak bilen ýapylan, onda elektrik hereketlendirijiniň detalyna ýagyň düşmeginiň önüni alýan walyň 7 berkidijisi ýerleşýär. Garşy tarapdaky gapdal ýş bitewi gapak 2 bilen ýapylýar, onuň aşagynda walyň öwrümi 1 ýerleşýär. Ýokardan rama esasy gapak 4 bilen ýapylan.



Sur. 25. AO-600 kompressoryň silindri

Silindr. Silindrde porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlikde galan gazyň giňelmesi, bugardyjydan buguň sorulmasy, buguň gysylmagy we onuň kondensatora iteklenmegi bolup geçýär. Silindrler sorujy we gysyp itekleýji klapanlaryň ýerleşmegi üçin göze eýe. Gapak silindr bilen şpikalaryň kömeginde

Kompressoryň ramasy.

Kompressoryň ramasy – esasy detal, onda kriwoşip-şatun mehanizm ýerleşen. Rama silindr we ähli kömekçi detallar berkidilýär. Ol bug gysylanda detallarda döreýän ähli güýçleri kabul edýär, şonuň üçin berk we agramly bolmaly. Rama (sur.24) SÇ18 kysymly çöýünden taýýarlanylýan, içinden gapyrgalanan, guýma gutyny emele getirýär. Rama

Kreýskopfy ugrukdyryjy.

Ugrukdyryjy – bu çöýünly guýma, oňa çalşylýan çöýün gilza oturdylýar. Kpeskopfy ugrukdyryjy dört göze eýe, olar arkaly barmaklary basylyp çykarmak, kreýskopf bilen ştoгыň birleşmesiniň abatlanmasy we salnige ideg etmek amala aşyrylýar.

berleşýär. Silindrler klapan gözleriň radial ýerleşmesinde çöýundan guýulan (sur.25). bir basgançakly we iki basgançakly kompressorlaryň ýokarky basgançaynyň silindri suw arkaly sowadylma eýe.

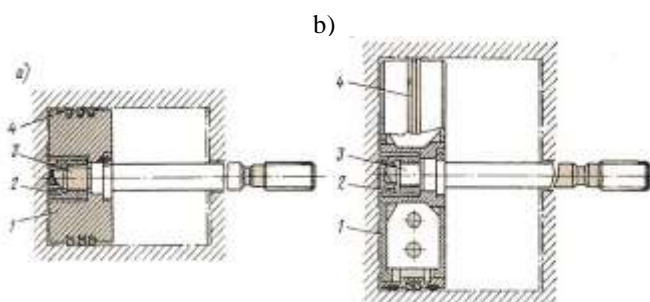
Kompressoryň silindrinde porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlik. Hereketlenýän mehanizmleriň detallarynyň ýylylyk giňelmesini kompensirlemek üçin, şeýle-de kompressor taýýarlanylanda we ýygnaýnanda emele gelen nätaklyklar sebäpli porşen hiç haçan silindriň gapagyna berk barmaýar, uly bolmadyk yş galýar, bu yş porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly giňişligi diýilýär. Hereket mehanizmiň uzynlygy näçe uly bolsa, porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly giňişligi şonça-da uly.

Sorujy we gysyp itekleýji klapanlar. Kompressoryň silindrine buguň sorulmagy üçin sorujy klapan, silindrden kondensatora buguň gysyp iteklenmegi üçin gysyp itekleýji klapan niýetlenen. Klapanyň ýagdaýyndan kompressoryň göwrüm berijiligi bagly: eger-de klapanlar berk ýapylmasa, onda bug ýokary basyşyň tarapyndan pes basyşyň tarapyna akyp geçýär we kompressoryň bug berijiligi kemelýär. Klapanlar kompressoryň has jogapkärli düwünlerine degişli we ýapyk ýagdaýda berkligi, öz wagtynda açylmagy we ýapylmagy, buguň akyp geçmekligine az garşylygy, iýilmeklige durnuklylygy we berkligi üpjün etmeli.

Gorag klapanlar. Şeýle klapanlar gysyp iteklenme we sorulma basyşyň tapawudy ýokarlanan ýagdaýynda awariýanyň önüni almak üçin gulluk edýär. Kompressoryň kadaly işinde gorag klapan ýapyk bolmaly, gysyp iteklenme we sorulma basyşyň tapawudy ýol berilýänden ýokarlanan ýagdaýynda gorag klapan açylýar we gysyp iteklenme tarapy sorulma tarap bilen birleşdirýär, bu halda bug gysyp iteklenme tarapdan sorujy tarapa geçýär we awariýa mümkinçiligi aradan aýyrylýar.

Kreýskopfly kompressoryň hereket mehanizmi. Mehanizm porşenden, ştokdan, kreýskopfdan, şatundan, düýp waldan durýar.

Porşen silindrde bugy gysmak üçin gulluk edýär; typýan diskli porşenler ulanylýar. Porşen bir basgançakly we iki basgançakly kompressoryň ýokary basyşynyň silindri üçin tutuş (sur. 26, a), pes basyşyň silindri üçin – ýarym – kebşirlenen konstruksiýada (sur. 26, b) taýýarlanylýar. Porşeniň iki konstruksiýa hem babbittli daýanç üste eýe. Porşen ştok bilen polat porşen gaýka arkaly **birikdirilýär. Berkidiji halkalary oturtmak üçin porşende kanaljyklar goýulýar.**



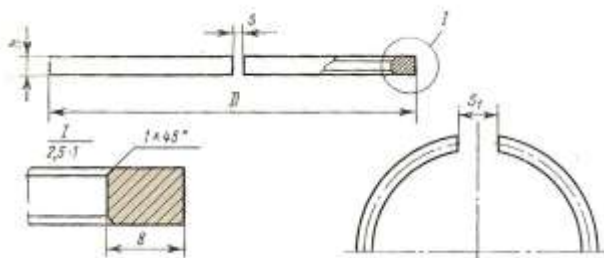
Sur. 26. Gapma-garşylykly kompressoryň porşeni.

a) bütewi; b) kebşirlenen; 1-porşen; 2-porşen gaýka; 3-ştok; 4-porşen halkalar.

Porşen halkalary silindriň üstüne berk ýapyşmaklygy netijesinde silindriň içki üstüniň we hereketlenýän porşeniň arasynda berkligi döretýär we gysylma giňişlikden buguň akyp geçmegine päsgel berýär.

Porşen halkalaryň işindäki defektler kompressoryň öndürilijigine, kuwwatyna we

ygtybarlylygyna täsir edýär. Porşen halkalar dilikli taýýarlanylýar we erkin ýagdaýda olaryň diametri silindriň diametrinden uly. Şonuň üçin, silindrde ýerleşmek blen, halka materialyň tebigy maýyşgaklyk täsirinde silindriň diwaryna basyş edýär, mundan başga-da, çalgý üçin silindre berilýän ýag, halkalaryň berkligini has ýokarlandyryan gatlagy emele getirýär. Halka göni dilige eýe (sur. 27). Halkanyň ýylylyk giňelmesini sazlamaklyk üçin iş ýagdaýynda porşeniň diametriniň 0.005–0.0007 ululugynda diligiň yşy goýulýar. Oňat taýýarlanan halkalarda berkdällik sebäpli ýitgiler halkanyň we silindriň arasynda ýa-da halkanyň we porşeniň kanaljyklarynyň arasynda döreýär. Porşen halkalarynyň iş uzaklylygy esasan materialyň hilinden bagly.

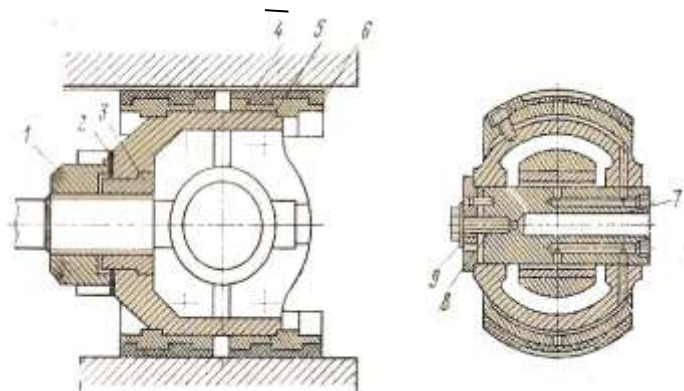


Sur.27. Porşen berkidiji halkalar
s – silindre halka oturdylanda birikmedäki
ýylylyk yş; s₁ – erkin ýagdaýda birikmäniň
ölçegi

Ştok, kreýskopf bilen porşeni baglanyşdyryjy, berk bolmaly.

Kreýskopf satun bilen göniçyzykly hereketi amala aşyryan porşeniň ştogyny birleşdirýär. Kreskopf (sur. 28) – ýapyk görnüşli çykarylýan polzunly 6, kreýskopfyň daşy (korpusy) 5 polat guýmadan edilýär, polzunlar – alýumin splawdan. Daşyň we polzunyň

arasynda polat prokladkalar goýulýar, olaryň kömegi bilen kreýskopfyňoky ugrukdyryjynyň okyna utgaşdyrylýar. Kreýskopf satun bilen barmagyň (palsyň) 7 kömegi bilen birleşýär.



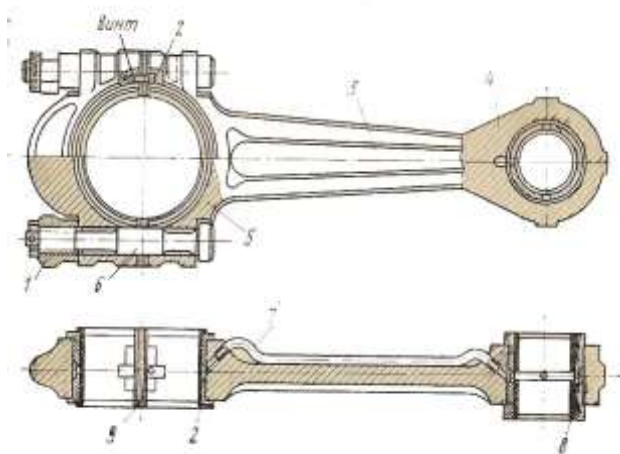
Sur.28. Gapma-garşylykly kompressoryň kreýskopfy:
1-kontgaýka; 2-stopor şaýba; 3-ıçki gaýka; 4-
prokladka; 5-kreýskopfyň korpusy;
6-polzun; 7-barmak; 8-nurbat; 9-şayıba

Şatun kpeýskopfy tirsekli wal bilen birleşdirýär we walyň aýlawly hereketini kreýskopfyň öňe-yza bolan hereketine özgertýär. Şatun (sur. 29) sterženden 3, kriwoşipli sökülýän kelleden 5, kreýskopf kelleden 4, iki şatun boltlardan 6, iki gaýkadan 1 durýar.

Satun boltlar kompressoryň has jogapkärli üleşlerine degişli. Olaryň döwürmegi has agyr awariýalara eltip biler, sebäbi aýlanýan walyň tirseginiň gopan şatuna güýçli urulmagy netijesinde ahyrky egrelýär, wala zeper ýetýär, kä halatlarda rama we silindr weýran bolýar, bu kompressoryň doly hatardan çykmagyna getirýär.

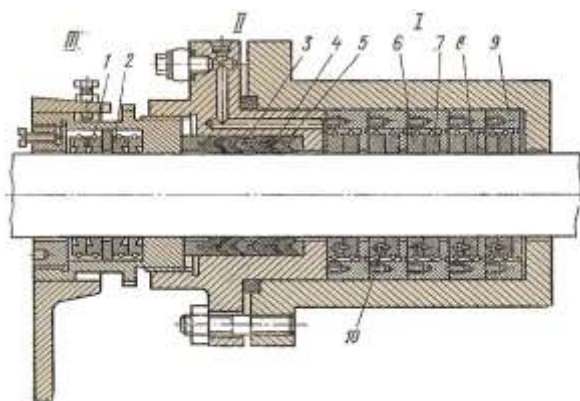
Düýp wal elektrik hereketlendirijiden aýlaw hereketi kabul edýär we şatun bilen birleşýär. Ol berk, gaty bolmaly, olaryň sürtülýän üstleri iýilmeklige durnukly bolmaly. Konstruktorlyk tarapdan wallar tirsekli taýýarlanylýar,

Salnikli berkitme. Ol gapagyň önünden çykýan ýerinde stogy berkitýär we kompressoryň silindrinden sowadyjy jisimiň syzmasynyň ýa-da atmosfera basyşdan pes basyşlarda silindre howanyň sorulmagynyň önüni alýar. Salnikli



Sur. 29. Gapma-garşylykly kompressoryň şatuny

halkalaryň ýerleşmesi 10 stiftler arkaly fiksirlenýär. Her bir halka töweregi



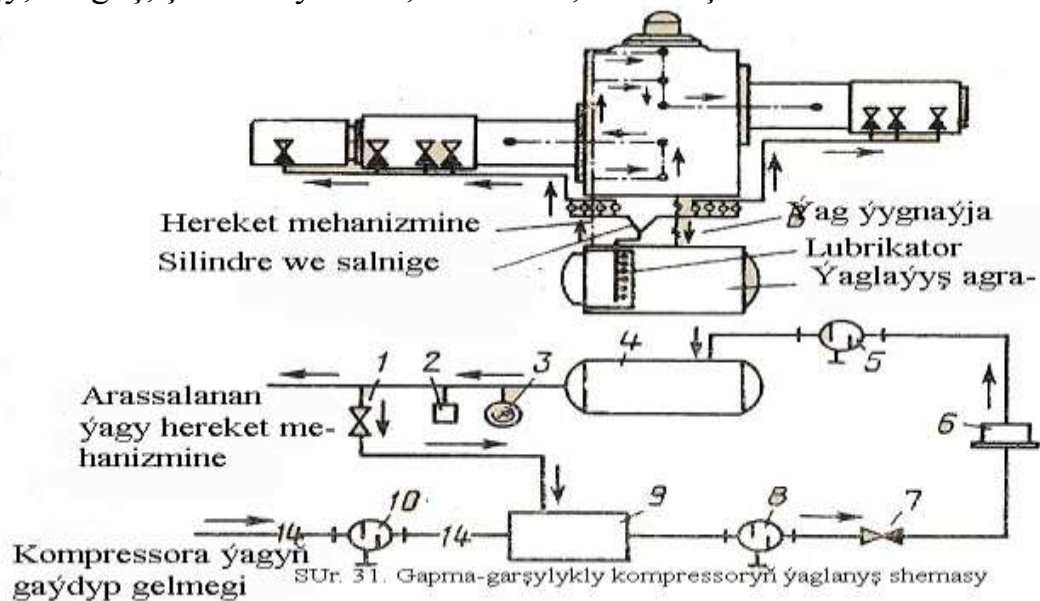
Sur.30. Gapma-garşylykly kompressoryň salnigi

berkitme özünde salnigi I, ön salnik II we ştoгыň ýag aýyryjysy III (sur. 30). Salnik baş çoýun kameradan 9 durýär, olaryň her birinde iki görnüşli berkidiji halka ýerleşýär, degişlilikde 7 we 6. Halkalar jübüt-jübütde 9 kameralara oturdylýar. Alty bölege kesilen 7 halkalar silindriň giňişliginden hasaplanylýan kamerada birinji ýerleşen. Halka 6 üç bölege bölünen we 7 halkalaryň kesiklerini çatyklaryny ýapar ýaly ýerleşýär. Biri-birine görälikde boýunça bilezik pružin 8 arkaly gurşalýar, ol halkanyň we ştoгыň arasynda önisyra berkitmäni döretýär. Berkidiji halkny ştoга gysýan esasy güýç halkalaryň we ştoгыň arasyndaky yşda ýag gatlagyň we kamerada basyşyň tapawudynyň hasabyna bug döretýär. Pružini oturtmak üçin we halkalaryň daşky we içki üstleri boýunça ýag gatlaklary döretmek üçin kanalyklar bar. Halkalaryň şeýle konstruksiýasy salnigiň öz-

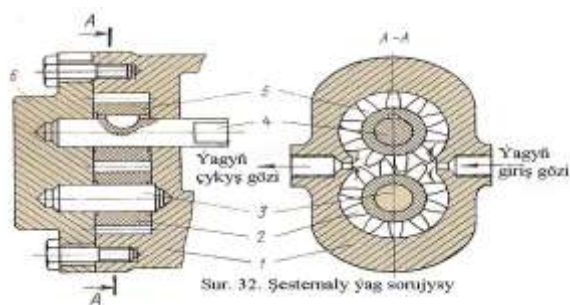
özünden sazlanýlmasyňy üpjün edýär: ştok gyzanda we onuň giňelmesinde pružin dartylyp süýünýär we halka giňelýär, ştok sowanda pružin gysylýar we halkany ştoга radial gysýar, şeýle ýagdaý ştoгыň iýilmesinde hem bolup geçýär.

Kompressory ýaglamak. Kompressory ýaglamagyň ulgamy ýönekeý we ygtybarly bolmaly, sebäbi onuň bozulmagy sürtülýän üstleriň iýilmegine we kä halatlarda kompressoryň wagtyndan öň hatardan çykmagyna getirýär. Ýaglamaklyga kompressoryň ähli sürtülýän jübütleri degişli: silindrdäki porşen, kreýskopfdaky barmak, ugrukdyryjydaky kreýskopf, şatunyň taýýarlanmasyndaky walyň kriwoşip bokurdary, düýp podşipniklerdäki wal, ştoгы berkidiji –salnik. Kreýskopfly kompressorlarda ýaglamagyň iki özbaşdak ulgamy: kriwoşip-şatun mehanizmiň, silindr we salnigiň.

Ýaglamak üçin ähli elementler kompressoryň golaýynda fundamentde oturdylan agregata berleşdirilen (sur. 31). Ýaglaýyş agregatyna ýag ýygnaýjy, ýag sowadyjy, süzgüç, şesternaly nasos, lubrikator, nasos üçin elektrik hereketlendiriji.



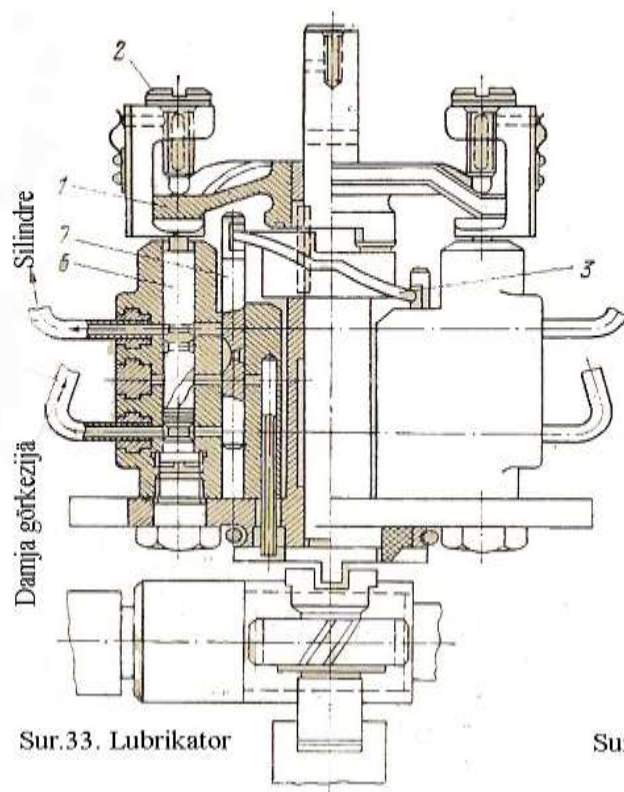
Ýag ýygnaýjy 9 kebşirlenen gapak bilen ýokarsyndan berk ýapylan kebşirlenen gaby emele getirýär. Onuň içinde guýulýan torly süzgüç, sorujy torly süzgüç we ters klapany sorujy truba ýerleşýär. Diwarlaryň birinde seretmek üçin yş ýerleşýär. Ýag sowadyjy 4 daşy gaplanan trubaly: suw trubalar boýunça, ýag – trubaara giňişlikde hereketlenýär, ýag ýygnaýjynyň egreldilen gapagynda ýerleşýär we iki şpilka arkaly saklanylýar. Ýag ýygnaýjynyň ýokarky üstüne mufta we elektrik hereketlendiriji bilen bilelikde şesternaly nasos, deşik süzgüji 8, lubrikator, reduktor we elektrik hereketlendiriji gurnalýar. Gysyp itekleýji ýag trubageçirijide artykmaç ýagy zyňjy(aýyryjy) klapany 7 oturdylýar. Ýagyň basyşy manometr 3 arkaly barlanylýar. Agregat ýagyň basyşy peselende kompressoryň elektrik hereketlendirijisini togtadyjy basyş relesinden 2, gödek 10 we inçe 5 arassalamagyň süzgüçlerinden we gorag klapanalardan 1 jemlenýär.



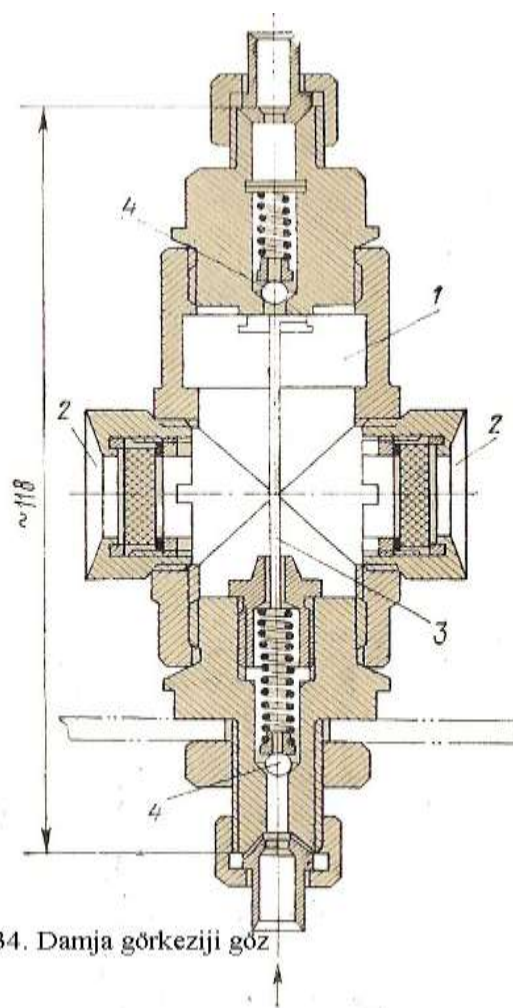
1- sorujynyň gaby; 2- hereketlendirilýän şesterna; 3- hereketlendirilýän walik; 3- hereketlendiriji walik; 5- hereketlendiriji şesterna; 6- gapak

Kriwoşip-şatun mehanizm (walyň düýp we şatun podşipnikleri, kreýskopfyň barmaklary we polzunlary) şesternaly nasosyň (sur. 32) basyşyndan ýaglanýar. Nasos ýag ýygnaýjydan ýagy alýar we ony ýagy sowadyjy arkaly düýp podşipniklere we kreýskopfy ugrukdyryjlara berýär. Podşipniklerden tirsekli walyň kanallary boýunça ýag kriwoşip mehanizmlere barýar we şatunyň boýundaky trubka boýunça kpeýskopfyň barmaklaryna barýar.

Ýag ýaglanýş ýerinden akyp ýag ýygnaýja gaýdyp gelýär. Hereket mehanizmiň ýaglanýş basyşy $(1.47-2.45) \cdot 10^5$ Pa çäklere saklamak zerur.



Sur.33. Lubrikator



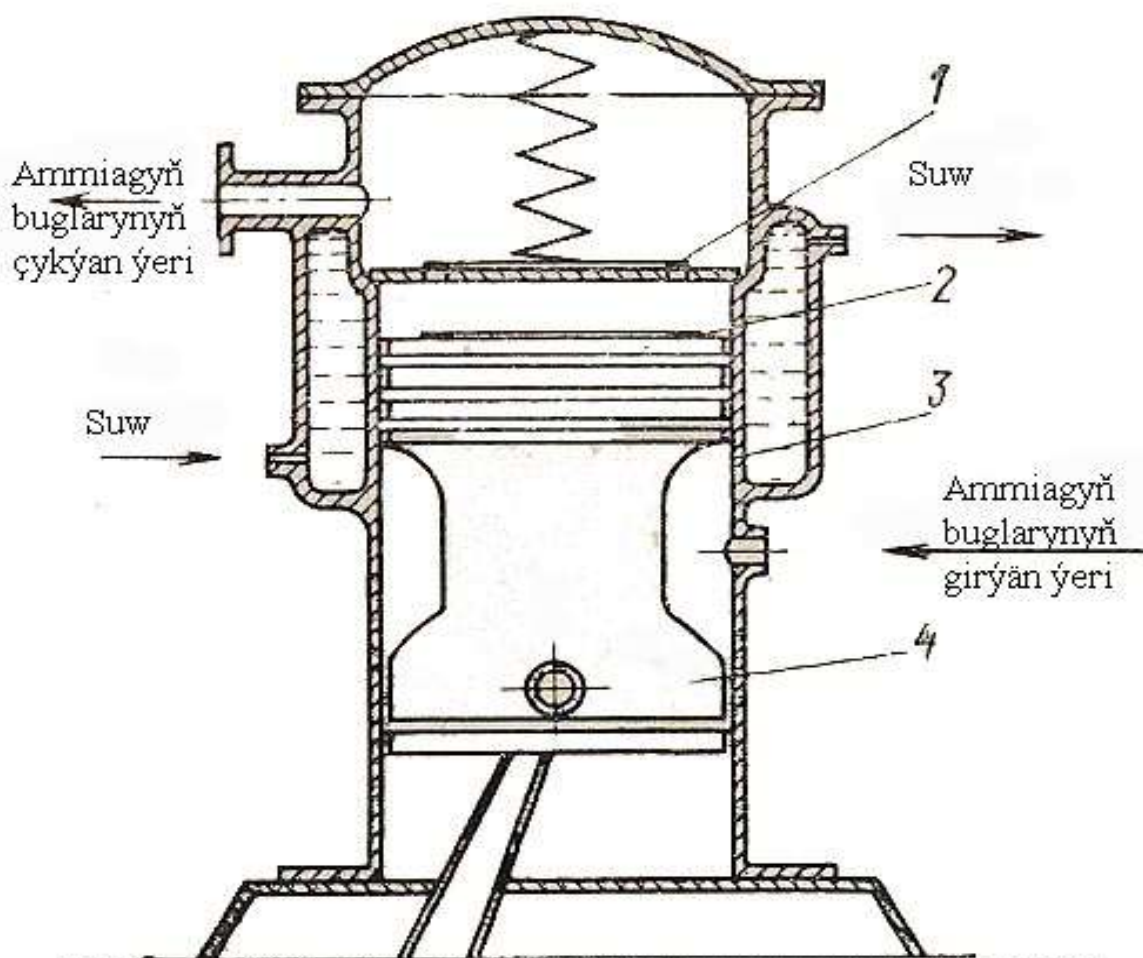
Sur.34. Damja görkeziji göz

Silindr we salnik lubrikatoryň kömeginde basyş astynda ýaglanylýar. Lubrikator aýry nasos elementleri bilen köp plunžerli sorujyny emele getirýär, olaryň her biri silindrde diňe bir girişi iýmitlendirýär. Iki silindrli kompressoryň lubrikatory dört elemente, dört silindrli kompressoryňky sekiz elemente eýe. Lubrikatorda (sur. 33) sorujy elementler wertikal walyň daşynda ýerleşen, oňa iki profilirlenen disk oturdylan. Olaryň ýokarkysy 1 nasosyň 6 plunžerini herekete getirýär, aşaky 3 – paýlaýjy zolotnigi 7 hereketlendirýär. Disk walyň her bir aýlawynda bir ikili ädimi, plunžer – iki ädim eder ýaly profilirlenen. Zolotnigiň gözünüň ýerleşişini şeýle, plunžeriň aşak birinji ädiminde ýag rezerwuardan aşaky aýyryjy 4 boýunça damjany görkezijä berilýär, damja görkezijä gelen ýagyň aşak ikinji ädiminde, ýokarky aýyryjy 5 boýunça kompressoryň silindrine gysyp iteklenýär. Berijiligi 2 hyry aýlamak arkaly sazlaýarlar, onuň bilen plunžeriň tutawajynda erkin hereketi üýtgetýärler. Lubrikator kompressoryň ramasynda oturdylan elektrik hereketlendirijiden hususy priwoda eýe.

Ýagyň berilmegine gözegçilik etmek üçin damja görkeziji gözler (sur. 34) ulanylýar. Pleksiglesden iki serediş gözenejiklere 2 eýe bolan gözün ballonjygy 1 gliserin arkaly doldurlan. Onuň oky boýunça simli sapak 3 çekilen, ol boýunça ýagyň ýokary galýan damjalary typýar. Ýagyň girişinde we çykyşynda ters klapnlar 4 oturdylan.

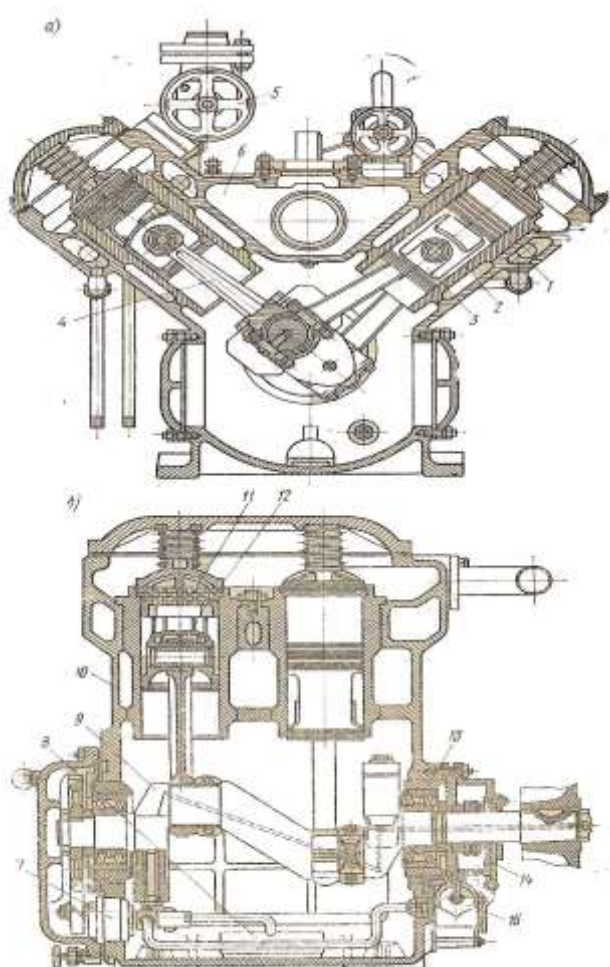
5.3. Porşenli bir basgançakly kreýskopsyz kompressorlar

Kreýskopsyz kompressorlar göni akymly we göni akymsyz bolýar. Kreýskopsyz göni akymly kompressoryň täsir esasy sur. 35 görkezilen. Porşen 4 aşak hereketlenende silindriň göwrümi artýar we silindrde galan buguň basyşy peselýär. Silindrdäki basyş bugardyjydaky basyşdan pes bolanda, sorujy klap 2 açylýar we bug sorujy trubageçirijiden kompressoryň silindrine baryp başlaýar. Porşen 4 ýokary hereketlenende sorujy klap 1 ýapylýar, bug gysylýar we silindrdäki 3 buguň basyşy gysyp itekleýji trubadaky buguň basyşyndan uly bolanda, gysyp itekleýji klap 2 açylýar, silindrdäki bug gysylýp çykarylýar.



Sur. 35. Wertikal göni akymly kompressoryň hereketiniň esaslary

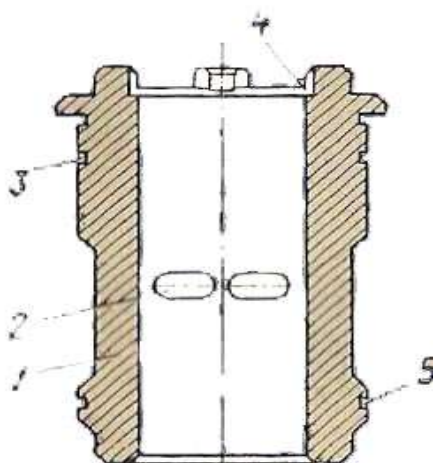
Kompressorlar blok-karterli, bir basgançakly, göniakymly bolýar. AW-100, AY-200, AYY-400 kysymly kompressorlar porşeniň 130 mm ädiminde bir nusga getirilen hatary düzýär. Kompressor AY-300 porşeniň 150 mm ädimine eýe. Kompressor AY-100 ikisilindrli, wertikal; AY-200 dört silindrli, V –görnüşli, silindrleriň arasyndaky burç 90°; AYY-400 – sekiz silindrli, silindrleriň arasyndaky burç 45°; AY-300 – dört silindrli silindrleriň arasyndaky burç 75°. Kompressoryň kysymyndaky harplar indikini aňladýar: A – ammiakda işleýän, W- wertikal Y- V-görnüşli, YY- W-görnüşli, harply belgilenmeden soňky san kompressoryň sowuköndürijiligini mün kkal/sag ($t_0=-15^{\circ}\text{C}$, $t_k=+30^{\circ}\text{C}$ -da) görkezýär.



Sur.36. Ammiakda işleýän AY-200 kysymly kreýskopsyz kompressor
a)-keseligine kesigi; b)-gapdal kesigi; 1-suw köýnegi; 2-silindriň gilzasy; 3-porşen; 4-şatun; 5-gysyp itekleýji ventili; 6-sorujy giňişlik; 7-şesternaly sorujy; 8-ýagyň gödek arassalanmasynyň süzgüji; 9-tirsekli wal; 10-blok-karter; 11-gysyp itekleýji klapany; 12-sorujy klapany; 13-daýanç podşipnigi; 14-salnik; 15-yş ýag süzgüji.

Sur 36 AY-200 kysymly kreýskopsyz kompressor görkezilen.

Kysymyndan bagly bolmazdan ähli kompressorlar esasy bölekler eýe: blok-karter, silindriň gilzasy, sorujy we gysyp itekleýji klapanylar, porşen halkalary bilen bilelikde porşen, kriwoşip-şatun mehanizm, salnik, ýaglaýjy gurluşlar.



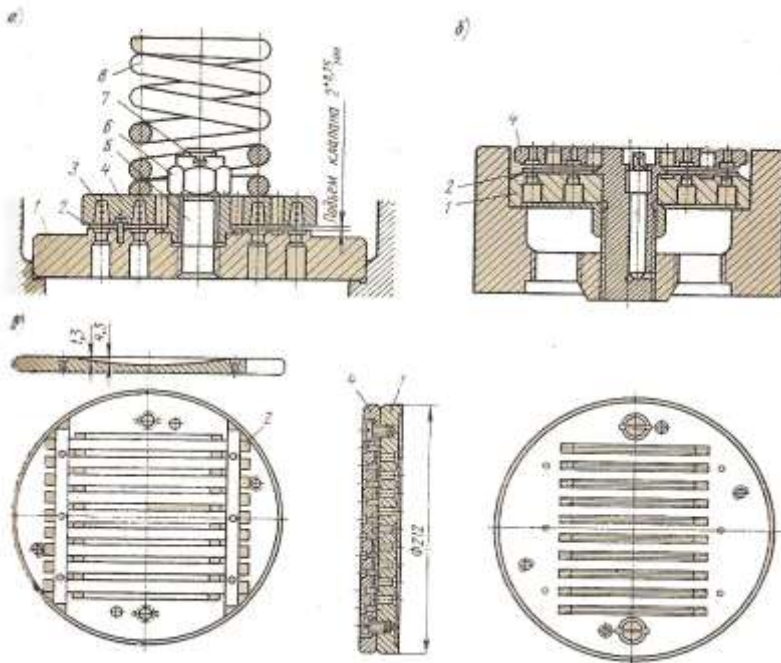
Sur. 37. Göni akymly kompressoryň silindriň gilzasy:
1-gilzanyň korpussy; 2-sorujy göz; 3,5-berkidiji prokladkalar üçin protoçkalar; 4-gysyp itekleýji klapanyň oturdylýan giňişligi

Blok-karter. Ol çöýundan, ýapyk görnüşde guýulan. Onuň ýokarky böleginde suw arkaly sowatmak üçin köýnek, öňki we yzky diwarlarynda – gapak bilen ýapylan tirsekli waly we ýag sorujyny oturtmak üçin yş bar (sur. 37).

Silindriň gilzasy. Gilza – çöýundan guýulan. Gilzanyň ýokarky we aşaky böleklerinde daşky üst boýunça berkidiji rezin halkalar üçin iki kanaljyklar bar. Ýokarky berkidiji halka sorujy we gysyp itekleýji giňişlikleri bölýär, aşaky–sorujy giňişligi we karteri bölýär. Silindriň giňişligini sorulma giňişlikler bilen birleşdirmek üçin dört göz bar.

Klapanylar. Göni akymly kompressorlarda öz-özünden hereketlenýän

plastinkaly halkaly we zolakly klapanylar ulanylýar. Gysyp itekleýji klapanylar – halkaly pružinli (sur.38, a). Sorujy klapanylar pružinli (sur.38, b) we onsuz taýýarlanylýar. Ahyrky ýagdaýda klapany inersiýa güýjiň täsirinden açylýar we ýapylýar.

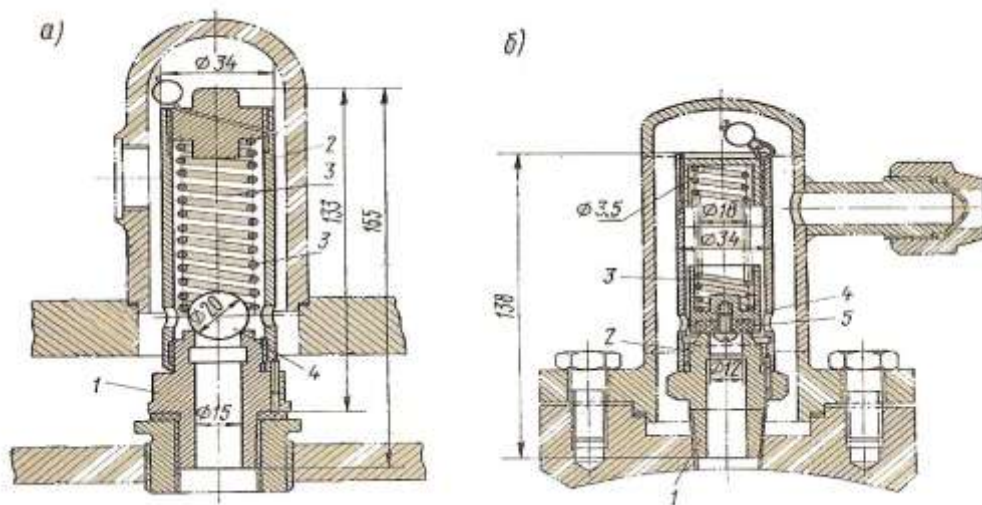


Sur. 38. Plastinkaly klapanylar:

a)-halkaly gysyp itekleýji; b)-halkaly sorujy; w)-zolokly; 1-eýer(ýalan gapak; 2-plastinalar; 3-pružinler; 4-rozetka; 5-şpilka; 6-kronçatyý gaýka; 7-şplint; 8-buferli pružina

Halkaly klapanylardan başga-da zolakly öz-özünden hereketlenýän klapanylar (sur. 38, w) giňden ýaýran. Olarda halkaly plastinanyň 2 ýerine zolakly plastinany ulanylýarlar, bu klapanylarda eýere 1 oturma göniçyzykly formany almaga ymtylýan plastinanyň maýyşgak deformasiýasynyň we buguň ters basyşynyň hasabyna bolup geçýär. Ammiakda işleýän kompressorlarda, kä halatlarda freonda işleýän kompressorlarda gysyp itekleýji klapany

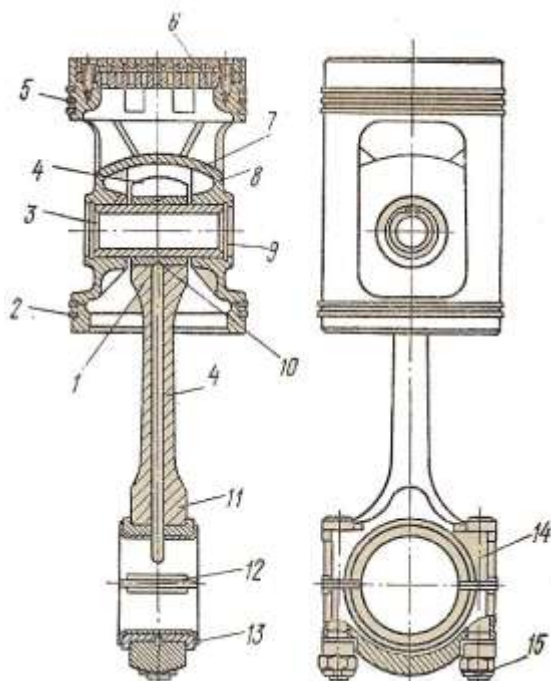
silindr bilen berk birleşmeýär, buferli pružin arkaly silindriň burtigine gysylyp, ýalan gapagy emele getirýär, bu bolsa silindre suwuklyk düşende kompressory gidrawliki urgydan goraýar. Gysyp itekleýji klapanylaryň geçiş kese-kesigi buguň uly tizligine hasaplanylýar. Olar suwuklygyň çykyşyny üpjün etmeýär, şonuň üçin



Sur.39. Gorag klapanylar

suwuklyk düşünde silindrde basyş artýar, onuň täsirinden buferli pružin gysylýar, ýalan gapak galýa we gysyp itekleýji klapa arkaly geçmedik sowadyjy jisim gapagyň we silindriň burtiginiň arasyndaky halkaly giňişlik arkaly gysyp itekleýji giňişlikden çykýar. Şonuň üçin ýalan gapagy howpsuzlyk gapagy diýip atlandyryrlar.

Gorag klapalar. Kreýskopsyz kompressorlarda pružinli öz-özünden hereketlenýän şarikli we oýmakly gorag klapalary ulanylýar. Şarikli gorag klapa (sur.39, a) eýerden 1, korpusdan 2, pružinadan 3 we şarikli klapandan 4 durýar. Şeýle klapalarda klapanyň metal işçi üstüniň we eýeriň arasynda basyşyň birinji zyňylmasyndan soňra doly berkitme üpjün edilmeýar. Soňky wagtlarda oýmakly klapalar (sur. 39, b) ulanylýar, olarda rezin halka arkaly klapanyň ýumşak berkidilmesi döredilýär. Oýmakly klapa eýerden 1, korpusdan 2, pružinden 3, ýagbenzodurnukly rezinden 5 taýýarlanylýan berkidiji rezin halkaly klapandan 4 durýar. Pružinany basyşyň çäk tapawudyna hasaplaýýarlar, bu ýagdaýda klapa açylýar we bugy gysyp iteklenme tarapdan sorujy tarapa geçirýär.



Sur.40. Göni akymly kompressoryň şatun-porşen topary

Porşen. Göni akymly kreýskopfsyz kompressorlarda tagtly gapdal üsti has ösen geçiş porşenler 8 ulanylýar, olarda sorujy klapalar 6 ýokarky bölekde ýerleşen. Sorulma giňişligi karterden porşendäki sferik aralygy diwar 7 arkaly bölünýär. Ýenilleşdirmek üçin porşenleri gapdal üstleri kesikli boş sudurly taýýarlaýýarlar; kesikler şeýle-de sürtülme işini kemeltýär (sur. 40). Berkidiji halkalardan 5 başga-da tagtly porşenlerde ýag aýyryjy halkalar 2 bar, olar karterden gelýän silindriň üstündäki artykmaç ýaglary aýyrmak üçin niýetlenen. Olar porşeniň aşaky gyrasynda oturdylýar. Ýag aýyryjy halkalaryň ýok ýa-da olaryň nädogry oturdylyan ýagdaýynda ýag silindre artykmaç mukdarda

düşýär, bu bolsa onuň artykmaç sarp edilmegine, klapalarda we trubageçirijilerde ýangynyň emele gelmegine, şeýle-de ýylylyk çalşyjy apparatlaryň üstünde ýag gatlaklarynyň çökmegine getirýär, bu bolsa apparatyň işini peseltýär. Ýag aýyryjy halkalar daşky üsti boýunça 12 kesige eýe. Ýag, porşeniň diwarynyň we silindriň üstüniň arasynda ýygnanyp, halkany kanaljyga gysýar we porşeniň içine akýar, munuň üçin porşeniň halkalaýyn ýonmasynda yş bar. Şeýle yşlar buguň çykmagy üçin ýag aýyryjy halkanyň kanaljygyndada edilen.

Kriwoşip-şatun mehanizm. Bu mehanizm walyň aýlawly hereketini porşeniň öňe-yza bolan hereketine öwürmek üçin niýetlenen. Porşen şatun bilen porşen barmaklaryň 9 kömegi arkaly gös-göni birleşýär (sur. 40 ser.)

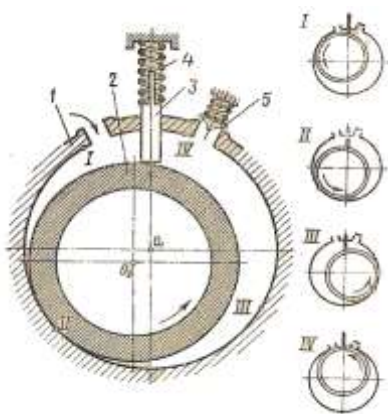
Şatunlar 4 – depesi sökülmeýän kelleli 1(bu ýere бүрүнç wtulka 10 preslenen) iki tagmaly gaplanan polat we sazlaýjy aralyk gatly (prokladkaly) 12 , babbitli goýulan we iki polat wkladyşly aşaky sökülýän kelleli 11. şatunyň tutawajyny (skobyny) steržene koronçaty gaýkada 15 iki nurbat 14 arkaly berkidilýär.

Tirsekli wal – polat guýmaly, iki tirsege eýe, polat deňagramlaşdyryjyda biri-birinden 180° ýerleşen. Ony yranmanyň iki düýp podşipniklerinde oturtýarlar. Yranma podşipnikleri – iki hatarly, sferik, rolikli.

5.4. Rotorly kompressorlar

Umumy maglumatlar. Silindre görälikde rotory (porşeni) aýlanýan kompressorlara *rotorly kompressorlar* diýilýär. Rotoryň hereketleniş häsiýeti boýunça rotorly kompressorlary iki esasy topara bölýärler – typýan rotorly we aýlanýan rotorly.

Sur. 41 typýan rotorly (porşenli) rotorly kompressoryň shemasy

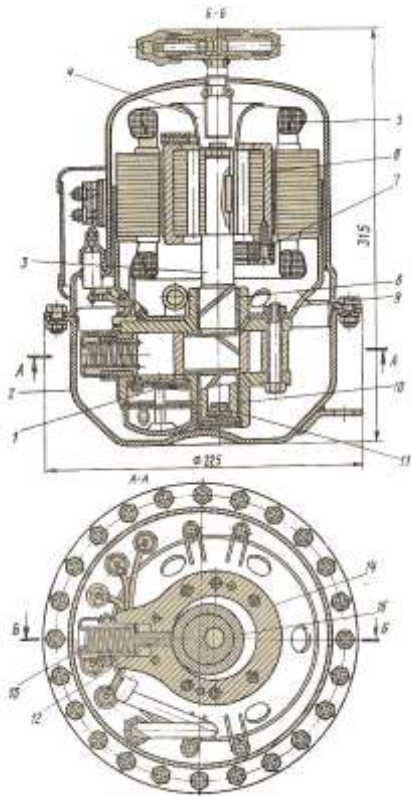


Sur.41. Typýan rotorly (porşenli) rotorly kompressoryň shemasy.

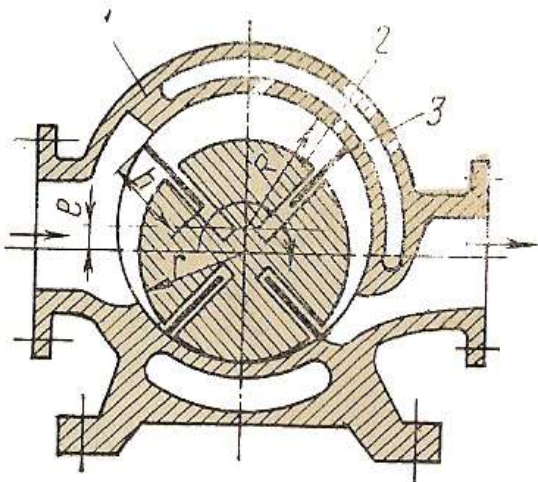
Şekillendirilen. Silindriň 1 gozganmaýan üsti boýunça eksentrik wal arkaly herekete getirilýän rotor 2 typýar. Rotoryň okunyň silindriň okuna görälikde garyşýandygy sebäpli silindriň we rotoryň arasynda orak şekilli giňişlik emele gelýär, onuň ýagdaýy rotoryň öwrüm burçundan baglylykda üznüksiz üýtgeýär. Orak şekilli giňişlik plastina (pilçe 3) arkaly bölünen. Ol pružin 4 bilen rotora berk gysylýar we giňişligi iki izolirlenen bölege – sorujy we gysyp itekleýji giňişlige bölýär. Rotor ýokarky ýagdaýda (I) ýerleşende pilçäni agza gysýar, netijede silindrde sowadyjy jisimiň buglaryndan dolan orak şekilli ýeke giňişlik emele gelýär. Rotoryň indiki aýlawynda plastina pružiniň massasynyň we güýjüniň täsirinden aşak düşýär (II) we silindri iki izolirlenen giňişlige bölýär. Rotoryň yzynda ýerleşen orak şekilli göwrüm artýar, we giňişlik sorujy trubageçirijidäki bugdan dolýar. Sorujy giňişlik maksimal göwrümi (III) eýelände sorulma prosesi gutarýar. Rotoryň hereketlenmegi bilen rotoryň önündäki giňişligiň göwrümi kemelýär, netijede bug gysylýar; buguň basyşy gysyp iteklenme trubageçirijidäki (ýagny kondensatordaky) basyşdan az-kem ýokarlananda gysyp itekleýji klapa 5 açylýar we gysylan bug gysyp itekleýji trubageçirijä gysyp iteklenýär (IV).

Typýan rotorly sowuköndüriligi 815 Wt bolan FGR-0.7 kysymly rotorly germetik kompressor sur. 42 görkezilen. Kompressor elektrik hereketlendirijisi bilen bilelikde 2 polat gaba gaplanan. 14 silindriň içinde eksentrik 3wertikal

wala oturdylan 15 rotor ýerleşdirilen. Wal 8we 10 iki бүрүнч podşipniklere daýanýar.



Sur. 42. R12 üçin FGR-0.7 kysymly rotorly germetik kompressor.



Sur.43. Aýlanýan rotorly plastinkaly rotasion kompressoryň kesigi

böleklerе bölünýär. Olardan has uly göwrüm – silindriň ýokarky böleginde, has kiçi – aşaky böleginde. Bug sorujy trubageçirijilerden plastinalar arkaly kabul edilýär we plastinalaryň arasyndaky böleklerde (göwürümlerde) gysylýar. Bu göwürüm gysyp itekleýji göze ýetende, bug göz arkaly gysyp itekleýji trubageçirijä

Silindriň çep böleginde rotoryň üstüne pilçäni gysçan pružinli pilçe 12 ýerleşýär. Gysyp itekleýji klapa 1 aşaky gapakda ýerleşen. Kompresor rotoryň 6 gapdalynda oturdylan iki deňagramlaşdyryjylar 7 arkaly deňagramlaşdyrylan. Merkezi yza eýe bolan ekssentrik walyň aşaky bölegine merkezden daşlaşýan ýag nasosyň wezipesini ýerine ýetiriji bir merkezi we dört radial yşly wtulka 11 gysylp berkidilen. Ýag walyň merkezi yşy boýunça ýokarky podşipnigiň orta bölegine çenli galýar, bu ýerden radial deşme arkaly spiral kanalyyklara berilýär, ol boýunça ýag ýygnaýjy bolup hyzmat edýän statory preslemek üçin 9 okarajyga berilýär. Okarajykdan ýag üç kanalyklar boýunça rotor podşipniginiň ýokarky böleginiň halkaly çukurjyklaryna barýar, soňra spiral çukurjyklar boýunça aşaky halka kanalyklaryna düşýär we kompressoryň karterine çykarylýar. Ekssentrik walyň ýokarky bölegine elektrik hereketlendirijiniň rotorynyň bolty arkaly figuraly okarajyk 4 gulluk edýär, ol ýagy aýyrmak üçin gulluk edýär. Bu elektrik hereketlendirijiniň sarymlaryny 5 oňat sowatmaklygy üpjün edýär we statoryň we rotoryň arasyndaky yşa ýagyň düşmeginiň önüni alýar.

Gozganmaýan silindrde ýa-da daşda 1 aýlanýan rotoryly 2 kompressoryň shemasy sur. 43 sekillendirilen. Rotoryň aýlanma oky silindriň okuna görälikde garyşýar. Rotorda kesikler bar, olar boýunça plastinalar 3 typýar. Rotor aýlananda plastinalar merkezden daşlaşýan güýjüň täsirinden kesiklerden çykarylýar we silindriň üstlerine daýanýar, soňra ýene-de başlangyç ýagdaýa gelýär. Silindriň we rotoryň arasyndaky giňişlik plastinalar arkaly aýry

gysylp çykarylýar. Rotorly plastinkaly ammiakda işleýän kompressorlar häzirki wagtda iki basgançakly desgalarada pes temperaturany almak üçin gysyjy hökmünde ulanylýar. Rotorly kompressorlar porşenli kompressor bilen deňeşdirilende birnäçe artykmaçlyga eýe: göwrüm ölçegleri we massasy ep-esli kiçi; sorujy klapanalaryň, kä halatlarda gysyp itekleýji klapanalaryň ýok bolmagy; oňat deňagramlylyk, bu fundamentleri ulanmazlyga, kompressorlaryň jaýyň ýokarky gatlarynda oturdylmagyna we olary daşamaklygyň desgalarynda ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Iýilmek we döwürmeklige sezewar bolýan hereketlenýän bölekleriň mukdarynyň köp dälligi netijesinde rotorly kompressorlar “çygly ädimde” işläninde hem ygtybarly we hyzmat etmeklik ýönekeý. Porşenli kompressorlar bilen deňeşdirilende olaryň düýpli ýetmezçiligi – taýýarlamagyň uly takyklygynyň zerurlygy, sebäbi bu maşynlaryň ýokary PTK –ni rotoryň we silindriň gapdallarynyň ýa-da plastinanyň we diwarlaryň arasynda minimal berk dälliklerinde üpjün etmek mümkin.

5.5. Rotorly sowadyjy kompressorlaryň nazaryýetiniň esaslary

Kompressoryň öndürilijiligi. Bir kameraly kompressoryň nazary öndürilijiligi (sur.44, a), bu ýerde öýjük bir öwrümde bir işçi aýlawy amala aşyrýar (sorulma, gysylma we gysyp itekleme), indiki aňlatmada aňladylýar

$$V_n = z f_{\max} \ln = C R \ln \quad (5.1)$$

C koeffisient plastinalaryň sanyndan kesgitlenilýär.

z	6	8	10	12
C	12.2	12.3	12.4	12.5

$z > 12$ bolanda koeffisient $C = 4\pi$.

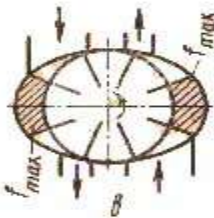
Rotoryň radius bilen iýilme (wytočka) bar bolan silindrli kompressorlar üçin (5.1) formulada e ýerine indiki ululyk goýulýar

$$e' = e + a/2,$$

bu ýerde a – wytočkanyň çuňlugy.

Iki kameraly kompressorlarda (sur. 45), bu ýerde bir öwrümde iki işçi aýlaw amala aşyrylýar, nazary öndürilijiligi silindriň işçi üstüniň profilinden baglylykda kesgitleýärler:

$$V_n = 2z f_{\max} \ln. \quad (5.2)$$



Sur.45. plastinkaly rotasion kompressoryň shemasy

(5.1) we (5.2) formulalar rotoryň radiusyna gatnaşygy boýunça ýapgytlyga eýe bolan plastinkaly kompressorlar üçin hem kanunalaýyk.

Sowadyjy rotorly kompressorda öndürilijiligiň ýitgileri berijilik koeffisienti λ bilen bahalandyrylýar. Olar indiki esasy sebäpler bilen şertlenen:

gysylma we gysyp itekleme giňişliklerden soruş giňişligine gapdal we radial yşlyr arkaly, şeýle-de öýjüklerde plastinanyň we rotoryň arasyndaky yşlar arkaly

buguň geçmegi;

gysma göwrümine gysylma giňişliginden sorulma buguň geçmegi (gysyp iteklenme gözünden aýyrylandan soňra öýjükde galan buguň göwrümi);

sorulma prosesinde silindriň, rotoryň we plastinalaryň diwarlaryndan, şeýlede ýokary basyşyň tarapyndan syrygyp gelýän bug bilen garyşmagy netijesinde buguň gyzmagy.

Plastinkaly kompressorlar üçin drossel ýitgiler, düzgünde bolşy ýaly, klapanlaryň ýoklugy we sorulmada buguň tizliginiň pesdigi sebäpli örän kiçi.

Göwrüm ýitgileriň aýry düzüjileriniň ululyklary birnäçe faktorlardan bagly, hususanda, iş kadasyndan (sorulma basyş we temperatura we basyşlaryň gatnaşygy), radiuslaryň geometrik baglanyşyklaryndan, silindriň iş böleginiň uzynlygyndan we eksentrisitetden, esasy ýşlaryň ululyklaryndan, plastinalaryň sanyndan we aýlaw ýygylygyndan, sowadyş we ýaglaýyş usulyndan, gysylýan gurşawyň görnüşinden we ş.m.

Şunuň bilen baglylykda umumy görnüşde aýry düzüjileri kesgitlemek örän kynçylyk döretýär, we hakyky göwrüm öndüriljek hasaplanylýanda adaty eksperimental maglumatlardan peýdalanylýar, emma berijilik koeffisienti hasaplamak boýunça hödürnamalar hem bar.

Sarp edilýän kuwwat. Sowadyjy potordly kompressoryň walynda sarp edilýän kuwwat (kWt)

$$N_{\epsilon} = G_{\alpha} l_{\epsilon} = G_{\alpha} \frac{l_{ad}}{\eta_{\epsilon}}.$$

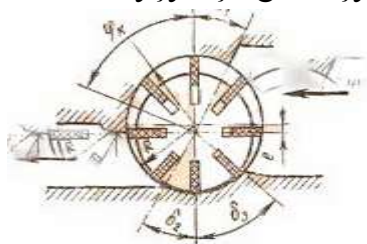
Rotorly kompressorda kuwwatyň ýitgileri indiki faktorlar bilen şertlenen: içki we daşky basyşlaryň gatnaşyklarynyň deň gelmezligi, gysyp itekleýji gözlerde depressiýalar, uly basyşly öýjüklerden kiçi basyşly öýjüklere we sorulma giňişligine gysylýan gurşawyň geçmegi, kompressoryň soruş akabalarynda buguň gyzmagy, mehaniki ýitgiler.

Sowadyjy rotorly kompressoryň işi howa kompressorlaryndan tapawutlykda, iş kadasyndan baglylykda basyşlaryň gatnaşyklarynyň ýeterlik giň diapazony bilen häsiýetlendirilýär. Plastinkaly kompressoryň fiksirlenen geometrik gysylma derejesiniň bolmagy basyşlaryň daşky (kompressoryň sowma trubasynda) gatnaşyklaryndan baglylykda sarp edilýän kuwwata düýpli täsir edýär. Sorulmanyň ahyryndaky we gysyp iteklenmäniň ahyryndaky pursatda öýjükleriň geometrik göwrümleriniň gatnaşygyna gysylmanyň *geometrik derejesi* diýilip düşünilýär.

$$\epsilon_g = V_s / V_{g.i.}$$

Basyşyň şu gatnaşygyna bu öýjüklerde (içki)

$$\pi_{i\phi} = (V_s / V_{g.i.})^n.$$



Sur.46. Rotasion kompressoryň sorujy we gysyp itekleýji gözleriniň ýerleşişiniň shemasy.

Gysylmanyň geometrik derejesi ϵ_g gysyp itekleýji gözün gyrasynyň ýagdaýyndan kesgitlenilýär, oňa ýetende öýjük gysyp itekleýji sowma truba ýa-da öwrüm burçy ϕ_k bilen birleşýär (sur.46).

$$\epsilon_g = \frac{\beta + \frac{2 \sin \beta}{2} + \frac{e}{2R} \sin \beta - \frac{e}{2R} \beta}{\beta + \frac{2 \sin \beta}{2} \cos \phi_k + \frac{e}{2R} \sin \beta \cos 2\phi_k - \frac{e}{2R} \beta}$$

bu ýerde ϕ_k – wertikaldan öýjügiň okunyň öwrüm

burçy; β – iki ýanaşyk plastinalaryň arasyndaky burç.

Basyşyň içki we daşky gatnaşyklarynyň gabat gelmezligi kuwwatyň goşmaça sarp edilmegine getirýär.

Nazary kompressorda öýjügiň gysyp itekleýji göz bilen birleşme pursadynda öýjükde we gysyp itekleýji sowma trubada basyşyň mgnowen deňleşmesi bolup bolup geçýär. Eksperimental indikator diagrammalaryň görkeziji ýaly, hakyky kompressorda basyşyň mgnowen deňleşmesi bolup geçmeýär, öýjükde gysylma dowam edýär. Hakyky kompressorda basyşyň gabat gelmezliginden kuwwatyň ýitgileri nazary kompressoryňkydan artyk, eger-de basyşyň daşky gatnaşyklary hasaplamadan kiçi, we tersine, olar nazarydan kiçi, eger-de basyşyň daşky gatnaşyklary hasaplamadan uly. Sowadyjy rotorly kompressoryň geometriki gysylma derejesi onuň ähli iş diapazonynda degişli basyşyň içki gatnaşyklary daşkydan kiçi bolar ýaly saýlanylyp alynýar. Şeýlelikde, has giň ýaýran ammiakda işleýän iki basgançakly agregatlaryň pes basyşynyň basgançagynda basyşlaryň işçi gatnaşyklary gaýnama ($-25\div-45^{\circ}\text{C}$) we kondensasiýa (40°C çenli) temperaturanyň esasy diapazonynda 2.8–4 çäklerde üýtgeýär, bu agragatlar üçin buster-kompressorlaryň geometriki gysylma derejesini 2.2–2.3 deň saýlaýarlar, bu gysyp itekleýji gözün açylma pursadyndaky basyşlaryň gatnaşygyna 2.5–2.7 gabat gelýär.

Kuwwatyň aşa sarp edilmegine getirýän gysylýan gurşawyň syzmasy radial yşlar (rotoryň we silindriň arasyndaky minimal aralyk) arkaly, gapdal yşlar (silindriň gapagy we rotoryň gapdal taraplarynyň arasyndaky yşlar, plastinanyň gapdal taraplarynyň we gapaklaryň arasyndaky yşlar), şeýle-de plastinanyň we rotoryň öýleriniň arasyndaky yşlar arkaly bolup geçýär.

Suw köýnekleriň kömeginden we gysylma giňişligine ýagyň pürkülmege netijesinde kompressoryň sowadylýandygyna seretmezden, soruş akabasynda buguň gymmagy bolup geçýär; sorulýan gaza gysylma prosesinde we sürtülme netijesinde bölünýän ýylylygyň 30-35% berilýär. Şonuň üçin gysylma, mysal üçin ammiakda işleýän kompressorlarda iş kadadan baglylykda sorulma temperaturadan $30-50^{\circ}\text{C}$ ýokary temperaturada başlanýar.

Ýaglanylyşy sirkulýasion ulgamly kompressorlar üçin gysylmanyň şertli orta politropa görkezijisi (iş aýlawda bölünýän we aýyrylýan ýylylygyň balansyndan alynan), $n=1.1\div 1.2$, damjaly ýaglanylýan kompressorlar üçin $n=1.4\div 1.6$.

Kuwwatyň ýitgisiniň ep-esli bölegini, esasanda kiçi massa sarp edilişi kadalarda, mehaniki ýitgiler düzýär. Rotorly kompressorlaryň sürülme kuwwaty birnäçe faktorlardan bagly, olaryň in esasylaryna silindriň radiusy R , rotoryň aýlaw ýygylgy n , plastinalaryň sany z we massasy m degişli.

Esasy konstruktiv gatnaşyklar. Esasy geometrik ölçegleriň (silindriň radiusynyň R , eksentrisitetiniň e , silindriň uzynlygynyň l arasyndaky konstruktiv gatnaşyklar plastinkaly kompressoryň göwrüm we energetik görkezijilerine, şeýle-de udel massa we gabarit häsiýetnamalar aýgytly täsir edýär.

(5.1) formula laýyklykda nazary öndürilijiniň V_n we aýlaw ýygylgyň n berlen bahalarynda esasy geometriki ölegler indiki gatnaşykda baglanyşýar:

$$\text{Rel}=C_1, \quad (5.3)$$

bu ýerde C_1 – hemişelik ululyk.

Kompressoryň peýdaly göwrümini has oňat ulanmagyň nukdaý nazaryndan ekssentrisitetiň bahasy mümkin uly bolmaly. Emma real ýagdaýda bu ululyk saýlanylanda iki şert ýerine ýetmeli: rotorda plastinanyň ýerleşmek mümkinçiligi, haçanda onuň minimal çykyşynda we maksimalda zeper ýetmesinde. Birinji şert plastinanyň beýikliginiň rotoryň radiusyna gatnaşygynda ýerine ýetýär

$$h/r=0.5\div 0.65;$$

ikinci – plastinanyň beýikliginiň ekssentrisitete gatnaşygynda

$$h/e=3.5\div 4.$$

Bu ýerden ekssentrisitetiň silindriň diametrine gatnaşygynyň hödürülenýän bahasy

$$e/R=0.11\div 0.15.$$

Ekssentrisitetiň saýlanylan göräli bahasynda (5.3) deňleme indiki görnüşi alar:

$$R^2l=C_2,$$

bu ýerde C_2 – hemişelik ululyk.

l/R gatnaşyk radial we gardal ýşlaryň ululyklarynyň baglanyşygyny kesgitleýär, olar boýunça esasan kompressorda syzmlar bolup geçýär. Minimal gapdal ýşlary almak üçin l/R gatnaşygyň uly bahasyny almak amatly. Emma bu ýagdaýda radial ýş we gysma göwürimler artýar. Aýlawly ýaglanýan kompressorlarda ahyrky kesgitleýji ululyk däl.

Tejribelikde l/R gatnaşyk 3.4-den 8 çenli saýlanylýar. l/R gatnaşygyň üýtgemesiniň şeýle uly aralygy ýokarda beýan edilenlerden, şeýle-de rotorly kompressorlaryň bir nusga getirmek talaplaryndan gelip çykýar. Bir nusga getirilen kompressorlar bir esasyň çäklerinde silindriň we ekssentrisitetiň birmeňzeş radiusyna eýe we diňe silindriň, rotoryň, plastinanyň uzunlygy boýunça tapawutlanýar. Bir esasdaky kompressorlaryň galan ülüşleri (gapak, sorujy, berkidijiler we ş.m.) birmeňzeş.

Esasy geometriki ölçegler saýlanylanda silindriň radiusynyň uzunlygynyň silindr boýunça plastinanyň typmasynyň orta töwerek tizliginiň u (10–16 m/s çäklerde) ýol berilýän bahasy bilen şertlenen ululykdan geçmeli dældigini hasaba almaly

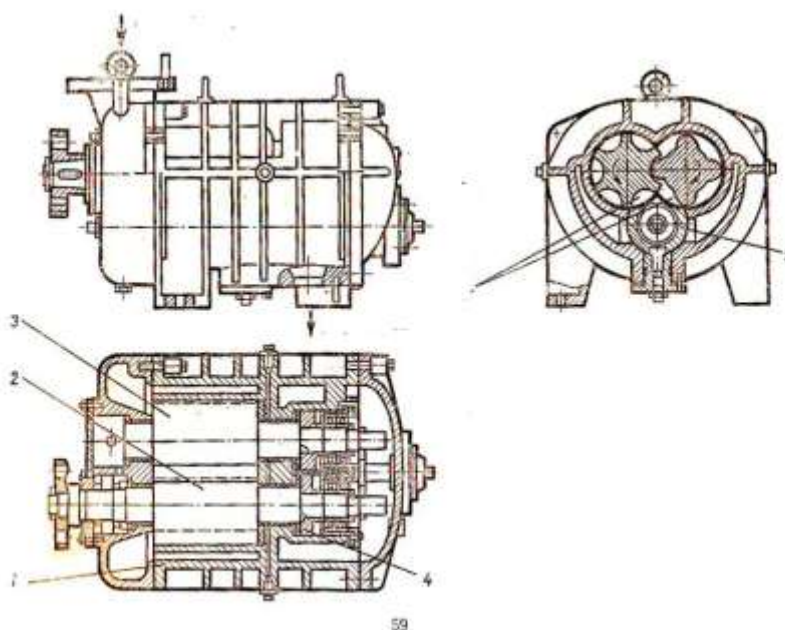
$$R=u/(2\pi n),$$

bu ýerde n – rotoryň aýlaw ýygylgy, s^{-1} .

5.6. Hyrly kompressorlar

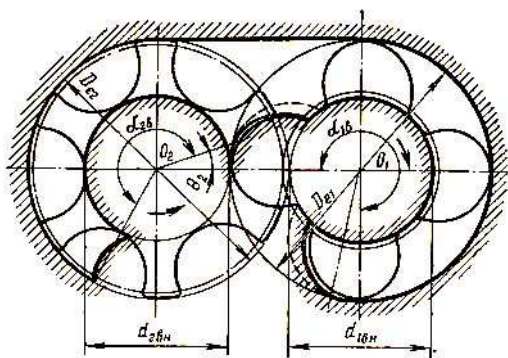
Hyrly kompressoryň işçi organy bolup, hyrly dişler kesilen we aýlawly hereketi amala aşyran rotorlar gulluk egýär. Hyrly kompressorlar bir, iki, we üç rotorly bolup biler. Gysylma giňişligi berkitmegiň usulyndan baglylykda gury we ýag bilen doldurylýan kompressorlary tapawutlandyrýärlar. Sowadyş tehnikasynda esasan ýag bilen doldurylýan iki rotorly kompressorlar ulanylýar. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorlar salnikli we salniksiz bolup biler. Hyrly iki rotorly kompressor (sur.47) indiki esasy detallardan durýär: daşdan (korpusdan) 1, iki rotordan 2, 3, daýanç we söýget podşipniklerinden, ok güýçlerini sazlamak üçin

porşen 4, öndürijiligi sazlaýjy hereketlendiriji (priwod) 5. rotorlaryň dişleri ýörite profile eýe bolan silindrik ýapgyt dişli uly modully şesternany emele getirýär. Jübüt hyrlaryň dişleriniň profili özara tigirlenende nazary yşsyz galtaşýarlar. Hyrlar aýlananda dişleriň depeleri silindrik üstleri emele getirýär we daş (korpus) bilen hem nazary yşsyz baglanyşygy emele getirýär. Hakyky konstruksiýalarda rotorlaryň arasynda, şeýle-de rotorlaryň we daşyň arasynda kiçi yşlar bolýar. Hereketlenýän hyr, düzgünde bolşy ýaly, dört çykyta eýe, hereketlendirilýän – rotorlaryň deň daşky diametrinde alty. Kompressoryň rotorynyň uzynlygynda dişler doly towy emele getirmeýär. Soruş we gysyp itekleýiş gözler özara diagonal boýunça ýerleşen.



Sur.47. Iki rotorly hyrly kompressoryň shemasy: 1-korpus; 2-hereketlendiriji rotor; 3-hereketlenýän rotor; 4-deňagramlaşdyryjy porşen; 5-öndürijiligi sazlaýjy priwod.

Hyrlý kompressoryň işçi aýlawy dört faza eýe: sorulma, geçirilme, gysylma we gysyp iteklenme.



Sur.48. Soruş gözün konfigurasiýasy

Sorulma. Rotoryň dişleri aýlananda we ilişmeden çykanda olaryň arasyndaky çukurjygy gaz soruş gözi arkaly girip doldurýar. Dişleriň arasyndaky çukurjyklaryň göwrümini çäklendirýän hereketlendiriji rotoryň dişleriniň gyrasy soruş gözün gyrasy bilen birleşýänçä sorulma prosesi dowam edýär (sur. 48 ser.). Hereketlendiriji we hereketlenýän rotorlaryň dişleriniň arasyndaky

çukurjygyň göwrümine *jübüt giňişlik* diýilýär.

Geçirmek. Rotorlaryň öwrülmesiniň soňraky prosesinde gaz üýtgedilmezden gysyp iteklenme gözün ugrunda jübüt giňişligiň ýapyk göwrümine geçirilýär.

Gysylma. Rotoryň öwrülmesinde jübüt giňişligiň ýapyk göwrüminiň kemelmeginiň hasabyna gazyň basyşy ýokarlanýar. Jübüt giňişligi çäklendiriji hereketlendiriji we herekete getirilýän rotorlaryň dişleriniň gyrasynyň gysyp iteklenme gözün gyrasy bilen birleşýän pursadyna çenli gysylma prosesi dowam edýär.

Gysyp itekleme. Gaz (ýag bilen bilelikde) jübüt giňişligiň kiçelýän göwrüminden gysyp iteklenme gözi arkaly gysyp iteklenme sowma trubasyna çykarylýar. Eger-de gysylmanyň ahyryndaky basyş gysyp iteklenme sowma trubasyndaky basyşdan kiçi bolsa, onda gysyp iteklenme basyşa çenli gazyň daşky gysylmasy bolup geçýär.

Kompressoryň korpusyna sowadylan ýag pürkdürilýär, ol rotoryň we korpusyň arasyndaky yşy doldurýar, şeýle-de dişiň we çukurjygyň galtaşýan üstleriniň çyzygy boýunça berkidilmesi üpjün edilýär.

Hyrly kompressoryň işçi boşlugyna ýagyň berilmegi netijesinde öndürijilik ýokarlanýar (içki syzmalaryň kemelmeginiň hasabyna), gysylmada buguň temperaturasy ep-esli peselýär. Bu kompressoryň konstruksiýasyny ýönekeýleşdirmäge, aýlaw ýygylgy kemeltmäge, sesi kemeltmäge, basyşlaryň gatnaşyklarynyň ýol berilýän bahalaryny artdyrmaga, energetiki effektivligi, ygtybarlygy we uzak möhletli işini üpjün etmäge mümkinçilik berýär.

Hyrly kompressorlar porşenli we merkezden gaçyryş kompressorlar bilen deňeşdirilende artykmaçlyga eýe. Porşenli kompressor bilen deňeşdirilende hyrly kompressorlarda sorujy klapanlar, yza-öňe hereketlenýän detallar, silindrde sürtülýän üstler ýok. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorlarda berijilik koeffisient porşenli kompressorlardakydan ýokary. Hyrly kompressorlaryň gulluk ediş möhleti düýpli abatlaýyş işlerine çenli pesinden 40 000 sag. düzýär, bejergi işleriniň möhleti uly, öndürijiligi sazlamak ýenil we amatly. Emma hyrly kompressorlar energetiki effektivligi boýunça porşenli kompressorlardan yzda galýar, hususanda, içki gysylma derejesiniň hemişelikligi sebäpli. Merkezden gaçyryş kompressorlardan tapawutlykda hyrly kompressorlarda basyşyň ýokarlanma derejesi rotoryň aýlaw ýygylgyndan bagly däl; hyrly kompressorlaryň konstruksiýasyny üýtgetmän ony islendik sowadyjy jisimleri (olaryň molekulýar massasyndan baglanyşyksyzlykda) gysmak üçin ulanmak mümkin.

Ösen ýaglanýş ulgamynyň bolmagyny hyrly ýag bilen doldurylýan kompressoryň ýetmezçiligine degişli etmek bolar.

Hyrly kompressoryň işleýiş prosesiniň 1878ý bári bellidigine seretmezden, bu kompressorlar diňi XX asyryň 40-njy ýyllaryndan başlap giňden ulanylyp başlandy,

Häzirki wagtda sowadyş tehnikasynda hyrly kompressorlar R22 we ammiakda işlände 210-dan 3500 kWt çenli sowuköndürijilikde ulanylýar. Standart şertlerde hyrly kompressorlary 400-den 1650 kWt çenli aralykdaky

sowuköndürijilikde ulanmagyň has amatlydygy tehniki-ykdysady derňewiň esasynda kesgitlenildi.

Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorlar kompressor agregat görnüşinde hem ulanylýar. Bu ýagdaýda onuň düzümine kompressordan başga-da ýaglaýyş ulgamy, awtomatika abzallary, sazlama we dolandyryş ulgamlary girýär.

Çalym ýagy sorujydan sorujy göze berilýär we bug bilen bilelikde kompressordan geçýär. Ýagyň temperaturasy gysyp iteklenýän buguň temperaturasyna täsir edýär, ol basyşyň uly gatnaşyklarynda hem ýokary baha barmaýar, şonuň üçin hyrly ýag dolduryjyly kompressorlar bir basgançakly siklde pes temperaturany almak üçin ulanylyp bilner.

Hyrly kompressoryň konstruksiýasy öndürijiligi 10-dan 100% aralykda sazlamaga mümkinçilik berýär. Silindriň aşaky böleginde kesik bar, onda reduktor arkaly elektrik hereketlendirijiniň kömeginde rotorlaryň okunyň ugrunda zolotnik 10 hereketlenýär. Zolotnigiň gyraky şertlerinde sorulma tarapda kompressoryň öndürijiligi nominal bolýar. Zolotnik gysyp iteklenme tarapa geçende rotorlaryň işçi uzynlygy kemelýär we öndürijilik peselýär. Zolotnik göýberiş pursadyny we göýberiş ýüklenmäni peseltmek üçin göýberiş wagtynda kompressoryň ýüklenmesini azaltýar. Zolotnik reduktoryň korpusynda ýerleşen mahowigiň kömeginde el hereketlendirijisine hem eýe.

Hyrly kompressorlar agregatlaryň düzüminde öndürilýär, olelektrik hereketlendiriji, ýag bölüji, elektrik hereketlendirijili ýag sorujy, süzgüç armatura, awtomatika abzallar bilen toplanan.

Agregat iki gorag klpanlar arkaly üpjün edilen: bir klapan ýag bölüjini kompressoryň sorujy tarapyndan birleşdirýär we kompressory gysyp itekleme we sorulma basyşlaryň tapawudynyň aşa ýokarlanmasyndan goraýar, ikinji klapan basyş işçi ýagdaýdan ýokarlananda ýagbölüjini goraýar.

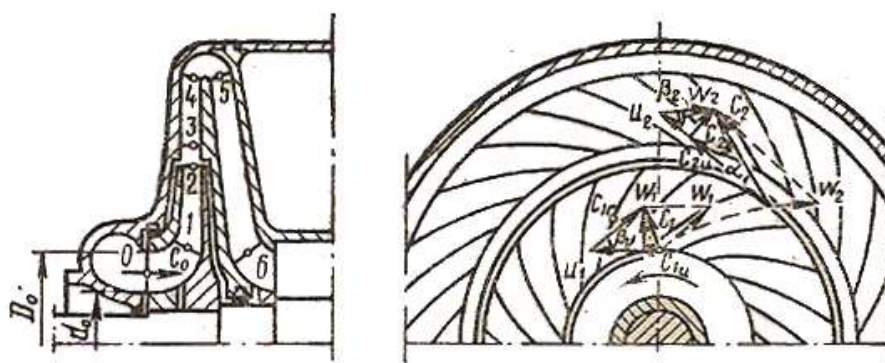
5.7. Merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressor

Merkezden daşlaşýan kompressorlary köp ýagdaýlarda önümçilik we ulanma şertleri boýunça merkezden daşlaşýan kompressor bilen bilelikde işleýän sowadyjy maşyndan aýyrmak mümkin däl. Şunuň netijesinde berlen bölümde hut kompressora degişli soraglar bilen birlikde merkezden daşlaşýan sowadyjy maşynlar bilen baglanyşykly soraglara seredilen.

Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlary iki topara bölýärler: amatly (komfortly) we senagat howasyny kondisionirlemegiň desgalarynda has ýaýran suwy ýa-da duzly suwy sowatmak üçin toplumlaýyn sowadyjy maşynlar; senagat önümçiliginiň (himiýa, nebiti gaýtadan işleýän, gaz senagaty we ş.m.) sowadyjy desgalarynda ulanylýan kompressor agregatlar. Birinji toparyň sowadyjy maşynlary propanly, ikinji topar üçin ammiagy, propany we dürli ugrewodorodlary ulanmak häsiýetli. Birinji toparyň sowadyjy maşynlary özünde kompressory, dwigateli, kondensatory, bugarydyjyny, ýaglaýyş ulgamyny, awtomatika ulgamyny, kömekçi apparatlary (adatça bütewi agregatda) saklaýar.

Ikinji topara kompressor, herekelendiriji, ýaglaýyş ulgamy, awtomatika ulgamy, kömekçi apparatlaryň, turbageçirijileriň we armaturalaryň toplумы girýär.

Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlar pes temperaturalaryň giň çäklerinde (kondisionirleme şertinden-120°C çenli) ulanylýar. Mysal üçin himiýa we nebiti gaýtadan işleýän senagatda sintetiki kauçuk we spirt öndürlende, gazlary suwuklandyrmakda, duzlary kristallaşdyrmakda we ş.m. senagat kärhanalaryň sehlerinde, çuň burçlaýyn şahtalarda, jemgiýetçilik uly hojalyk we söwda jaýlarynda howany kondisionirlemekde; azyk senagatynyň sowadyjy desgalarynda; ýylylyk nasos hökmünde önümçilik, jemgiýetçilik we ýaşaýyş jaýlary, gidroelektrik bekediniň maşyn zallaryny we gulluk jaýlaryny ýylatmak üçin; dürli wezipeleri ýerine ýetirýän eksperimental desgalarda ulanylýar.



Sur.49 Merkezden daşlaşýan kompressoryň basgançagy:

0 – basgançaga giriş; 1,2-işçi çarha giriş we ondan çykyş; 3,4-diffuzora giriş we ondan çykyş; 5,6-ugrukdyryjy apparata giriş we ondan çykyş.

Merkezden daşlaşýan kompressorly maşynlar we desgalar esasan uly sowuk öndürililik üçin ulanylýar. Olaryň has kiçi sowuk öndürililigi ahyrky çarhdan çykanda sowadyjy agentiniň mineral sarp edilişiniň maksadalaýyklygyndan kesgitlenilýär. Häziki zaman freonda işleýän kompressorlar üçin bu sarp edilşi takmyny 0,165m³/s deň kabul etmek mümkin. Bu 250 mm deň bolan işçi çarhyň D₂ (sur. 49, ser.) diametrine gabat gelýär. Onda standart şertlerde senagat görnüşindäki senagat maşynlaryň has kiçi sowuköndürililigi R12 işlände 700kWt, R11-de 160kWt we R113-de 85kWt düzer (howany kondisionirlemeginiň şertlerinde bu sanlar az üýtgär). Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynyň seriýaly öndürilişinde sowuklyk öndürililiginiň amatly aşaky çäginin başga görnüşdäki maşynlaryň (porşenli we hyrly) sowuköndürililiginiň ýokarky çäginin hasaba almak bilen belleýärler. Sowadyjy jisimiň görnüşinden baglylykda merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynyň has uly sowuköndürililigi standart şertlerde häzirki konstruksiýalarda 20000 kWt ýetýär.

Has giň ýaýran porşenli kompressorlar bilen deňeşdirlende merkezden daşlaşýan kompressorlar indiki artykmaçlyga eýe: birmeňzeş sowuköndürililikde

kiçi massa we gabaritler (göwrüm): gurluş ýönekeýligi, ygtybarlylyk we howpsuzlyk; deňagramlaşmadyk inersion güýçleriň ýoklygy we şunuň bilen baglanyşyklykda ýeňil fundamentleri ulanmak mümkinçiligi; çykýan buguň akymynyň deňölçeçliligi, sowadyjy jisimde çalym ýagynyň ýoklygy; buguň köp basgançakly gysylmagynyň we sowuklygyň drosselirlenmeginiň aýlawyny we birnäçe gaýnama temperaturaly aýlawyny amala aşyrmak mümkinçiligi; çalt ädimli hereketlendiriji (bug ýa-da gaz turbinasy, ýokary ýygylýkly elektir hereketlendiriji) gös-göni birleşmek mümkinçiligi; giň araçäklerde sowuköndürijiligi sazlamagyň deňeşdirerlik ýönekeýligi.

Merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressoryň ýetmezçilikleri esasan uly bolmadyk sowuköndürijiliklerde ýüze çykýar. Kiçi kompressor ýokary aýlaw ýygylýga $-0,5 \div 1,65$ mün s^{-1} ($30 \div 100$ mün aý/min) eýe, bu ýörite hereketlendirijiniň (priwodyň) ýa-da köp basgançakly ýokarlandyryjy berijilik bilen bagly. Muňa garamazdan merkezden daşlaşýan kompressor kä ýagdaýlarda kiçi sowuköndürijiliklerde hem ulanylýar.

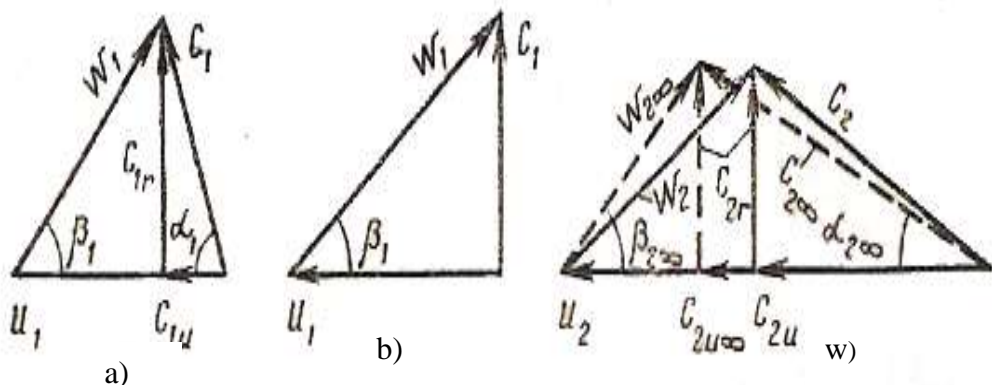
Howaly we gazly kompressorlar bilen deňeşdirlende sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressorlar indiki aýratynlyga eýe. Sowadyjy kompressorlar kiçi göwrüm öndürjilige (adatça $0,55$ -den $5,5 m^3/s$ çenli) eýe, diňe käbir ýagdaýlarda sorulýan göwrüm $20 m^3/s$ ýetýär. Gaýnama we kondensasiýa temperaturanyň üýtgemesiniň berlen çäklerinde kompressor ähli iş kadany üpjün etmeli, ýagny basyşyň ýokarlanma derejesi düýpli üýtgäp biler. Kompressory sazlamagyň ulgamy 100 den 30% çenli sowuköndürijiligiň üýtgemesiniň çäklerinde effektiv işi kepillendirmeli. Gysylma prosesi buguň çäk egrisiniň golaýyndan geçýär, ýagny ideal gazyň kanunynyň we deňlemesiniň güýjini ýitirýän meýdanyndan. Agyr işçi maddalar freonlar gysylanda Mahyň sany ($M_u = u_2/a$) durnukly howa we gaz kompressorlary bilen deňeşdirilmede ep-esli ýokary: özem bu ýagdaýda bir basgançakda basyşyň ýokarlanmasynyň ýokary derejesine ($3,2$ çenli) ýetilýär we gysylýan buglaryň göwrümi güýçli kiçelýär.

Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlar ilkinji gezek 1922 ý, haçanda “Kerrier” firmasy dihlormetanda we dihloretilende işleýän bug görnüşdäki maşynlary öndürüp başlady. Biraz soňra (1926 ý.) “Broun-Boweri” firmasy tarapyndan merkezden daşlaşýan kompressorly ammiakda işleýän sowadyjy maşynlar guruldy. 30 -nji ýyllardan başlap merkezden daşlaşýan kompressorlary sowadyjy maşynlarda ulanyp başladylar. Häzirki wagtda bu görnüşdäki kompressorlar freonda, şeýle-de ammiak, propan – propilen garyndy, etilen. etan we metan maddalarynda ulanylýar. Orsýetde RI2-de, ammiakda we propanda işleýän merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressorlar 1960 ý. bäri Kazanyň kompressor zawodynda öndürilýär.

Nazaryýetiň esaslary. Kompressoryň elementleri boýunça gazyň esasy akymynyň hereketlenýän ugurlarynyň jemine gazyň akýan bölegi diýilýär. Gazyň akýan bölegi bir ýa-da birnäçe basgançaklardan durýar. Kompressoryň basgançagy işçi çarhdan, diffuzordan we ulitkadan (ýa-da ýygylýdy kameradan) ýa-da ters ugrukdyryjy apparatdan (köp basgançakly maşynlarda) durýar (sur. 49.). Kompressoryň birinji basgançagynyň düzümine şeýle-de sorujy kamera girýär. Basgançaklar biri-birinden labirintlilik diafragma arkaly bölünen.

Gysylýan gaz kompressoryň soruş kamerasyna (giriş sowma turbasyna) berilýär we soňra aýlanýan işçi çarhyň pilçeleriniň emele getirýän kanallaryna gelýär. Merkezden daşlaşýan güýjüň täsirinden gaz işçi çarhyň daşyna zyňylýar. Çarhda hereketlenende gazyň basyşy ýokarlanýar we tizligi artýar. İşçi çarh gaza energiýa berýän basgançakda ýeke-täk element bolup durýar. Diffuzorlarda, şeýlede basgançagyň beýleki gozganmaýan elementlerinde diňe kinetik energiýanyň potensiala özgermesi bolup geçýär.

İşçi çarhdan gaz akanda onuň absolýut tizligi c geçirilme (aýlaw) tizligiň u we göräli tizligiň w wektor jemi bolup durýar (sur 50).



Sur.50. İşçi çarha giriş we çykyş tizlikleriniň üçburçlyklary:

a, b - giriş tizlikleriniň üçburçlyklary (a – $\alpha_1 < 90^\circ$ bolanda; b – $\alpha_1 = 90^\circ$ bolanda); w – çykyş tizlikleriniň üçburçlygy.

Tükeniksiz uly mukdardaky pilçeleriň çarhynda işiň udel sarp edilşi Eýleriň deňlemesinden kesgitlenilýär.

$$\ell_{e\infty} = u_2 c_{2u\infty} - u_1 c_1 u_\infty.$$

Çarhdan ön akymy towlaýan pilçeleriň ýok ýagdaýynda, çarhda we tizligiň giriş üçburçlygynda gazyň radial girişi $\alpha_1 = 90^\circ$ amala aşyrylýar (sur.50.b).

Onda $c_{1u\infty} = 0$ we

$$\ell_{e\infty} = u_2 c_{2u\infty} = \varphi_{2\infty} u_2^2.$$

bu ýerde $\varphi_{2\infty} = \frac{c_{2u\infty}}{u_2}$ - towlanma koeffisienti.

Pilçeleriň ahyrky sanynda çarhyň kanallarynda çarhyň aýlawyna ters ugurda gazyň aýlaw hereketi döreýär; bu üçburçlyk tizlikleriniň görnüşiniň üýtgemegine we çarhdan gaza berilýän işiň kemelmegine getirýär. Bu ýagdaýda

$$\ell_e = u_2 c_{2u} = \mu \ell_{e\infty} = \mu \ell_{2\infty} u_2^2 = \ell_2 u_2^2$$

bu ýerde $\mu = \frac{c_{2u}}{c_{2u\infty}} = \frac{\varphi_2}{\varphi_{2\infty}} = \frac{\ell_e}{\ell_{e\infty}}$ - işiň kemelmeginiň koeffisienti, ol köplenç aýlaw koeffisienti diýlip hem atlandyrylýar.

A.Stodolynyň formulasy boýunça

$$\mu = 1 - \frac{\pi \sin \beta_{2p}}{z_2 \varphi_{2\infty}},$$

bu ýerde β_{2p} we $z_2 - D_2$ diametrde işçi çarhyň pilçeleriniň çykyş burçy we sany.

Adatça μ hasaplama bahasy 0.84 – 0.88 düzýär. Sorujy görnüşdäki çarh üçin μ bahasy K.Pfleýderiň formulasy boýunça kesgitlenilýär, oka radial üçin – P.K. Kazananyň formulasyndan kesgitlenilýär.

Basgançagyň işiniň effektiwligi gazodinamiki PTK-de häsiýetlendirilýär.

ℓ_3 iş gazyň gysylmagyna we geçmegine, onuň kinetiki energiýasynyň üýtgemegine we sürtülmeden we basgançagyň akys böleginde köwlenmäniň emele gelmeginden gazodinamiki ýitgileri ýeňip geçmeklige sarp edilýär. Bu ýitgiler gazodinamiki PTK hasaba alynýar.

$$\eta_h = \frac{\ell_e - \sum \Delta \ell_{geç.böl.}}{\ell_e} = 1 - \frac{\sum \Delta \ell_{geç.böl.}}{\ell_e}$$

Hasaplama kadalar üçin $\eta_h = 0.82 + 0.88$

Effektiw iş

$$\ell_{ef} = \eta_h \ell_e = \mu \varphi_{2\infty} \eta_h u_2^2 = \psi u_2^2.$$

bu ýerde: ψ – naporyň koeffisienti, $\psi = \mu \varphi_{2\infty} \eta_h$

Akys bölegindäki ýitgilerden başga-da basgançakda ýene-de ýitginiň iki görnüşi bar: işçi çarhyň diskleriniň daşky tarapyndan $\Delta \ell_{sür}$ we labirint berkitmeler arkaly geçende $\Delta \ell_{a.g}$ döreyän sürtülme. Diskleriň sürtülmesinden ýitgileriň göräli ululygyny formula boýunça kesgitleýärler.

$$\beta_{sür} = \frac{\Delta \ell_{sür}}{\ell_e} = \frac{17.2}{10^3 \bar{b}_2 \varphi_2 \varphi_{2r} \tau_2},$$

bu ýerde: $\bar{b}_2 = \frac{b_2}{D_2}$ - işçi çarhyň göräli ini;

$\varphi_{2r} = \frac{c_{2r}}{u_2}$ - basgançakdan çykyş boýunça sarp ediliş koeffisienti:

τ_2 – pilçeleriň barlygy sebäpli çarhyň çykyş meýdanynyň kemelmegini hasaba alýan koeffisient.

Akyp geçmeden ýitgileriň göräli ululygy

$$\beta_{a.g.} = \frac{\Delta \ell_{a.g.}}{\ell_e} = \frac{m_{a.g.}}{m},$$

bu ýerde: $m_{a.g.}$ – labirintli berkitme arkaly geçýän gazyň massalaýyn sarp edilşi (berkitmäniň hasaplamasyndan kesgitlenilýär); m – basgançaga berilýän gazyň massalaýyn sarp edilşi.

Mehaniki ýitgiden başga ähli ýitgileri hasaba almak bilen basgançakda işiň doly sarp edilşi.

$$\ell_o = (1 + \beta_{sür} + \beta_{a.g.}) \ell_3 = a \ell_3$$

Birinji basgançaklar üçin adatça koeffisient $a = 1.02 \div 1.05$

Politrop PTK

$$\eta_{pol} = \frac{\ell_{pol}}{\ell} = \frac{\int_1^k \mathcal{A} dp}{\ell}$$

bu ýerde: ℓ - statiki parametrlr boýunça işiň sarp edilşi:

$$\ell = i_k - i_1 = \ell_o - \Delta k$$

Udel kinetik energiýanyň üýtgemesi $\Delta k = \frac{c_k^2 - c_1^2}{2}$: k indeks basgançagyň ahyrky kese-kesigine degişli.

1 indeks – işçi çarhyň pilçelerine girişine degişli.

Politrop iş $\ell_{pol} = \ell_{ea} - \Delta k$.

Köp basgançakly kompressor üçin orta politrop PTK

$$\eta_{pol} m = \frac{\sum m_i \ell_{pol,i}}{\sum N_i},$$

bu ýerde: m_i – aýry basgançaklar boýunça sowadyjy jisimiň massalaýyn sarp edilşi.

Içki PTK (doly parametler boýunça)

$$\eta_o = \frac{\ell_{ef}}{\ell_o}.$$

Içki PTK hem politrop PTK ýaly mehaniki PTK başga ähli ýitgileri hasaba alýar. Bu PTK indiki gatnaşykda baglanyşýar.

$$\eta_o = 1 - (1 - \eta_{pol}) \frac{\ell}{\ell_o} \quad ýa-da \quad \frac{1 - \eta_o}{1 - \eta_{pol}} = 1 - \frac{\Delta k}{\ell_o}.$$

Gazodinamiki we içki PTK indiki gatnaşykda

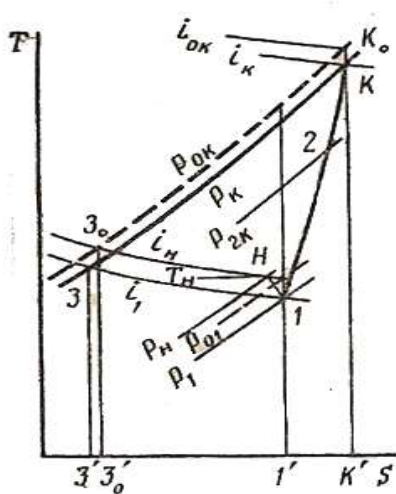
$$\eta_h = \alpha \eta_o = (1 + \beta_{sür} + \beta_{ag}) \eta_o$$

Hasaplamada ýylylyk diagrammalaryň kömegi bilen adiabat PTK peýdalanmak amatly:

$$\eta_{ad} = \frac{\ell_{ad}}{\ell} = \frac{i_{kad} - i_1}{i_k - i_1}$$

$$\text{Onda } \ell_{pol} = \ell_{ad} \frac{\eta_{pol}}{\eta_{ad}}$$

Adiabat we politrop PTK baglanyşygy ideal gaz üçin formulada häsiýetlendirilýär:



Sur.51. Merkezden daşlaşýan kompressoryň basgançagynda gysylma prosesiniň s-T diagrammada şekillendirilişi.

$$\eta_{ad} = \frac{\pi_k^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\pi_k^{\frac{k-1}{k} \eta_{pol}} - 1}$$

$\pi_k \leq 3$ bolanda freon üçin

$$\frac{\eta_{pol}}{\eta_{ad}} = 1,01 \div 1,03, \quad \text{ammiak üçin}$$

$$\frac{\eta_{pol}}{\eta_{ad}} = 1,02 \div 1,05$$

Sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressorlar üçin η_{pol} hasaplama bahasy 0.72 – 0.82 düzýär.

Basgançakda gysylma prosesi s-T – diagrammada sur.51 görkezilen.

Kompressora girmezden oň sowadyjy jisimiň başlangyç ýagdaýyna H nokat gabat

gelyär. Sowadyjy jisimiň akymynyň tizliginiň artmagy we kompressoryň girişinden işçi çarhyň girişine çenli ugurlarda ýitgileriň barlygy netijesinde giňelme prosesi H-1 politropa boýunça geçýär. Kiçi ýitgilerde bu prosesi takmyny izoentropiýa boýunça geçýär diýip hasaplamak mümkin (onda girişde doly basyş $P_{01} = P_{gi}$).

Işçi çarhda (1-2 proses), diffuzorda we ulitkada (2-K proses) gysylma proses ýitgileriň netijesinde entropiýanyň artmagy bilen politropa boýunça geçýär. Gazyň akýan bölegindäki, şeýle-de diskleriň sürtülmesinden we akyp geçmeden ýitgiler 1-2-K gysylma aşagyndaky meýdandan häsiýetlendirilýär. ℓ_{pol} politrop iş 1'-1-2-K-3-3' meýdan arkaly aňladylan. Statiki parametrler boýunça sarp edilen iş $\ell = i_k - i_1$ izobaranyň K-3 kesiginiň aragyndaky meýdana gabat gelyär, doly parametrler boýunça iş $\ell_0 = i_{ok} - i_{gi}$, $K_0 - 3_0$ izobara kesigiň aşagyndaky meýdana deň.

Effektiw işiň we PTK bahalaryndan peýdalanyp basyşyň ýokarlanmasynyň derejesini hasaplamak mümkin. Ideal gaz gysylanda doly parametrler boýunça basgançakda basyşyň ýokarlanma derejesi:

$$\pi_{ok} = \frac{P_{ok}}{P_{01}} = \left(1 + \frac{\ell_{ef}}{\sigma_0 R T_{01}} \right)^{\sigma_0} = \left(1 + \frac{k-1}{\eta_0} \psi M_u^2 \right),$$

bu ýerde: $M_u = \frac{u_2}{a_{01}}$ we $\sigma_0 = \frac{k}{k-1} \eta_0$

bu ýerde: $T_{01} = T_{g.i.}$ we $\alpha_{01} \approx \alpha_{g.i.}$

Statiki parametrler boýunça basyşyň ýokarlanmasynyň derejesi:

$$\pi_k = \frac{P_k}{P_1} \approx \left[1 + \frac{k-1}{\eta_{pol}} \psi M_u^2 \right]^\sigma,$$

bu ýerde: $M_u = \frac{u_2}{a_1}$ we $\sigma = \frac{k}{k-1} \eta_{pol}$.

Real gaz üçin sesiň tizligi:

$$\alpha = \sqrt{k_v \nu R_z T},$$

bu ýerde: k_v – adiabatanyň göwrüm görkezijisi, z – gysylyjylyk koeffisienti.

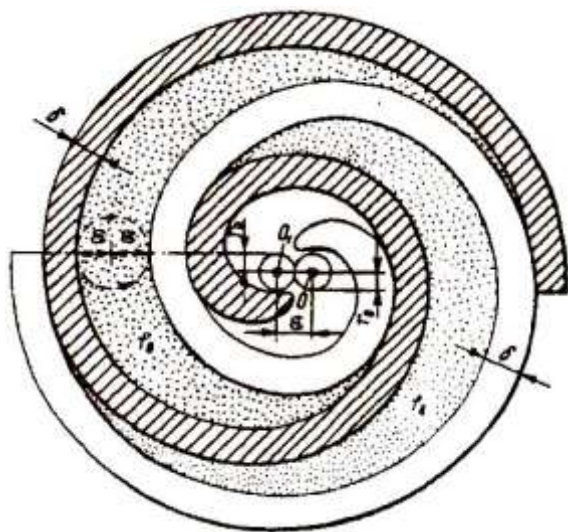
Pilçeleriň giriş burçy β_{1p} . β_{1p} bahasy 32° golaý bolanda basgançagyň PTK maksimal baha ýetýär.

Kompressor we awiasion görnüşdäki işçi çarh taslanylanda pilçeleriň giriş burçyny köplenç 32° deň kabul edýärler, nasos görnüşdäki çarhy – $20 - 25^\circ$.

Pilçeleriň çykyş burçy β_{2p} . Burçuň artmagy bilen basgançagyň maksimal PTK çarhdan çykanda tizlikleriň üçburçlygynda c_2 tizligiň artmagy we basgançakda statiki basyşyň umumy artmagynda diffuzoryň ülüşiniň artmagy netijesinde peselýär. Mundan başga-da, PTK peselmegine diffuzora girende M_{c3} sanyň artmagy ýardam edýär. Emma β_{2p} ýokary bahaly çarhlarynda naporyň koeffisienti uly, bu olaryň artykmaçlygy bolup durýar.

5.8. Spirally kompressorlar

Spirally kompressorlar göwrüme täsirli bir wally maşynlara degişli. Şeýle kompressoryň ideýasy XIX asyrdan belli, emma ony amal etmek metallary işlemegiň tehnologiýasynyň ýokary derejesine ýetilenden soňra we programmaly dolandyrylýan frezer stanoklaryň ulanylmagy netijesinde mümkin boldy. Spirally kompressorlar diňe 80-nji ýyllardan soň durmuş we ulag kondisionerlerinde, ýylylyk sorujylarda, kiçi we orta öndürijilikli (50kWt çenli) sowadyjy maşynlarda giňden ulanylyp başlandy. Spirally kompressoryň esasy elementini – spiralyňy – taýýarlamagyň tehnologiýasynyň kämilleşmegi bilen spiral kompressorly sowadyjy desgalaryň maksimal kuwwatynyň çäkleri artar.



Sur. 52. Iş ýagdaýynda spirally kompressoryň süýşmeýän we süýşýän spirallarynyň gapdal kese-kesigi. r_0 – spiralyň esasy töwereginiň radiusy; δ – spiralyň gapyrgasynyň galyňlygy; ϵ – ekscentrisitet; f_s – sorulma öýjügiň meýdany

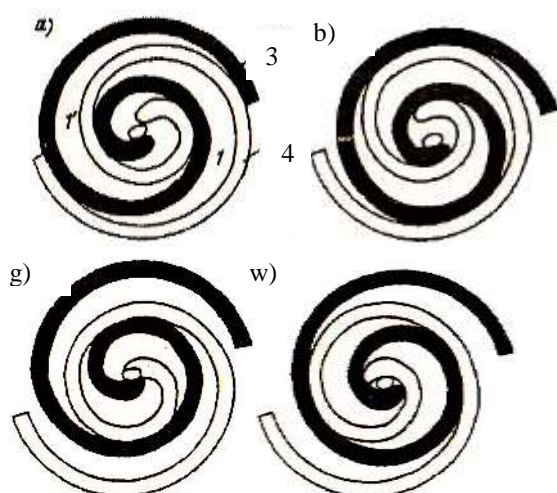
Spirally kompressoryň iş organyny iki spiral emele getirýär: süýşýän we süýşmeýän.

Sur. 52 getirilen spiralyň kese-kesigi towlanmanyň bir ugruna eýe. Spirally kompressorlarda spirallaryň birnäçe görnüşi ulanylýar: Arhimediň spiralyňyň deňlemesine laýyklykda emele getirilen; ewolwent; bölek-töwerek spirally we başg.

Spiralyň süýşmezligi gozganmaýan bölege (platforma) onuň berkidilmegi arkaly amalar aşyrylýar. Gysylan gazyň çykmagy üçin platformanyň merkezinde geçiş gysyp itekleýji “A” yş goýulan (sur. 54). Ol

gozganmaýan spiralyň ujunyň golaýynda ýerleşýär. Şol bir ölçeglere eýe bolan süýşýän spiraly, gozganmaýan ekscentrisitete ϵ we oňa görälikde 180° burça öwürip goýýarlar. ϵ ululyk spirallaryň esasy töwereginiň O we O_1 merkezleriniň arasyndaky aralyga deň. Bu ýagdaýda spirallaryň diwarynyň arasynda giňişlik we şol sanda ýapyk orak şekilli öýjükler emele gelýär. Ýapyk orbita (öz okunyň daşyndan aýlanman) boýunça süýşýän spiral hereketlenende, orak şekilli öýjükler göwrümünde kemelip merkeze tarap hereketlenýär. Spiralyň daşynda süýşýän spiralyň kesgitli ýagdaýynda açyk giňişlik emele gelýär, bu giňişlik süýşýän spiral hereketlenende ýapylýar we göwrümiň kemelmegi bilen ýapyk giňişlikdäki gazyň merkeze süýşmegi amala aşyrylýar. Gysylma sikliň dowamlylygy gysyp iteklenýän gözüň ölçeginden we spiralyň parametrinden (towlanma burçundan) bagly we kompressoryň walynyň iki we ondan köp aýlawyna çenli dowam edýär. Spirally kompressoryň işleýşinde boş giňişlik (spiralyň täsir etmeýän giňişligi) bolmaýar. Sorulma sikli (açyk we ýapyk daşky öýjükler) kompressoryň walynyň bir öwrümünde amala aşyrylýar. Kompressoryň gabynyň we spiralyň daşky

elementleriniň arasyndaky halkaly giňişlik soruş yşy bilen birikýän soruş giňişligini emele getirýär.



Sur. 53. Süýşýän spirslyň her bir 90° soň spirallaryň ýerleşşi:

3 – süýşsän spira; 4 – süýşmeýän spiral;
a – $\varphi=0^\circ$; b – $\varphi=90^\circ$; w – $\varphi=180^\circ$; $\varphi=270^\circ$

Häzirki wagtda ýörite mehanizmiň kömegi bilen süýşýän spiralyň gozganmaýan spiralyň okunyň daşyndan ε radiusly töwerek boýunça hereketi amala aşyrylýar. Sur. 53 ýörite mehanizm töwerek boýunça hereketlenende spirallaryň her bir 90° soň özara ýerleşşi görkezilen.

Sur. 53 görnüşi ýaly a ýagdaýda spirallaryň daşky elementleri ýapyk, soňra süýşýän spiralyň öwrüminde daşky öýjükleriň açylmagy we emele gelmegi görünýär, bu öýjük g ýagdaýda maksimal göwrüme eýe we a ýagdaýa gaýdyp gelende 1 ýapyk öýjügi emele getirip ýapylýar.

Sorulma sikli kompressoryň walynyň bir öwrüminiň dowamlylygyna deň period dowam edýär. a ýagdaýda spirallaryň arasynda üç ýapyk göwrümiň emele gelýändigini görünýär: 1, 1' we gysyp iteklenme gözi bilen birleşýän öýjük. Içki ýapyk öýjükleriň sany spirallaryň towlanma burçundan bagly. a, b, we w ýagdaýlar boýunça gysyp iteklenme yşy bilen birleşýän öýjükleriň kemelme prosesine gözegçilik edilýär. Bu gysyp iteklenme sikli emele getirýär.

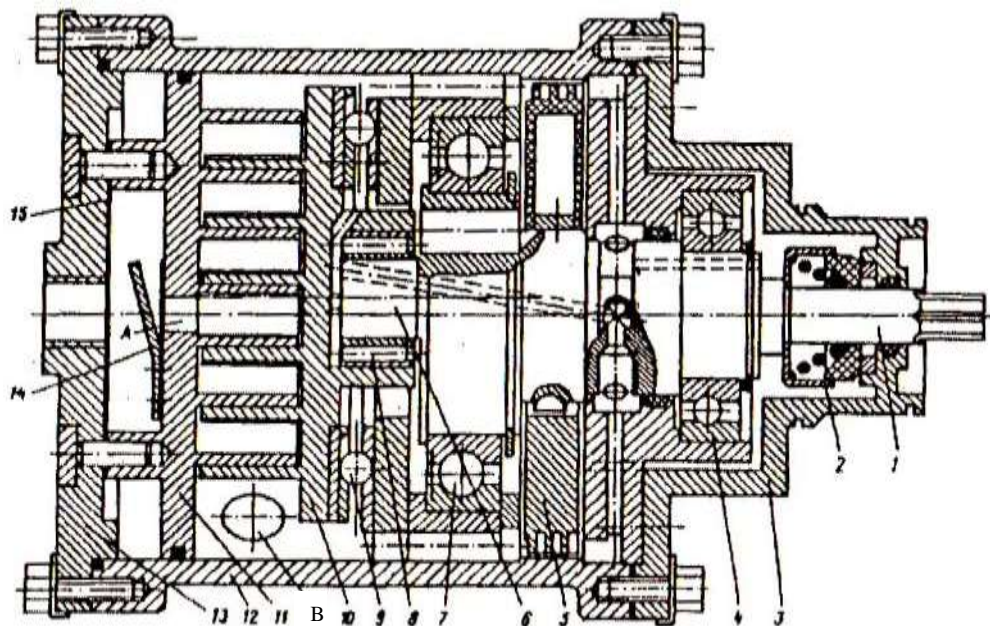
Spirally kompressorlar, edil hyrly kompressorlar ýaly, tehniki we tehnologiýa ösüşiň we metallary işläp taýýarlamagyň usullarynyň we serişdeleriniň kämilleşmeginiň netijesi bolup durýar. Olar taýýarlanylanda we ýygnylylanda birnäçe tekizlikleriň, ýol sanda egri çyzyklaryň parallelligi we perpendikulýarlygy berk üpjün edilmeli, we ölçegleriň dogry ýerine ýetirilmegi saklanylmaly. Sur.53 alynan maglumatlaryň derňewinden şeýle netije çykarmak mümkin: spirallary taýýarlamagyň we ýerleşdirmegiň nätakyklary ýapyk göwrümleriň arasynda yslary emele getirip biler, netijede içki syzma we kompressoryň öndürilijiliginiň ýitgileri emele gelýär.

Spirally kompressorlar gury gysylmaly, ýag bilen doldurylýan we damjaly suwuklygyň (sowadyjy jisimiň) purkulýan görnüşlerinde bolýar. Ýerine ýetirilişi boýunça – germetik, salniksiz we salnikli; walyň ýerleşmesi boýunça gorizonta we wertikal görnüşde bolýar.

Sur. 54 ýag bilen doldurylýan spirally kompressoryň esasy konstruktiv elementleri kesikde görkezilen.

Spirally kompressoryň esasy detallary: 6 eksentrik bilen birlikde 1 wal, olaryň oklary biri-birine berk parallel bolmaly we eksentrisitetden ε aralykda ýerleşmeli. Wal bir okda ýerleşýän 4 we 7 iki söýeg podşipniklerde aýlanýar. 1 wal bilen birlikde walyň daşyndan 6 eksentrik hem aýlanýar. Walyň okunyň we eksentrigiň okunyň arasyndaky aralyk – ε eksentrisitet – kompressoryň wajyp

konstruktiv parametri bolup durýar. Ekssentrik 6 hereketlenýän element 10 bilen şarnirli (içki typma podşipnik) birleşýär. Platforma we spiral aýratyn taýýarlanylýar we bir elemente ýygnalýar we süýşýän spiral diýip atlandyrylýar. Olaryň bir bütewi görnüşde taýýarlanylmagy hem mümkin. Beýleki spiral özüniň platformasy 11 bilen gozganmaýan elementi emele getirýär. Süýşmeýän we süýşýän spirallar, ýokarda bellenişli geçilişi ýaly, berk birmeňzeş ölçege eýe we ýygnalanda 180^0 burça öwürüp oturdylýar. Süýşmeýän platforma gysylan gazyň çykmagy üçin “A” geçiş yşy eýe. Yşyň formasy we onuň ölçegleri işläp taýýarlanylýan döwründe kesgitlenilýär we spirallaryň parametrinden we talap edilýän basyşdan bagly.



Sur. 53. Spirally kompressoryň gapdal kese-kesigi. 1 – kompressoryň waly; 2 – salnik; 3 – ön gapak; 4, 7, 8 – podşipnikler; 5 – deňagramlaşdyryjy; 6 – ekssentrik; 9 – süýşýän spiralyň garşylykly öwürülýän gurluşynyň topukjasy (şarigi); 10 – süýşýän spiral; 11 – berkidilýän platformasy bilen birlikde süýşmeýän spiral; 12 – kompressoryň gaby (korpussy); 13 – yzky gapak; 14 – gysyp itekleýji klapanyň çäklendirijisi; 15 – halka; A – gysylan gazyň çykmagy üçin göz (gysyp itekleýji yş); B – sorujy yş

Spirally kompressorlaryň esasy artykmaçlyklary:

- ýokary energetiki effektivlik; olaryň effektiv PTK 80-86% düzýär;
- podşipnikleriň berkligidinden kesgitlenilýän ýokary ygtybarlyk we berklilik;
- oňat deňagrymlylyk; maşynda gazyň kiçi tizligi;
- ýokary çalt ýörejilik; häzirki wagtda kompressoryň walynyň aýlaw sany 1000...1300 aý/min. çäklerde üýtgeýär, we bu çäk artmagyň tarapyna giňelýär;
- boş giňişlik ýok; içki syzmalaryň kiçi ülüşi we netijede berijiligiň ýokary koeffisienti ($\lambda=0,8...0,95$);
- kompressor arkaly sorulýan gaz kompressoryň konstruksiýasynyň gyzgyn elementleri bilen galtaşmaýar, netijede sorulýan gazyň massasy kemelýär;
- sorulmada we köplenç gysyp iteklemde klapanyň bolmazlygy;
- islendik gazda işläp bilýär;
- detallaryň sany az, çalt iýilýän detallar ýok.

Porşenli kompressor bilen deň parametrlerde spirally kompressor indiki artykmaçlyga eýe; PTK 10...15% ýokary we berijilik koeffisienti 20...30% ýokary; ölçegi 30...40% we massasy 15...18% kiçi;.

Spirally kompressoryň ýetmezçiligine indikileri degişli etmek mümkin: spirallary we kompressoryň käbir beýleki elementlerini taýýarlamak üçin kämilleşen tehnologiýalar we metallary işlemek üçin ýokary takykly enjamlar talap edilýär.

5.9.Porşenli kompressoryň hakyky işçi prosesi

İdeal kompressor düşünjesini kesgitlemek. Ideal kompressorda diňe esasy proseslere seredilýär. Ideal kompressor üçin käbir ýönekeýleşdirmeleri kabul edip, ondaky ähli esasy prosesleri ýönekeý baglanyşyklarda beýan etmek bolar. Ideal kompressor üçin adalatly hökmany kanunalaýyklyklara seredeliň.

İdeal kompressor – bu porşenli kompressoryň işi bilen baglanyşykly amaly (praktiki) meseleler çözülide gural hökmünde ulanmaga mümkinçilik berýän hakyky kompressoryň ýönekeýleşdirilen nusgasy (modeli).

İdeal porşenli kompressor üçin indiki çak edilmeler, ýönekeýleşdirmeler we ýol berilmeler girizilýär:

1. Porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüm ýok, ýagny, gysyp iteklenme prosesi wagtynda silindrde gysylan gaz galmaýar; şeýlelikde, yzyna giňelme ýok, öndüriligiň ýitgisi ýok.

2. Silindriň işçi boşlygynda jebis ýapylmadyk meýdanlar ýok, ýagny, gysylma prosesinde gazyň hemişelik mukdaryny alýarys; mundan şeýle netije gelip çykýar: näçe gaz sorulsa, şonça-da ony gysyp itekleýji sowma geçirijisine berer (massa boýunça).

3. Silindriň diwarlarynyň ýylylyk inersiýasy ýok we gysylmanyň termodinamik prosesine täsir etmeýär, ýagny, gysylmanyň politropa görkezijisi const.

4. Sorulma we gysyp iteklenme prosesiň ähli dowamlylygynda silindrdäki gazyň parametrleri (temperatura we basyş) hemişelik (üýtgemän) galýar.

5. Klapanyň kanallaryndan we geçiriji trubasyndan gaz akyp geçende gidrawliki ýitgiler ýok.

6. Gaz sorulma prosesinde kompressoryň gyzgyn detallaryndan gyzmaýar,

7. Gysyp iteklenme prosesinde hem silindriň işçi boşlugynyň we klapanyň diwarlarynyň we gazyň arasynda ýylylyk çalşygy ýok.

8. Sorujy klapa öz-özünden hereketlenýär.

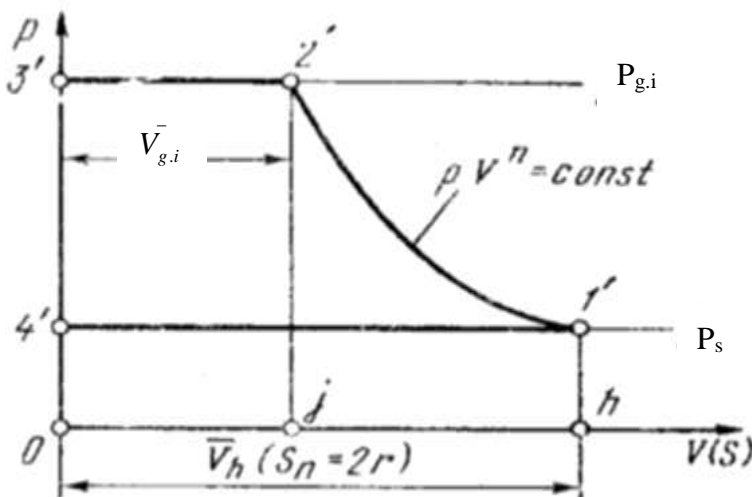
9. Gysyp itekleýji klapa öz-özünden hereketlenýär. Ol silindrdäki basyş gysyp itekleýji sowma geçirijisindäki gazyň basyşyna ýeten pursadynda açylýar we porşeniň ýokarky çäginde ýapylýar.

10. Mehaniki düwünlerde sürtülme ýok.

Ýol berilmeleriň, çak edilmeleriň we ýönekeýleşdirmeleriň jemi “ideal kompressor” düşünjesini kesgitleýär.

İdeal kompressoryň indikator diagrammasy. Gazy P_s basyşyndan gysyp iteklenme $P_{g,i}$ basyşyna çenli gysýan ideal kompressoryň indikator diagrammasyňyň gurulmasyna seredeliň (sur. 54).

İdeal kompressoryň silindrinde bolup geçýän üç prosesi tapawutlandyryrlar: sorulma ($4'-1'$), gysylma ($1'-2'$) we gysyp iteklenme ($2'-3'$).



Sur.54. İdeal porşenli kompressoryň indikator diagrammasy

Sorulma wagtynda gaz sorulmanyň sowma geçirijisinden silindriň işçi boşlugyna geçýär. Gysylma wagtynda silindriň işçi boşlugynda ýerleşýän gazyň basyşyňyň ýokarlanmagy, gysyp iteklenme wagtynda – silindriň işçi boşlugyndan gysyp iteklenmäniň sowma geçirijisiniň boşlugyna gazyň geçmesi bolup geçýär.

1; 5 we 8 ýol berilmelere laýyklykda sorulma prosesi $4'$ nokatda başlanýar we 4 ýol berilmä laýyklykda V oka parallel çyzyk bilen häsiýetlendirilýär, we P_s basyşda we T_s temperaturada bolup geçýär. Sorulma prosesi $1'$ nokatda gutarýar (8 ýol berme). 2 we 3 ýol berilmelere laýyklykda gysylma prosesi $1'-2'$ n görkezijili politropa boýunça bolup geçýär. Haçanda işçi boşlukdaky basyş gysyp iteklenmäniň standart nokadyndaky basyşa ýetende we haçanda gysyp itekleýji klapaň açylanda (9 ýol berme), gysylma prosesi $2'$ nokatda gutarýar.

Soňra gysyp iteklenme prosesi başlanýar. Ol hemişelik $P_{g,i}$ basyşda bolup geçýär (4 we 5 ýol bermeler).

İdeal kompressoryň aýlawynyň (sikliniň) termodinamik dældigini belläp geçeliň, sebäbi gysyp iteklenme we sorulma prosesinde işçi jisimiň massasy durnuksyz: sorulma wagtynda işçi giňişlikdäki gazyň mukdary ýokarlanýar, gysyp iteklenme prosesinde kemelýär (sur. 54).

İdeal kompressorda gazyň gysylmagy we ýerini üýtgetmegi üçin zerur iş. Termodinamikadan belli bolşy ýaly, $1'-2'$, $2'-3'$, $3'-4'$ we $4'-1'$ çyzyk bilen çäklendirilen meýdan gazyň sorulma, gysylma we iteklenme prosesini amala aşyrmak üçin kompressoryň hökmany işini görkezýär. Bu işi üç düzüjiniň jemi görnüşinde görkezmek bolar: $4'-1'-h-0$ meýdana proporsional sorulma işi; $h-j-2'-1'$ meýdana proporsional gysylma işi we $2'-3'-0-j$ meýdana bagly gysyp iteklenme işi. Sorulma işiniň alamaty boýunça gysylma we iteklenme işine garşylyklydygyny hökman ýatda saklamaly. Ýene bir gezek ýatlalyň, ýagny kompressorlar

nazaryýetinde gazyň göwrüminiň kiçelmesi bilen ýerine ýetirilýän işi položitel hasaplaýarlar, göwrümiň ulalmagy bilen ýerine ýetirilýän işi – ortisatel.

Sorulma işi:

$$L_s = -P_s F_p S_p = -P_s V_l = -P_s V_h \quad (5.4)$$

Gysylma işi. Elementar gysylma işi:

$$dL_{g,i} = p F_p dS = p dV$$

Bu ýerden gysylma prosesinde doly iş

$$L_{g,i} = \int_{V_l}^{V_h} p dV \quad (5.5)$$

Termodinamikadan belli bolşy ýaly, L_g -gysylma prosesiniň häsiýetinden bagly.

Gysyp iteklenme işi

$$L_{gi} = P_{gi} S_p F_p = P_{gi} V_{gi} \quad (5.6)$$

bu ýerde: S_p -gysyp iteklenme bolup geçýän porşeniň ädiminiň bölegi; V_{gi} -bir işçi aýlawda kompressor arkaly iteklenýän gazyň göwrümi, m^3

$V_{gi} = V_2$ deňdigi sebäpli

$$L_{g,i} = P_{g,i} V_{2'} \quad (5.7)$$

Tirsekli walyň bir öwrümünde ideal kompressoryň sarp edýän işi, sorulma, gysylma we gysyp iteklenme prosesindäki işleriň jemine deň.

$$L_k = -P_s V_1 + P_{g,i} V_{2'} + \int_{V_{2'}}^{V_{2'}} p dV, \quad (5.8)$$

$$\text{ýa-da } L_k = -P_s \bar{V}_h + P_{g,i} \bar{V}_{g,i} + \int_{\bar{V}_{g,i}}^{\bar{V}_h} p dV, \quad (5.9)$$

Şeýlelikde, gysylma we gazyň ýerini üýtgetmegi üçin L_k iş gysylma prosesinde gazyň parametriniň üýtgemeginiň häsiýetinden bagly.

5.10. Real kompressory öwrenmegiň aýratynlygy

Geçen temada seredilen ideal kompressoryň işindeň real kompressoryň işi köp tapawutlanýar. Hakyky (real) kompressorda birwagtda kompressoryň öndürilijiline we kuwwatyna täsir edýän dürli görnüşli ýylylyk we gazodinamiki prosesler bolup geçýär. Bu prosesleriň intensiwligi silindriň işçi boşlugynyň dürli nokatlarynda dürli we bir aýlawyň dowamynda üýtgeýär.

Aýry prosesleriň dowamlylygy az, we köp ýagdaýlarda olaryň başlangyç we ahyrky ýagdaýyny kesgitlemek mümkin däl. Bu birwagtda bolup geçýän ýylylyk we gazodinamiki prosesler biri-biri bilen baglanyşykly, biri-birine täsiri edýär, özi hem olaryň özara tasir derejesi hemişe belli däl. Bu ähli prosesleriň we hadysalaryň toplumuny ýönekeý matematiki deňleme bilen doly teswirlemek mümkin däl. Köplenç hakyky bir basgançakly kompressor öwrenilende, hakyky kompressory hyýalydan tapawutlandyryan, hakyky kompressoryň öndürilijiline we kuwwatyna täsiri edýän has wajyp we esasy faktorlary aýdyňlaşdyrýarlar. Soňra bu esasy faktorlaryň her biriniň aýratynlykda kompressoryň işçi häsiýetnamasyna täsirini

öwrenýärler, ýagny, beýleki faktorlar synag edilýän bilen baglanşyksyz hasap edilip öndürijilige we kuwwata täsirini öwrenýärler. Beýleki faktorlaryň täsiri ýok hasap etmek has amatly. Dogrudan hem, kompressoryň esasy häsiýetnamalary hasaplanylanda (öndürijilik we kuwwat) bu häsiýetlendirijilere täsir edýän esasy faktorlaryň jemi hasaba alynýar.

Hakyky kompressory öwrenmegiň ikinji aýratynlygy – prosesleriň shematizasiýasynyň usulyny ulanmak. Bu usul hakyky kompressorda bolup geçýän hakyky prosesi kesgitli gatnaşykda hakyky seredilýäne ekwiwalent şertli (shemalaşdyrlan) prosese çalyşmakdan durýar. Başga söz bilen aýdylanda, käbir ýagdaýlarda haçanda hakyky prosesi matematiki beýan etmek mümkin bolmasa ýa-da örän çylşyrymly, ýagny, esasy parametrleriň arasynda baglanşygyň aýdyňlygy ýitirilýär, şeýle hakyky proses ýönekeý we aýdyň matematiki beýana eýe bolan şertli (shemalaşdyrlan) proses bilen çalşyryrlar. Bu ýagdaýda shemalaşdyrlan proses boýunça hasaplamalar hakyky gabat gelýän we eksperimental berlenler bilen tassyklanylýan netijeleri bermeli.

Biz häsiýetnamany hasaplamak üçin niýetlenen prosesiň shemasy başgasy üçin ulanyp bolmazlygynyň mümkindigini ýatda saklamak wajyp. Şonuň üçin hakyky kompressoryň kuwwatyny we öndürijiligini hasaplamak üçin dürli shematizirlemäni almak hökman, olaryň biri prosesiň işiniň ýa-da energiýasynyň nukdaý nazaryndan hakyky prosese ekwiwalent bolýar, beýlekisi – hasaplamanýň netijesinde alynýan gazyň göwrüminiň nukdaý nazaryndan.

Hakyky kompressoryň kuwwatyna we öndürijiligine dürli faktorlaryň täsiriniň bagly dällik esaslary we hakyky prosesleriniň shematizasiýasynyň usuly–hakyky bir basgançakly we köp basgançakly kompressorlara seredilende ulanylýar. Şeýle çemeleşme hasaplamanýň netijeleriniň hakykydan käbir gyşarmasyna getirýär, emma ýalňyşlyklar inžener hasaplamalar üçin ýol bererli bolup durýär.

Real kompressoryň idealdan tapawudy. Real porşenli kompressoryň ideal kompressordan esasy tapawudyna serediliň.

Real kompressoryň silindrinde porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi. Silindriň içinde porşen hereketlenende porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde ýerleşýän gaz silindriň işçi boşlugyndan çykarylyp bilinmez. Şeýlelikde, gysyp iteklenme prosesi gutarandan soňra porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümde ýokary basyşly gazyň bir bölegi galýar (gysyp iteklenme basyşly). Porşeniň yza hereketinde bu gaz giňelýär we porşeniň ädiminiň bir böleginde silindrdäki gazyň basyşy sorujy sowma geçirijisindeki gazyň basyşyna seredeniňde ýokary bolýar. Kompressorlaryň köp görnüşleriniň öz-özünden hereketlenýän klapanlar bilen üpjün edilendigi sebäpli, silindrde gazyň basyşy (yza giňelme prosesinde) kesgitli baha çenli peselenden soňra sorujy klapan açylýar we sorulma prosesi başlanýar. Gysylma prosesinden soňra porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde galan ýokary basyşly gazyň giňelmesine sarp edilen, porşeniň ädimine degişli silindriň işçi göwrümi, şeýlelikde ýitirilýär. Bu ýitirlen göwrüm öňki işçi aýlawdan soňra porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümde galan gaz bilen eýelenýär we kompressor bu ýitirlen göwrümiň ululygynda gazy az sorar.

Sorulma prosesinde gazyň gyzmagy. Sorulma wagtynda silindre gelýän gaz porşeniň, silindriň gilzalarynyň, klapanlaryň we silindriň gapagynyň gyzgyn

bölekleri bilen täsirleşende gyzyar. Şeýlelikde, sorulmanyň sowma geçirijisine seredeniňde, silindrde sorulmanyň ahyryndaky gazyň temperaturasy ýokary bolýar. Eger-de sorulma prosesi pursadynda gyzdrylyma ýok bolsa, onda bu ýagdaý-da sorulma prosesiň ahyrynda silindräki gazyň dykzlygy kiçi bolar. Degişlilikde, sorulma prosesinde gazyň gyzdrylmagy näçe ýokary bolsa, sonça-da silindre gazyň sorulmasy az. Sorulma prosesinde gazyň gyzdrylmagy kompressoryň sarp edýän kuwwatynyň ýokarlanmagyna getirýar, sebäbi sorulma has ýokary temperaturada başlanýar.

Silindriň işçi boşlugynyň diwarynyň ýylylyk inersiýasy. Gysylma, giňelme, gysyp iteklenme we sorulma prosesinde gazyň we silindriň işçi boşlugynyň diwarynyň arasynda ýylylyk çalşygy bolup geçýär. Bu ýylylyk çalşyga işçi boşlugyň diwarynyň ýylylyk inersiýasy köp täsir eder. Şeýlelikde, gazyň we diwaryň arasynda ýylylyk çalşygynyň intensiwligi üýtgäp durar, ýagny, giňelme we gysylma proseslerde politropanyň görkezijisi üýtgäp durýar.

Işçi boşlugyň diwarlarynyň birmeňzeş bolmadyk temperatura meýdany. Silindrde işçi göwrümi çaklendirýän üst silindri emele getirýän we silindriň okuna perpendikulýar kese-kesik boýunça dürli nokatlarda dürli temperatura eýe. Mundan başga-da, tirsekli walyň bir aýlawynyň dowamynda diwaryň temperaturasy her bir aýry nokatda üýtgeýär, özem her bir nokatda temperaturanyň üýtgemesiniň amplitudasy birnäçe faktorlarda bagly.

Gidrawliki ýitgiler. Real kompressorda geçiriji trubalar we klapanlar arkaly gazyň akymyna gidrawliki garşylyk bar. Şeýlelikde, sorulmanyň sowma geçirijisine seredeniňde, sorulma wagtynda silindräki gazyň basyşy kiçi. Bu bolsa öz gezeginde kompressoryň öndürilijiline täsir edýär. Gysyp iteklenme wagtynda gysyp itekleýji klapanlardaky garşylyklarda basyşyň ýitgileri sebäpli silindräki gazyň basyşy gysyp itekleýji sowma geçirijisindeki basyşa seredeniňde ýokary bolýar.

Sorujy we gysyp itekleýji klapanlarda we geçiriji trubalarda gidrawliki ýitgiler kompressoryň sarp edýän kuwwatynyň ýokarlanmagyna getirýär.

Porşeniň ädiminiň dowamynda klapanlardaky gidrawliki garşylyklar sebäpli basyşyň ýitgileri hemişelik bolmaýar, sebäbi klapan arkaly gazyň geçmeginiň tizligi üýtgäp durýar.

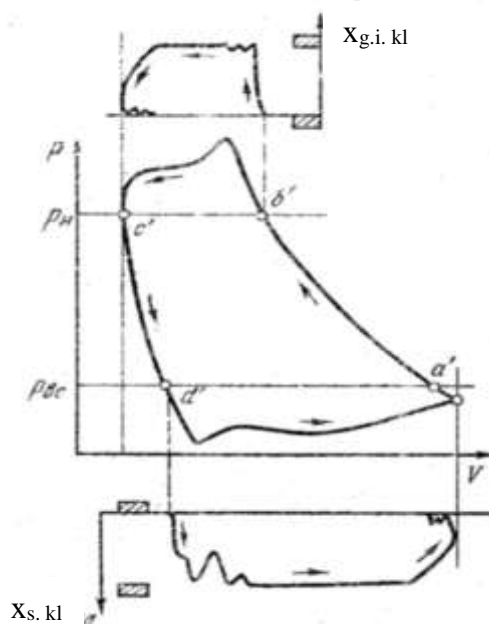
Real kompressoryň indikator diagrammasy. Real kompressoryň indikator diagrammasy, sorujy we gysyp itekleýji klapanyň hereketiniň diagrammasy sur. 55 görkezilen. Sol bir diagramma tirsekli walyň aýlaw burçy boýunça aýyk görnüşde sur. 56 görkezilen. Sur. 55 we 56 getirilen diagrammalar ýuwaş ädimli kompressorlar üçin häsiýetli (haçan sorulma giňişliginde basyşyň üýtgemesi ujypsyz we haçanda klapanlary dogry sazlamak mümkinçiligi bar bolanda). Gazyň yzyna akmagyna päsgel bermek üçin ideal sazlanan klapan klapanaky basyşyň peselmesiniň alamatynyň üýtgemesi pursadynda ýapylmaly (sur. 55 we 56 ser.), ýagny a' nokatda – sorujy klapan üçin we c' nokatda – gysyp itekleýji klapan üçin. Şeýlelikde, ideal sazlanan sorujy klapan d' nokatda açylýar, a' nokatda ýapylýar. Ideal sazlanan gysyp itekleýji klapan b' nokatda açylýar we c' nokatda ýapylýar. Şuňa baglylykda sur. 55 we 56 sorulma prosesi $d'-a'$; gysylma prosesi $a'-b'$; gysyp iteklenme prosesi $b'-c'$ we yzyna ginelme prosesi $c'-d'$ egride şekillendirilen.

Hakykatda klapaný ideal sazlap bolmaýar. Şonuň üçin, düzgün boýunça klapanýň açylmagy we ýapylmagy käbir gijikmede bolup geçýär.

Hakykatda klapaný ideal sazlap bolmaýar. Şonuň üçin, düzgün boýunça klapanýň açylmagy we ýapylmagy käbir gijikmede bolup geçýär.

Sorulma prosesi. Bu proses silindrdäki gazyň üýtgeýän basyşynda we temperaturasynda we işçi jisimiň mukdarynyň üýtgemesi bilen bolup geçýär. Silindre gazyň basyşynyň hemişelik bolmazlygy porşeniň adiminden baglylykda, klapanlarda gidrawliki garşylyklaryň üýtgemesi bilen şertlenen, sebäbi klapanýň plastinasynyň aşak düşme we ýokary galma prosesinde klapanýň geçiş kesesiginiň meýdany üýtgeýär. Klapanýň üsti bilen gazyň gysyp iteklenmesineň sarp edilýän gazyň energiýasynyň ýylylyga öwrülmegi netijesinde, şeýle hem klapanýň we silindriň gyzgyn diwarlaryndan gazyň gyzmagy netijesinde sorulýan gazyň temperaturasy ýokarlanýar. Şonuň üçin sorulma prosesiniň ahyrynda silindrdäki gazyň temperaturasy, ýagny sorujy klapanlaryň ýapylýan pursadyndaky gazyň temperaturasy sorulma sowma geçirijisindäki gazyň temperaturasyndan ýokary.

Gysylma prosesi. Bu proses sorujy klapan ýapylan pursadyndan başlanýar we gysyp itekleýji klapan açylan pursadynda gutarýar. Gysyp itekleýji klapan açylan pursadynda silindrdäki gazyň basyşy P_{gi} basyşy seredeniňde ýokary, sebäbi



Sur.55. Hakyky kompressoryň ýapyk indikator diagrammasy.

gysyp itekleýji klapanýň açylmagy üçin basyşyň üýtgemesi (bökmesi) zerur (klapaný çäklendirijä plastinanyň ýelmeşmeginiň we pružiniň täsirini klapanýň plastinasynyň inersiýa güýjüni ýeňmek üçin). Gysylma prosesiniň birinji döwründe silindriň işçi giňişligindäki gazyň orta temperaturasy silindriň diwarynyň orta temperaturasyna seredeniňde kiçi, sebäbi öňki sikldäki gysylma wagtynda gyzmasyndan soň ýylylyk inersiýasy sebäpli silindriň diwarlary sowap ýetişmeýär. Bu döwürde gysylma prosesi gaza silindriň diwarlaryndan, gapaklaryndan we porşenden ýylylygyň berilmesinde bolup geçýär.

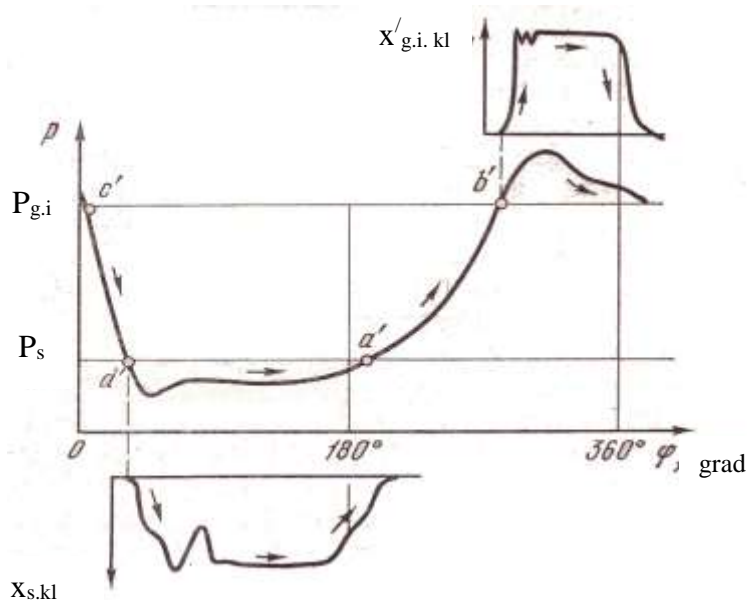
Termodinamikadan belli bolşy ýaly ýylylygyň berilmesi bilen gysylma prosesi adiabata görkezijisinden ýokary bolan politropa görkezijide

häsiýetlendirilýär. Gazyň gysylmasynda onuň temperaturasy ýokarlanýar, gysylýan gazyň we işçi giňişligiň diwarynyň orta temperaturalarynyň tapawudy kiçelýär we gysylýan gaza berilýän ýylylygyň intensiwligi peselýär, ýagny, politropa görkeziji kiçelýär. Haçanda gysylan gazyň orta temperaturasy işçi kameranyň orta temperaturasy bilen deňleşende, silindriň diwarlarynyň we gazyň arasynda ýylylyk çalşygy tamamlanýar. Şoňra indiki gysylma prosesinde gysylýan gazyň temperaturasy ýokarlanyp başlaýar. Bu ýagdaýda işçi kameranyň diwarynyň temperaturasy onuň ýylylyk inersiýasy sebäpli gazyň temperaturasyndan pes bolýar. Şeýle görnüşde gazyň gysylma prosesi ýylylygyň alynmasy bilen bolup geçýär, ýagny adiabata görkezijisinden pes bolan politropa görkeziji boýunça häsiýetlendirilýär.

Real kompressoryň gysylmasynyň politropa görkezijisiniň durnuksyzlygy (üýtgäp durmaklygy) ýokarda aýdylandan gelip çykýar. Ol gysylmanyň başynda $n > k$ -den prosesiniň ahyrynda $n < k$ çenli üýtgeýär.

Gysylma prosesinde silindriň işçi giňişligindäki jisimiň (gysylýan gazyň) mukdary giňişligiň jebis dälligi sebäpli üýtgeýär.

Gysyp iteklenme prosesi. Bu proses gysyp itekleýji klapan açylan



Sur.56. Hakyky kompressoryň açyk(ýaýbaňlandyrylan) indikator diagrammasy

pursadyndan başlanýar we onuň ýapylan pursadynda tamamlanýar. Klapanlardaky gidrawliki ýitgileriň netijesinde gysyp iteklenme prosesindäki silindriň içindäki gazyň basyşy gysyp iteklenme sowma geçirijisindäki basyşa serediniňde ýokary we hemişelik däl. Gysyp iteklenme wagtyndaky gidrawliki ýitgileriň üýtgeýän bahasynyň sebäpleri ýaly düşündirilýär. Dogurdan hem, gysylan gazy iteklemegiň netijesinde silindriň işçi giňişliginde gazyň massasy üýtgeýär.

Yzyna giňelme prosesi. Bu proses gysyp itekleýji klapan ýapylan pursadyndan başlanýar. Gysylma prosesine meňzeşlikde gazyň yzyna giňelme prosesi politropa görkezijiniň üýtgeýän bahasynda bolup geçýär. Giňelme prosesiniň başlangyjynda gazdan ýylylygyň alynmasy bolup geçýär ($n > k$), ahyrynda-

ýylylygyň berilmesi bolup geçýär ($n < k$). Silindriň içinde gazyň mukdarynyň üýtgäp durmagy, silindriň işçi boşlugynyň jebis dældigi bilen şertlenen.

Yzyna giňelme prosesi göwrümiň ulalmagy bilen bolup geçýär. Bu ýagdaýda gaz porşene täsiri edip, yzyna tirsekli wala berilýän işi amala aşyrýar. Porşeniň täsiri ýetmeýän giňişliginde galan gazy gysmak üçin sarp edilen iş, şeýlelikde porşeniň öwrülişiksizligi bilen şertlenen ýitgiler bilen bir hatarda yzyna giňelme prosesinde porşene (yzyna) berilýär.

Real kompressoryň öndürijiligi. Berijilik koeffisienti. Ideal kompressoryň öndürijiligine seredeniňde hakyky bir basgançakly kompressoryň öndürijiligi kiçi. Ideal kompressoryň öndürijiligi bilen deňeşdirilende real kompressoryň öndürijiliginiň kemelmesi berijilik koeffisienti arkaly bahalandyrmak kabul edilen:

$$\lambda = V_e / V_h \quad (5.10)$$

bu ýerde V_e -real kompressoryň öndürijiligi; V_h -porşeniň teswirleýän göwrümüne deň bolan ideal kompressoryň öndürijiligi.

Real kompressoryň öndürijiligi ideal kompressoryň öndürijiliginiň haýsy bölegini tutýandygyny berijilik koeffisienti görkezýär. Berijilik koeffisienti λ real kompressoryň öndürijiliginiň ölçegsiz häsiýetnamasy bolup durýar.

Öndürijiligiň ýitgileriniň ülüşleri. Ideal kompressoryň öndürijiligi bilen deňeşdirilende hakyky kompressoryň öndürijiligi azalmasy baş esasy sebäpler bilen şertlenen: 1) porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligiň bolmagy; 2) sorulma sowma geçirijisinden silindriň işçi boşlugyna çenli ugurda sorulma prosesi bolup geçýän giňişlikde sorulýan gaza täsir edýän gidrawliki garşylyklaryň bolmagy; 3) sorulmada gazyň gyzmasy bilen, ýagny, sorulma geçirijisindäki gazyň temperaturasy bilen deňeşdirilende sorulma prosesiniň ahyrynda silindriň işçi boşlugynda ýerleşýän gazyň temperaturasynyň ýokarlanmagy; 4) silindriň işçi boşlugynyň jebis dældigi; 5) sorulýan gazyň çyglylygy.

Bellenilen esasy faktorlardan başga-da real kompressoryň öndürijiligine başga sebäpler hem täsir edip bilen, mysal üçin, sorujy geçiriji trubasynda akymyň pulsasiýasy bilen şertlenen sowma geçiriji trubasynda gazyň basyşynyň yrgyldysy we sorujy we gysyp itekleýji klapanlaryň ýapylmagynyň gijikmesi. Bu goşmaça sebäpler käbir ýagdaýlarda real kompressoryň öndürijiligine ýeterlik täsir edip biler. Emma soryjy geçiriji trubalaryň we klapanlaryň dogry gurluşynda olaryň täsiri ujypsyz.

Şonuň üçin, porşenli kompressorlaryň döp bolan inžener hasaplamalarynda, bu goşmaça faktorlary göz önüne tutmasaň hem bolar.

Hakyky kompressoryň öndürijiliginiň ululygyna ähli faktorlaryň bilelikdäki täsirini berijilik koeffisienti λ hasaba alýar. [5.10 deňlemä serediň]. Kompressor gurnalanda (şeýle hem ulanmanyň käbir ýagdaýlarynda) öndürijilige täsir edýän esasy faktorlaryň her birini bilmek wajyp. Esasy faktorlaryň öndürijilige täsiri özara baglanyşykly, ýagny, biriniň üýtgemegi beýleki faktorlaryň täsiriniň intensiwligine bildirýär.

Berijilik koeffisientini düzüjiler. Berijilik koeffisientiniň indiki görnüşi inžener hasaplamalarda has giň ýaýrama eýe boldy.

$$\lambda = \lambda_o \lambda_{dr} \lambda_{\dot{y}} \lambda_j \lambda_{\dot{c}} \quad (5.11)$$

bu ýerde λ_o -göwrüm koeffisienti, gysyp iteklenmeden soň porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlikde galan gazyň giňelmesi sebäpl, hakyky kompressoryň öndürijiliginiň kemelmesine hasaba alýar; λ_{dr} –drossel koeffisienti, sorujy klapan arkaly gazyň geçmesinde basyşyň peselmesi sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar; λ_y –gyzdyrylma koeffisienti, sorulma prosesi wagtynda gazyň gyzmasy sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar; λ_j –jebislik(berklik) koeffisienti, işçi giňişligiň jebis dældigi sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar; λ_{ϕ} -çyglylyk koeffisienti, sorulýan gazda suw buglaryň barlygy sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar.

Biziň ulanýan öndürijiligiň ýitgileriniň üleşleri ýeke-täk mümkin bolup durmaýar. Hakyky kompressoryň öndürijiliginiň ýitgileriniň üleşleri massaly, ýa-da göwrümlü, ýa-da energetiki balansda getirip bilner, ýagny öndürijiligiň ýitgileriniň bölünmeleriniň birnäçe usullary mümkin.

5.11. Bir basgançakly kompressoryň ýylylyk hasaplamasy we ony saýlamak

Sowadyjy desga taslanylanda adatyça maşynyň sowuköndürijiligi we iş kadasy berilýär. Kompressory saýlamak üçin nazary göwrüm berijiligi V_N we hereketlendirijiniň kuwwatyny N_{dw} tapmak zerur.

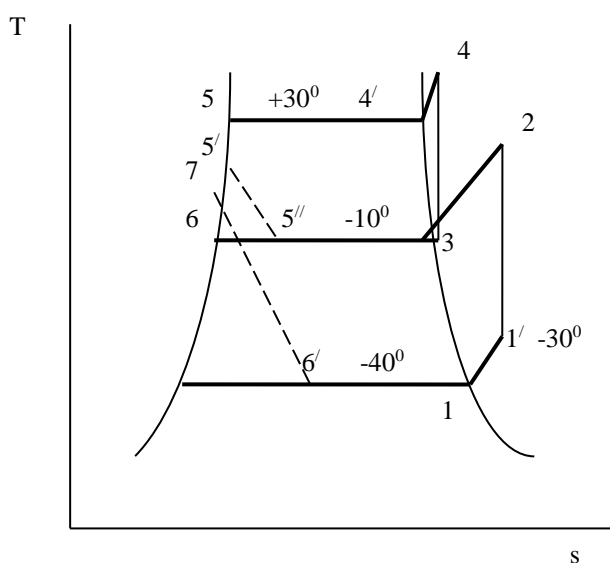
Kompressoryň ýylylyk hasaplamasy indiki tertipde alnyp barylýar. s-T ýa-da i-lgp diagrammalarda sikl (sur.13, b.w.ser.) gurulýar we diagrammalar we gury doýgun buglar üçin tablisalar (goşunda ser.) boýunça düwün nokatlardaky zerur parametrler kesgitlenilýär.

1. Sowadyjy jisimiň udel massa sowuköndürijiligi $q_o = i_1 - i_4$.
2. Sorulýan buguň hakyky massasy $m_h = Q_o / q_o$
3. Hakyky göwrüm berijilik $V_h = m_h v_1$, bu ýerde $v_1' - 1'$ nokatda sorulýan buguň udel göwrümi.
4. Berijiligiň indikator koeffisienti $\lambda_i = (p_o - \Delta p_s) / p_o - c[(p_k + \Delta p_{g,i}) / p_o - (p_o - \Delta p_s) / p_o]$.
5. Görünmeýän ýitgileriň koeffisienti kreýskopfsyz kompressorlar üçin $\lambda_{\omega'} = T_o / T_k$; kreýskopfly kompressorlar üçin $\lambda_{\omega'} = T_o / (T_k + 26)$.
6. Kompressoryň berijilik koeffisienti $\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_{\omega 1}$
7. Nazary göwrüm berijilik $V_N = V_h / \lambda$
8. İş şertlerde udel göwrüm sowuköndürijilik $q_v = q_o / v_1'$
9. Standart şertlerde udel göwrüm sowuköndürijilik $q_{vst} = q_{ost} / v_1'_{st}$
10. Standart şertlerde kompressoryň berijilik koeffisienti $\lambda_{vst} = \lambda_{ist} \lambda_{\omega' st}$.
11. Standart sowuköndürijilik $Q_{ost} = Q_o q_{vst} \cdot \lambda_{st} / (q_v \lambda)$
12. Adibat kuwwat $N_a = m_h (i_2 - i_1')$
13. Peýdaly täsiriň indikator kuwwaty $\eta_i = \lambda_{\omega'} + b t_0$.
14. Indikator kuwwat $N_i = N_a / \eta_i$
15. Sürtülme kuwwat $N_{sür} = V_N P_{sür}$.
16. Effektiv kuwwat $N_e = N_i + N_{sür}$.

17. Hereketlendirijiniň walyndaky kuwwat $N_{\text{her}} = (1.1 \div 1.12) N_e / \eta_{\text{ber}}$
 18. Effektiv udel sowuköndürijilik ýa-da sowadyjy koeffisienti $\varepsilon_e = Q_o / N_e$
 19. Kondensatorda ýylylyk akym $Q_k = m_h(i_2 - i_3)$.

5.12. Iki basgançakly kompressoryň ýylylyk hasaplamaşy we ony saýlamak

Tejribelikde iki basgançakly gysylma we bir temperatura gaýnamada sazlamak we aralyk gabyň erem-bugram turbasynda suwuklygy sowatmak shemalary giňden ýaýran. Şeýle desganyň hasaplamaşyny ýerine ýetirmek we kompressoryny saýlamak üçin adatça sowuköndürijilik Q_o we maşynyň iş şertleri t_o , t_k , t_s berilýär.



Sur.57. Iki basgançakly aýlawy hasaplamak üçin

p_{ar} aralyk basyş kesgitlenilýär we iki basgançakly maşynyň siklini s-T ýa-da i-lg p diagrammalarda gurýarlar (sur. 57), bu diagrammalar boýunça her bir basgançagy hasaplamak üçin zerur parametrleri tapýarlar.

Pes basyşyň basgançagyňyň hasaplamaşy.

1. Sowadyjy jisimiň udel massa sowuköndürijiligi $q_o = i_1 - i_{6'}$.
2. Sorulýan buguň hakyky massasy $m_1 = Q_o / q_o$,
3. Hakyky göwrüm berijilik $V_h = m_1 v_{1'}$,
4. Berijiligiň indikator

koeffisienti

$$\lambda_i = (p_o - \Delta p_s) / p_o - c[(p_{\text{ar}} + \Delta p_{g,i}) / p_o - (p_o - \Delta p_s) / p_o].$$

5. Görünmeýän ýitgileriň koeffisienti

$$\lambda_{\omega'} = T_o / T_{\text{ar}} ; \lambda_{\omega'} = T_o / (T_{\text{ar}} + 26).$$

6. Kompressoryň berijilik koeffisienti $\lambda = \lambda_i \lambda_{\omega'}$.

7. Nazary göwrüm berijilik $V_{N \text{ PBS}} = V_h / \lambda$

8. Adibat kuwwat $N_{a \text{ PBS}} = m_1(i_2 - i_{1'})$.

9. Indikator PTK $\eta_i = \lambda_{\omega'} + b t_o$.

10. Indikator kuwwat $N_i = N_a / \eta_i$.

11. Sürtülme kuwwat $N_{\text{sür}} = V_N P_{\text{sür}}$.

12. Effektiv kuwwat $N_e = N_i + N_{\text{sür}}$.

13. Hereketlendirijiniň kuwwaty $N_{\text{her}} = (1.1 \div 1.12) N_e / \eta_{\text{ber}}$

Ýokary basyşyň basgançagynyň hasaplamasy.

1. Bugun aralyk sowadylmagy üçin zerur bolan, birinji drosselirlenmä çenli suwuklygyň mukdary,

$$m' = m_1(i_2 - i_3)/(i_{3'} - i_{5'}).$$

2. Egrem-bugram turbada suwuklygy sowatmak üçin zerur bolan, birinji drosselirlenmä çenli suwuklygyň mukdary.

$$m'' = m_1(i_5 - i_6)/(i_{3''} - i_{5''}).$$

3. Ýokary basyşyň silindrniň sorup alýan bugunyň mukdary,

$$m = m_1 + m' + m''.$$

4. Hakyky göwrüm berijilik $V_h = m v_3$.

5. Berijiligiň indikator koeffisienti

$$\lambda_i = (p_{ar} - \Delta p_s) / p_{ar} - c[(p_k + \Delta p_{g,i}) / p_{ar} - (p_{ar} - \Delta p_s) / p_{ar}].$$

6. Görünmeýän ýitgileriň koeffisiýenti

$$\lambda_{\omega'} = T_{ar} / T_k ; \lambda_{\omega'} = T_{ar} / (T_k + 26).$$

7. Kompressoryň berijilik koeffisienti $\lambda = \lambda_i \lambda_{\omega'}$.

8. Nazary göwrüm berijilik $V_N \dot{V}_{BS} = V_h / \lambda$.

9. Adibat kuwwat $N_a = m_1(i_4 - i_3)$.

10. Peýdaly täsiriň indikator kuwwaty $\eta_i = \lambda_{\omega'} + b t_{ar}$

11. Indikator kuwwat $N_i = N_a / \eta_i$.

12. Sürtülme kuwwat $N_{sür} = V_N \dot{V}_{BS} P_{sür}$.

13. Effektiv kuwwat $N_e = N_i + N_{sür}$.

14. Hereketlendirijiniň kuwwaty $N_{diw} = (1.1 \div 1.12) N_e / \eta_{ber}$.

15. Ähli iki basgançakly maşynyň effektiv udel sowuköndürijiligi

$$\varepsilon_e = Q_o / (N_{ePBS} + N_{e\dot{V}BS}).$$

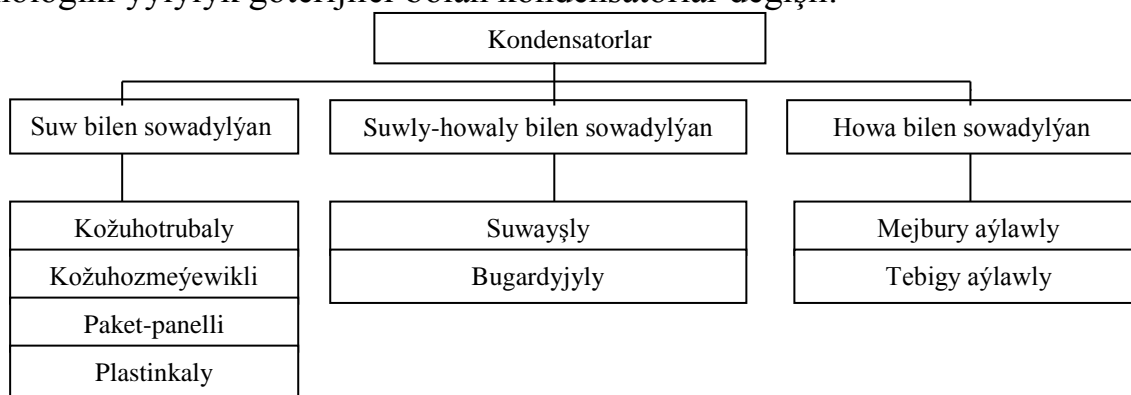
16. Kondensatorda ýylylyk akym $Q_k = m(i_4 - i_5)$.

6. SOWADYJY DESGALARYŇ ÝYLYLYK ÇALŞYJY APPARATLARY

6.1. Sowadyjy maşynlaryň kondensatorlary

Kondensator sowadyjy siklde kompressordan soň oturdylýar we sowadyjy jisimiň aşa gyzan buglarynyň doýgun ýagdaýa çenli sowamagy üçin, şeýle-de olaryň doly kondensasiýasy we aýry ýagdaýlarda kondensasiýa temperatura derejesine çenli aşasowamagy üçin gulluk edýär. Bu apparatda ýylylyk sowadyjy siklden daşary çykarylýar we daşky gurşawa berilýär. Kondensatorlaryň toparlara bölünişi aşaky shemada getirilen.

Sowadyş tehnikasynnda konstruktiv alamlary boýunça, şeýle-de ulanylyş tehnologiýasy boýunça bu bölünşişe girmedik kondensatorlar hem ulanylýar. Oňa kakadly sowadyjy maşynyň kondensator-bugardyjysy we sowadyjy gurşawy tehnologiiki ýylylyk görerijiler bolan kondensatorlar degişli.



Suwly kondensatorlarda sowadyjy jisimden ýylylygyň aýyrylmasy akar suw arkaly amala aşyrylýar. Çümdürilýän kondensatorlar häzirki wagtda ulanylmaýar diýmek mümkin. Akar suwly kondensatorlarda ýylylyk alyşygyň ýokary netileliligini almak mümkin, we suwuň uly ýylylyk sygymynda bu ýagdaý onuň gyzmak tapawudynyň ($4...8^{\circ}\text{C}$) kiçi tapawudy bilen çäklenmeklige mümkinçilik berýär we howa arkaly sowadylýan kondensatorlar bilen deňeşdirilende aýlawyň has ýokary termodinamiki effektiwligini üpjün edýär. Kondensatoryň ýokary effektiwli işi – sowadyjy maşynyň ýokary effektiwligini üpjün etmekde esasy kesgitleýjileriň biri.

Kondensatoryň işiniň ýokary effektiwligi indiki usullar arkaly üpjün edilip bilner:

- ýylylyk çalşyjynyň üstünden kondensirlenýän sowadyjy jisimiň gatlagyny tiz aýyrmak;
- arassa sowadyjy jisimleri ulanmak, şol sanda howany we kondensirlenmeýän beýleki gazlary öz wagtynda çykarmak;
- sowadyjy jisimi ýagdan arassalamak;
- sowadyjy gurşawy ýylylyk çalşyjy üsti hapalaýan garyndylardan arassalamak;
- poslardan, suw daşlaryndan, ýag gatlaklaryndan we ş.m üsti arassalamak maksady bilen kondensatoryň tehniki hyzmatlaryny wagtynda geçirmek;
- sowadyjy jisimiň tarapyndan we sowadyjy gurşawyň tarapyndan ýylylyk çalşygy intensivikasiýalaşdyrmak, mysal üçin, ýylylyk çalşyjy üsti

gapyrgalamak, ýylylyk göterijiniň hereket tizligini artdyrmak, kondensatoryň akys böleklerinde gurşawyň hereketiniň amatly shemasyny, şeýle-de sowadyjy gurşawyň we sowadyjy jisimiň özara hereketi we ş.m. arkaly amal edilýär;

- wibrasiýanyň täsiriniň, temperatura sebäpli suzulmalaryň, içki we daşky mehaniki tasirleriň, akym böleklerde ýylylyk alyşýan gurşawlaryň içki basyşynyň täsiriniň netijesini peseltýän konstruktiv çözümleri ulanmak;
- işçi gurşawyň we daşky gurşawyň agressiw täsirinden konstruktiv elementleri goramak (poslamadan goramak);
- kondensatoryň işiniň parametrlerini barlag we ýylylyk çalyşygyň prosesini awtomatizirmek serişdelerini ulanmak.

Suw bilen sowadylýan kondensatorlar üçin suw üpjünçiligiň aýlawly we gönü akymly shemasyny ulanýarlar. Suw üpjünçiligiň göni akymly usulynda suw suwgeçirijiden ýa-da suw howdanyndan alynýar we soňra suw howdana ýa-da lagym akabasyna guýulýar. Suw üpjünçiligiň bu ulgamy birnäçe ýetmezçilige eýe: suwgeçirijiden alynýan suwuň gymmat düşmegi; derýadan ýa-da suw howdanyndan alynýan suwy arassalamagyň zerurlygy we ony akdyrmak üçin çykdaýjylar; suw howdanyň ýa-da derýanyň hapalanmagynyň netijesiniň ekologiki meseleleriň döremegi.

Kondensatorlaryň aýlawly suw üpjünçiligi has köp ulanylýar. Suw ýapyk aýlawda birnäçe gezek aýlanýar, bu gurluş suwy sowadyjyny özünde jemleýär. Sowadyjy hökmünde sepelenýän howdan (basseýin) we gradirniýa ulanylyp biliner. Sepelenýän howdanlarda we gradirniýada suwuň bugarmaklygy we konwektiw proseslerde sowamaklygy netijesinde onuň bir bölegi atmosfera howasyna bugarýar, we şol sebäpden ulgama goşmaça suw guýmaly bolýar. Suwuň atmosfera howasyndaky tozanlardan hapalanmagyda mümkin. Suw üpjünçiligiň aýlawly ulgamynda suwy arassalamagyň we taýýarlamagyň soraglary ýönekeý çözülýär. Häzirki wagtda suwy taýýarlamakda köplenç ony arassalamagyň magnitli we ultrases usullary ulanylýar. Suwuň magnitli arassalanmaklygynda onuň gatylygy peselýär we suw daşlarynyň emele gelmesi bolmaýar. Suw daşlarynyň gatlagy, edil beýleki çökündiler ýaly, üstde goşmaça termiki garşylyklary emele getirýär, ýylylyk geçirijilik ep-esli peselýär.

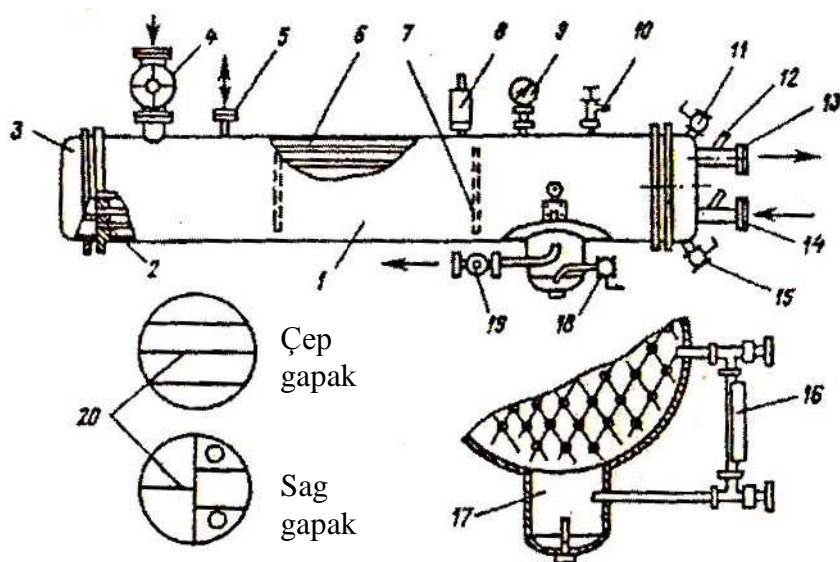
Suw üpjünçiligiň shemasyny saýlamak dürli usullaryň tehniki-ykdysady deňeşdirilmeleriniň esasynda çözülýär.

Gorizontol kožuhotrubaly kondensatorlar ammiakda we hladonda işleýän sowadyjy maşynlaryň giň sowuk öndürijilikli araçäklerinde ulanylýar, Şeýle görnüşdäki ammiak kondensatory sur. 58 getirlen.

Silindrik gaba 1 iki tarapdan truba gözenekleri 2 kebşirlenen, oňa ýylylyk geçirijilik üsti emele getirýän trubalar 6 berkidilen. Truba gözenekleriň flaneslerine boltlar arkaly içi aralyk diwarly 20 sferiki gapak 3 berkidilen. Aralyk diwarlaryň mukdary göni we ters ugurda suwuň geçiş mukdaryny kesgitleýär.

Şu görkezijisi boýunça kondensatorlar bir-, iki- we köp ädimli bolýarlar. Ädimleriň mukdary suwy girizmek we çykarmak üçin sowma trubalaryň ýerleşýän ýerini hem kesgitleýär. Gapaklaryň sferiki formasy kondensator basyşda işlände bu elemente täsir edýän naprýazeniýeniň häsiýetini ýönekeýleşdirýär.

Ammiagyň buglary gabyň ýokarky bölegine 4 wentil arkaly gelyär we trubaara giňişlikde kondensirlenýär. Ammiagyň buglary bilen bilelikde kondensatora girýän we uly göwrümlü massa eýe bolan ýag, gurluşda ýörite göz önüne tutulan ýag ýygnaýjyda 17 ýygnaýar we 18 wentil arkaly periodiki aýyrylýar. Suwuk ammiak 19 wentil arkaly ýag ýygnaýjydan çykarylýar. Gabyň içinde trubalaryň toplumynyň berkligini ýokarlandyrýan we ammiagyň buglarynyň berilýän pursadynda pulsasiýanyň barlygynda titremäni peseldiji aralyk diwar 7 oturdylan.



Sur.58. Gorizontal kožuhotrubaly ammiak kondensator. 1–gap; 2–truba gözenekleri; 3–gapak; 4–ammiagyň buglaryny bermek üçin wentil; 5–deňeşdiriji çyzygy birleşdirmek üçin flanes; 6–trubalar; 7–trubalaryň toplumyny saklamak üçin aralyk diwar; 9–manometr; 10–trubaara giňişlikden howany çykarmak üçin wentil; 11–suw akabalaryndan howany çykarmak üçin wentil; 12–termometri ýerleşdirmek üçin gilza; 13,14–suwy aýyrmak we bermek üçin wentil; 15–suwy dökmek üçin wentil; 16–suwuk sowadyjy jisimiň derejesini görkezmek üçin görkeziji; 17–ýag ýygnaýjy; 18–ýagy dökmek üçin wentil; 19–suwuk ammiagy aýyrmak üçin wentil; 20–gapaklardaky içki aralyk diwarlar.

Sowadyjy suw aşaky sowma truba 14 arkaly berilýär we 13 sowma trubadan çykarylýar. Sowma trubalaryň bir taraplaýyn ýerleşmesinde suw ädimleriň jübüt sanyny amala aşyrýar. Düzgünde bolşy ýaly jübüt sanly ädimlere (8 – den geçmeýän) eýe bolan kondensatorlar ulanylýar. Kondensator deňeşdiriji çyzyga birleşdirilmek üçin 5 sowma truba, 8 gorag klap, 9 manometr, trubaara giňişlikden howany çykarmak üçin 10 wentil we derejäni görkeziji 16 bilen üpjün edilen. Deňeşdiriji çyzyk birnäçe gaplarda basyşy “deňeşdirmek” zerurlygy ýüze çykanda taslanylýar. Mysal üçin, kondensatorda we resiwerde. 11 wentil suw akýan trubadan howany çykarmak üçin, 15 wentil suwy dökmek üçin gulluk edýär. Suwy bermek we çykarmak üçin sowma truba termometri oturtmak üçin gillzalar 12 kebşerlenen.

Ammiakly kondensatorlardaky trubalar polatdan. Şeýle kondensatorlarda içki üste degişli ýylylyk akymyň dykyzlygy $q=5800...6500 \text{ Wt/m}^2$, temperaturalaryň orta logarifmik tapawudy $5...6^\circ\text{C}$ düzýär. Freonda işleýän sowadyjy maşynlarda kondensatorlaryň trubalarynyň toplumyny taýýarlamak üçin

daşy gapyrgalanan mis splawlaryndan ýa-da alýumin splawlaryndan gapyrgalanan mis trubalardan taýýarlanylýan trubalar ulanylýar. Ammiagyň mise agressiwligi suw bolanda ýüze çykýar. Misiň ýokary ýylylyk geçirijiligi we trubalarda gapyrgalaryň bolmagy temperaturanyň $7...10^{\circ}\text{C}$ tapawudynda $q \leq 12000 \text{ Wt/m}^3$ ýylylyk akymyň dykzlygyny almak mümkin.

Seredilip geçilen konstruksiýa bilen birlikde U-görnüşli trubkaly kondensatorlary hem ulanýarlar. Olary taýýarlamak ýönekeý we has ýokary germetiklige eýe, emma suw trubalary boýunça arassalamak prosesi çylşyrymly. Şeýle kondensatorlary kožuhozmeýewikli diýip atlandyryýarlar we kiçi öndürijilikli maşynlarda ulanýarlar.

Uly öndürijilikli ammiakda işleýän sowadyjy maşynlar üçin wertikal kožuhutrubaly kondensatorlary ulanýarlar. Olar wertikal bir ädimli trubalaryň toplumyna eýe we ýokarda getirilen gorizontal kožuhutrubaly kondensatoryň üpjün edilişine meňzeş.

Paket-panelli kondensatorlar trubalar toplumynda gymmat durýan sepsiz trubalary çalyşmak maksady bilen döredilen. List metaldan formalary taýýarlaýarlar, olardan suwuň hereketlenmegi üçin içki kanallara eýe bolan paneli kebşirleýärler. Paneller konstruksiýasy boýunça ýyladyş ştamplanan polat radiatorlara meňzeş. Panel gapda ýerleşen topluma ýygnanylýar. Panellerara giňişlige ammiak göýberilýär. Şeýle kondensator ýokarda beýan edilene meňzeş üpjünçilige eýe.

Plastinkaly rekuperatiw ýylylyk çalşyjylar dürli ýylylyk çalşyjy apparatlarda giňden ulanylýar. Soňky ýyllyrda olary plastinkaly kondensator hökmünde ulanmak boýunça yzygider barlaglar alynyp barylýar, birnäçe firmalar eýýäm öndürip başlady. Plastinkaly ýylylyk çalşyjylaryň konstruksiýasy belli we bu kitapda seredilmeýär.

Suw-howa suwaryşly kondensatorlar tekiz wertikal egrem-bugram, suw bilen örtülýän görnüşde ýerine ýetirilýär. Parallellikde egrem-bugram trubalaryň birnäçe topary goýulýar. 4 topardan (seksiýadan) durýan suwaryşly kondensatorlaryň konstruksiýasy belli. Topar özara kalaçkalar bilen birikdirilen gorizontal trubalaryň 14 hataryndan emele gelýär. Oňat netijeler aşaky trubadan bug berlende we dördünji, sekizinji, onunjy we on ikinji trubalardan suwuk ammiagy ýygnaýja kondensat aýyrylanda oňat netijeler alyndy. Ýylylyk akymyň $q=4100...5200 \text{ Wt/m}^2$ dykzlygyna ýetildi. Şeýle kondensatorlar kožuhutrubaly kondensatorlar bilen deňeşdirilende az suwy sarp edýär, az metal sygymlylyga eýe, taýýarlanylanda ýönekeý we ygtybarly. Olaryň ýetmezçiligi: aýyk giňişlikde oturtmak zerurlygy, bu suwuň hapalanmagyna we suwuň akýan trubalaryna oňat seretmegiň zerurlygana getirýar. Kondensatoryň bu görnüşinde ýylylygyň esasy bölegi gyzýan suwuň hasabyna aýyrylýar.

Suw-howa örtmeli kondensatorlar seýrek ulanylýar.

Suw-howaly bugardyjyly kondensator sur.59 getirilen. Howa bilen ýylylyk çalyşygyň intensiwliginiň hasabyna suwuň sepelenmesinde bugarma effektiň hasabyna onuň goşmaça sowamasy üpjün edilýär. Suwuň bugamagyň hasabyna sowamagyňyň çuňlugy we ýylylyk akymyň dykzlygy ($q=1400...2300 \text{ Wt/m}^2$) daşky howanyň göräli çyglylygyndan we temperaturasyndan bagly. Egrem-bugram

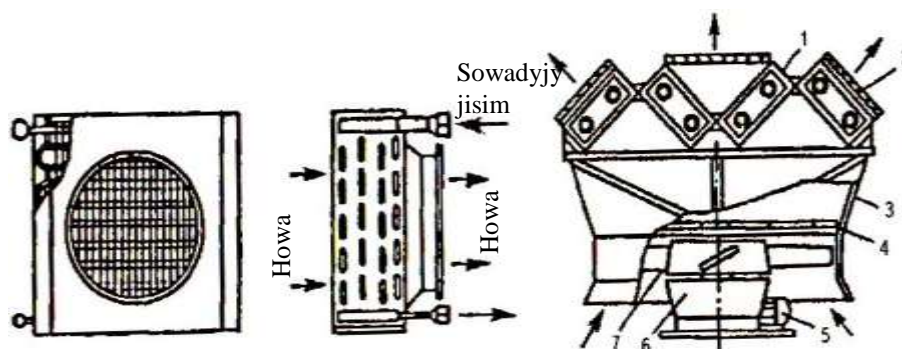
turbalaryň üstüni örtýän suwuň temperaturasy kondensator arkaly geçende takmyny hemişelik galýar. Kondensirlenýän sowadyjy jisimden aýyrylýan ýylylyk esasan suwuň bugarmasyna sarp edilýär, we az mukdarda howany gyzdymaklyga harçlanýar.

Kondensatordan öňisyrada (forkondensatorda) aşa gyzan sowadyjy jisim doýguna ýakyn ýagdaýa çenli sowayar. Bu ýerde ýagyň buglary hem kondensirlenýär we onuň kiçi damjalarynyň has ululara birikmesi bolup geçýär. Soňra bug ýag bölüjä we kondensatoryň turbalaryna barýar. Suwuň bugaran mukdarynyň öwezini dolmak üçin suwgeçijidäki suw ulanylýar. Suw bilen ýymitlendirmegi sazlamak üçin ýüzgüçli dereje sazlaýji ulanylýar. Damjalaryň äkidilmegi gabyň kese-kesiginde howanyň massalaýyn tizliginiň kemeldilmegi we damjany tutujylaryň ulanylmagy bilen çäklendirilýär.

Bugadyjyly kondensatorlar suwy az sarp edýär we ýokary ykjamlyga eýe. Ol ulag sowadyjlarynda hem ulanylyp bilner. Ýetmezçiligi – pes udel ýylylyk akym we iş kadanyň şertlerden baglylygy.

Howasy mejbury hereketlenýän howa kondensatorlary. Şeýle kondensatoryň esasy elementlerine ýylylyk çalşygy we wentilýator degişli.

Ýylylykçalşygy polatdan ýa-da köplenç misdan taýýarlanylýan bir ýa-da birnäçe tekiz zmeýewiklerden durýar. Zmeýewik sowadyjy jisim boýunça parallel we howa boýunça yzygider birleşdirilýär, we polat daşa gaplanyp, beýleki elementler bilen birlikde kondensatory emele getirýär. Trubkalar gorizontallikde ýerleşýär we gapyrgalanma eýe. Gapyrgalaryň ädimi azyndan 3,6 mm. Bu şertiň ýerine ýetmegi gapyrgaara giňişligiň tozandan hapalanma derejesini kemeltmek üçin zerur. Talap edilýän ýylylyk kuwwaty almak üçin aýry kondensatorlar howa boýunça we sowadyjy jisim boýunça parallel birleşdirilip seksiyany emele getirip biler. Aýry ýylylykçalşyjlaryň seksiyada ýerleşmegi wertikal we gorizontallik, çyzykly, zigzak görnüşli bolup biler (sur. 60). Käbir firmalar-öndürijiler ýylylykçalşyjlaryň ýapgytly (V-görnüşli) ýerleşdirilmesini, şeýle-de ýokarky böleginde okly wentilýatorlar oturdylan silindrik formadaky ýylylykçalşyjlary ulanýarlar. Sowadyjy jisimiň buglary ýokarky trubalara beerilýär, kondensat kollektoryň aşaky trubalaryndan aýyrylýar. Kondensatorlary taýýarlamak üçin bimetallik trubalar hem ulanylýar. Daşky truba plastiki alýumin splawlardan taýýarlanylýar, we oňa gapyrga oralýar. Içki truba polatdan, ol konstruksiýanyň berkligini üpjün edýär. Howanyň hereketiniň ugry boýunça trubalaryň sekize çenli hatary ýerleşdirilip bilner.



Sur. 60. Bir elementli howa kondensatory we wentilýatora aşakda ýerleşen we aýry ýylylykçaşyjylaryň burçlaýyn ýerleşen kondensator seksiýa:

1 – aýry ýylylykçaşyjy; 2 – žalýuz; 3 – diffuzor; 4 – howany çyglandyryjy düwün; 5 – elektrik hereketlendiriji; 6 – reduktor; 7 – wentilýatoryň iş çarhy

Kondensatorlar pes aerodinamiki garşylyga eýe we şonuň üçin köplenç trubaara giňişlik arkaly sowadyjy howanyň geçmegi üçin pes naporly ok wentilýatorlary ulanylýar. Ok wentilýatorlary bilen enjamlaşdyrylan kondensatorlar jaýdan daşarda oturdylýar. Kondensatorlaryň köp görnüşlerinde howanyň uly naporyny döretmek üçin radial wentilýatorlar hem ulanylýar. Şeýle kondensatorla giriş we çykyş howa geçirijilerine eýe bolup biler we jaýyň içinde ornaşdyrylyp bilner.

Howa kondensatorlary ulanmak gymmat düşýän suw üpjünçilikli ulgamlardan ýüz öwürmäge mümkinçilik berýär. Şol sebäpden senagatyň käbir pudaklarynda howa bilen sowadylýan kondensatorly sowadyjy maşynlara geçýän ýagdaýlaryna gözegçilik edilýär. Bu ýagdaýda kondensatoryň iş kadasynyň daşky howanyň kadasyndan gös-göni baglydygyny bellemek zerur.

Howasy tebigy aýlawly kondensatorlar kiçi sowadyjy maşynlarda ulanylýar, şol sanda durmuş sowadyjylarynda.

Kondensasiýada ýylylyk geçirip beriş. Bug apparatdaky basyşa gabat gelýän, doýgun buguň temperaturasyndan pes temperaturaly diwar bilen galtaşanda kondensirlenýär. Diwarda suwuklygyň emele gelmeginiň häsiýeti boýunça kondensasiýanyň üç görnüşini tapawutlandyrýarlar: damjaly, gatlakly we garyşan. Damjaly kondensasiýada bug sowuk üst bilen gös-göni galtaşýar, şonuň üçin gatlakly kondensasiýa bilen deňeşdirilende uly ýylylyk berijilik koeffisiente eýe, haçanda suwuklygyň gatlagy trubanyň üstünde goşmaça termiki garşylygy döredende, ýylylyk berijilik koeffisient peselýär. Sowadyjy maşynyň apparatlarynda gatlakly kondensasiýa bolup geçýär.

Kondensatorda ýylylyk geçirip berişiň intensiwligine indiki faktorlar täsir edýär:

1. Ýylylyk geçirip beriş üstden suwuklygy aýyrmagyň tizligi. Bug kondensirlenende kondensat ýylylyk geçirip beriş üstde tutuş gatlagy emele getirýär, bu gatlak truba boýunça akyp buguň soňraky kondensasiýasyny

kynlaşdyrýar. Şonuň üçin kondensatoryň konstruksiýasy emele gelýän suwuklygyň çalt aýyrylmagyny üpjün etmeli.

2. Buguň hereket tizligi. Buguň hereketiniň uly tizliginde suwuklygyň gatlagynyň hereketi tizleşýär we ýylylyk berijilik koeffisienti artdyryp, ýylylyk geçirip beriş üstiden tiz aýyrylýar.

3. Ýylylyk geçirip beriş koeffisienti kemeldiji we kondensasiýa basyşy artdyryjy howanyň we kondensirlenmeýän gazlaryň garyndysy.

4. Trubanyň diwaryndaky çökündiler: sowadyjy jisim tarapdan – kompressordan bug bilen äkidilen ýag; suw tarapdan – suw daşlary (suwda erän duzlaryň gaty çökündileri), poslar; howa arkaly sowadylýan kondensatorlarda – tozanyň, reňkleriň gatlaklary. Bu çökündileriň ählisi ep-esli termiki garşylygy döredip, ýylylyk geçirip beriş koeffisienti kemeltýär.

5. Suwuň hereketiniň tizligi. Suwuň hereket tizligi ω (m/s) näçe ýokary bolsa, trubanyň diwaryndan suwa ýylylyk berijilik koeffisient, degişlilikde, ýylylyk geçirip beriş koeffisient şonça-da uly.

Kondensatoryň ýylylyk geçirip beriş intensiwligi ýylylyk akymyň dykzlygy – 1s dowamynda kondensatoryň üstüniň 1m^2 meýdany arkaly sowadyjy jisimden ýylylyk göteriji arkaly aýyrylýan ýylylygyň mukdary bilen häsiýetlendirilýär, ýagny

$$q_F = k\theta_m,$$

bu ýerde q_F – ýylylyk akymyň dykzlygy, Wt/m^2 ; k – kondensatoryň ýylylyk geçirip beriş koeffisienti, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; θ_m – kondensirlenýän sowadyjy jisimiň we sowadyjy gurşawyň arasyndaky orta logarifmik temperatura napor, K .

Kondensatoryň ýylylyk geçirip beriş koeffisienti

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{s,j}} \frac{d_s}{d_{s,j}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s} \right)}, \quad (6.1)$$

bu ýerde k – ýylylyk geçirip beriş koeffisient, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; $\alpha_{s,j}$ – sowadyjy jisimden trubanyň diwarlaryna ýylylyk berijilik koeffisient, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$: ammiak üçin $\alpha_{s,j} = 2300 \div 5800 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, R12 üçin $\alpha_{s,j} = 1200 \div 2300 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, R22 üçin $\alpha_{s,j} = 1500 \div 2900 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; α_s – trubanyň diwaryndan suwa ýa-da howa ýylylyk berijilik koeffisient, $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$: $\omega = 3 \div 8 \text{ m/s}$ bolanda suw üçin $\alpha_s = 3500 \div 7000 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, howa üçin $\alpha_s = 23 \div 93 \text{ Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; d_s we $d_{s,j}$ – suw we sowadyjy jisim tarapyndan trubanyň diametri, m; $\sum \delta/\lambda = \delta_{\text{diw}}/\lambda_{\text{diw}} + \delta_{\text{ýag}}/\lambda_{\text{ýag}} + \delta_{\text{suw daş}}/\lambda_{\text{suw daş}} + \delta_r/\lambda_r$ – trubanyň diwarynyň we çökündiniň termiki garşylygy; bu ýerde δ_{diw} , $\delta_{\text{ýag}}$, $\delta_{\text{suw daş}}$, δ_r – diwaryň, ýag gatlagyň, suw daşyň, reňkiň galyňlygy, m; λ_{diw} , $\lambda_{\text{ýag}}$, $\lambda_{\text{suw daş}}$, λ_r – degişli materiallaryň ýylylyk geçirijilik koeffisienti, $\text{Wt}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Sowadyjy maşynyň ýylylyk çalşyjy apparatlarynyň üstlerinde käbir metallar we dürli çökündiler üçin λ ýylylyk geçirijiligiň koeffisienti aşakda getirilen:

Tablisa 6.1

Metal ýa-da metal garyndysy	t, °C	λ , $\text{Wt}/(\text{m} \cdot \text{K})$	Çökündiler	t, °C	λ , $\text{Wt}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Alýumin	0	229	Suw daşy	-	1.80
Bürünç	20	47.7	Suwsyz gliserin	-	0.30
Fosforly bürünç	20	45.4	50% suwly gliserin	-	0.50

Latun	0	106	Buz	0	2.30
Arassa mis	0	395	Buz	-100	3.50
Tehniki mis	0	386	reňkleme	-	0.23
Gurşun	0	34.5	Gar ($\rho=200\text{kg/m}^3$)	-	0.11
Uglerodly polat	0	45.4	Gar ($\rho=400\text{kg/m}^3$)	-	0.47
Sink	0	118	Çalym ýagy	15	0.14
Çoýun	20	58	Duz NaCl ₂	24	0.70
			Duz CaCl ₂	24	0.70

Orta logarifmik temperatura napor

$$\theta_m = \frac{t_{s2} - t_{s1}}{2.3 \lg \frac{t_k - t_{s1}}{t_k - t_{s2}}}, \quad (6.2)$$

bu ýerde t_{s1} , t_{s2} – suwuň temperaturasy, deňişlilikde, kondensatora girýän we ondan çykýan; t_k – kondensasiýa temperatura.

6.2. Sowadyjy maşynlaryň bugardyjylary

Bugardyjylar sowadyjy maşynlaryň esasy enjamlaryna deňişli. Bu enjamda sowadylýan gurşawdan ýylylygyň alynmagy we onuň sowadyjy jisime berilmegi bolup geçýär. Sowadylýan gurşawdan berilýän ýylylygyň hasabyna sowadyjy jisim gaýnaýar, sowadylýan gurşaw bolsa öz temperaturasyny peseltýär. Sowadyjy jisimiň buglary kompressoryň kömegin bilen bugardyjydan alynýar.

Bugardyjynyň işiniň ýokary effektiwligi edil kondensatoryň işleýşine meňzeşlikde alynýar. Ondan tapawutlykda, bugardyjyda sowadyjy jisim gaýnaýar, şunuň bilen birlikde ýylylyk çalyşygyna gatnaşýan jisimleriň hereket ugurlary we ýylylyk çalyşyk prosesini gurnamagyň talaplary üýtgeýär.

Sowadyan gurýawynyň häsiýetinden boýunça bugardyjylar suwuklygy, howany, gaty jisimi sowatmak üçin bugardyjlara we bugardyjylar-kondensatorlara bölünýär. Soňky kaskadly sowadyjy maşynlarda ulanylýar.

Suwuk gurşawlary sowatmak üçin bugardyjylar. Suwuklyklary, sowugy göterijileri, şeýle-de dürli tehnologiýa suwuklyklary sowatmak üçin niýetlenen. Uly we kiçi öndürijilikli sowadyjylarda çümme görnüşindäki kožuhotrubaly bugardyjylar has giňişleýin ulanmaklygy eýe boldylar. Çümme görnüşdäki kožuhotrubaly bugardyjy konstruktiv taýdan kožuhotrubaly kondensatorlara meňzeş. Esasy tapawut ýylylyk çalyşyja girende we ondan çykanda sowadyjy jisimiň häsiýetnamalary bilen şertlenen. Kondensatora sowadyjy jisim bug görnüşinde girýär, suwuk görnüşinde çykýar. Şol sebäpden giriş onuň ýokarky böleginde, çykyş aşaky böleginde ýerleşýär. Bugaryja sowadyjy jisim suwuk görnüşinde girýär (has takygy bug-suwuklyk görnüşinde), bug görnüşinde çykýar. Deňişlilikde, bugaryja sowadyjy jisimiň girýän ýeri aşakda, çykýan ýeri ýokarda ýerleşýär.

Bugardyjylarda trubalaryň toplumy bilen suwuk sowadyjy jisimiň galtaşmagynyň maksimal mümkin bolan meýdanyny üpjün etmek wajyp. Şu sebäpden olarda göwrümiň suwuk sowadyjy jisim bilen dolmagynyň ýokary

derejesi saklanylýar, şonuň üçin şeýle bugardyjylara çümdürlen görnüşdäki bugardyjylar diýilýär.

Bugardyjynyň uly öndürijiliginde umumy kollektordan sowadyjy jisimiň bug-suwuklykly girişiniň birnäçesi oturdylýar, we bug hem birnäçe sowma trubalardan aýyrylýar. Tapawut diňe ýylylyk calyş üstüň konstruksiýasyndan we taýýarlamakda ulanylýan materiallardan durýar.

Ýylylyk akymyň dykzlygy q (Wt/m^2) we ýylylyk geçirip beriş koeffisient k ($\text{Wt/(m}^2\cdot\text{K)}$) trubalarda ýylylyk göterijiniň tizliginden ω (m/s); gaýnaýan sowadyjy jisimiň we sowadylýan gurşawyň arasyndaky temperaturalarynyň tapawudyndan Θ ($^{\circ}\text{C}$) we sowadyjy jisimiň gaýnama temperaturasyndan t_u ($^{\circ}\text{C}$) bagly. Bu parametrleriň özara baglanyşygyny bahalandyrmak üçin maglumatlar tablisa 6.2 getirilen.

Tablisa 6.2

$\Theta, ^{\circ}\text{C}$	Tekiz polat trubalar, sowadyjy jisim ammiak, t_u ($^{\circ}\text{C}$) -da			Tekiz polat trubalar, sowadyjy jisim R22, ω (m/s) -da		Mis gapyrgаланan trubalar sowadyjy jisim R22, ω (m/s) -de	
	0	-15	-25	1.0	1.5	1.0	1.5
3	1800/600	1700/565	1600/535	-	-	-	-
4	2900/725	2800/700	2200/550	1600/400	2300/575	3200/800	4600/1150
5	3900/780	3500/700	-	2300/460	3500/700	4600/920	6400/1280
6	-	-	-	3100/515	4600/765	5700/950	7900/1315

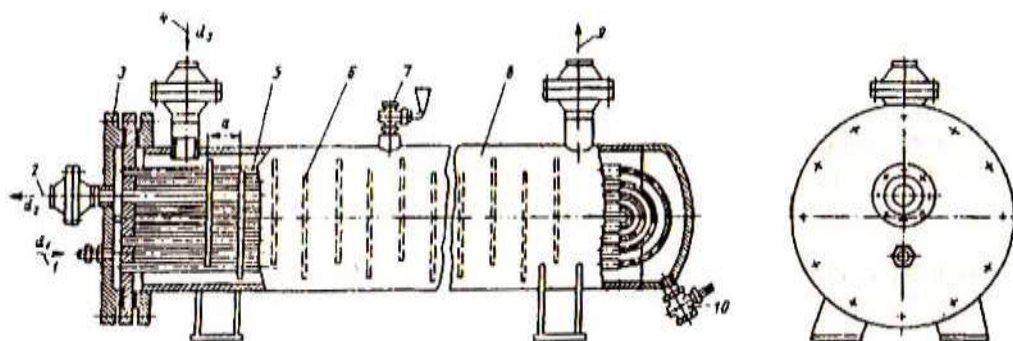
Bellik. Sanawjyda ýylylyk akymyň dykzlygy q (Wt/m^2); maýdalawjyda ýylylyk geçirip beriş koeffisient k ($\text{Wt/(m}^2\cdot\text{K)}$) getirilen.

Tablisada getirilen materiallar ýylylyk çalşylyk parametrleriniň toplumdaky trubalaryň materialyndan we görnüşinden, sowadyjy jisimiň görnüşinden, täsir edýän temperaturalaryň tapawudyndan, trubalardaky suwuklygyň hereketiniň tizliginden baglylygyny aýdyň görkezýär. Bu netijeler deň derejede kondensatordaky ýylylyk çalşylyk prosesinde degişli.

Sowadyş tehnikasynda suwuk sowadyjy jisim arkaly trubalary örtülýän we trubalarda sowadylýan suwuklygyň hereketlenýän kožuhotrubaly bugaryjylary ulanýarlar. Akýan gatlakdaky gaýnama ýylylyk çalyşygyň intensiwligini artdyrýar. Şeýle bugaryjylarda ýylylyk akymyň dykzlygy $q=2900-3500 \text{ Wt/m}^2$ araçäkde ýerleşýär.

Sowadyş tehnikasynda trubalarda sowadyjy jisimleri gaýnaýan bugaryjylary hem ulanýarlar. Olar birnäçe konstruktiv çözümlere eýe: kožuhotrubaly göni trubaly, kožuhotrubaly U-görnüşindäki trubalar, sur. 61, wertikal-trubaly we panelli bugardyjylar trubalarda sowadylvan suwuklyk hereketlenende hemişe lokal temperatura anomaliýalary, sowadylýan suwuklygyň doňmagy we trubalaryň ýarylmasy bar. Sowadyjy jisim trubalar giňişligine berilende sowadylýan suwuklygyň trubalarara giňişlikde doňmagy islenilmeýän netijelere alyp barmaýar.

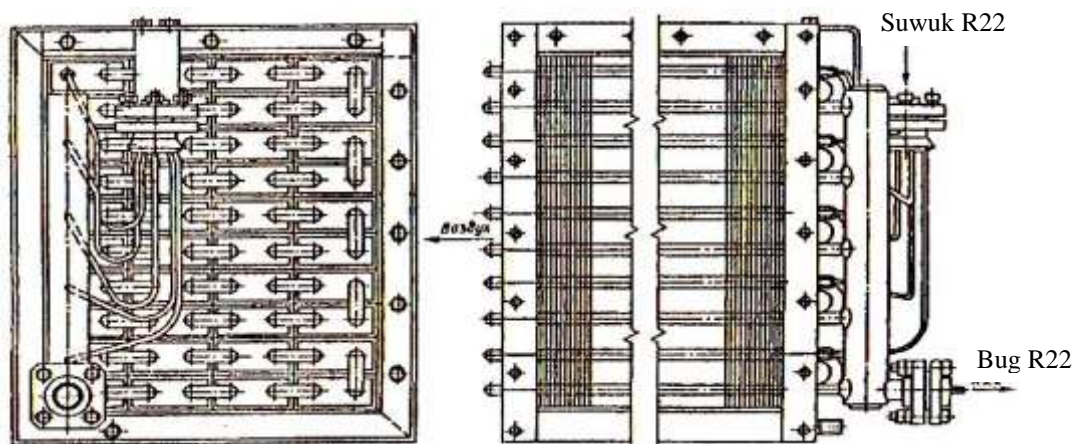
Bugardyjylar hem edil kondensatorlar ýaly, zerur halatlarynda barlar-ölçeýji we gorag abzallary, termometrler, manometrler, dereje görkezijiler, gorag-zapor klapanlar we ş.m. bilen üpjün edilýär.



Sur. 61. Trubalarynda sowadyjy jisimler gaýnaýan kožuhozmeýewikli bugardyjy.
1, 2 – sowadyjy jisimiň girýän we çykýan ýeri; 3 – gapak; 4, 9 – sowadylýan suwuklygyň girýän we çykýan ýeri; 5 – trubalar; 6 – aralyk germewler; 7 – üflemek üçin wentil; 8 – daş; 10 – sowadylýan suwuň dökülýän ýeri

Panelli bugardyjylar edil panelli kondensatorlar ýaly içi kanally ýtamlanan seksiyalardan jemlenýär, bu kanallar boýunça bug-suwuklyk garyndyly sowadyjy jisim hereketlenýär. Paneller sowadylýan suwuklykly nowa ýerleýdirilýär.

Howany sowatmak üçin bugardyjylar, edil kondensatorlar ýaly, sowadylýan howasyhyň hereketi tebigy we emeli oýandyrylýan görnüşde bolýar.



Sur. 62. Howany sowatmak üçin bugardyjy

Howanyň hereketi emeli oýandyrylýan bugardyjylar esasan durmuşy kondisionerlerde has giňden ulanylýar, olar aslyýetinde seredeniňde kiçi sowadyjy maşynlara degişli bolup durýar. Konstruktiw taýdan olar iki esasy elementden durýar: ýylylyk çalşyjy apparatdan (bugardyjy, sur.62) we wentilýatordan. Bugardyylar mis trubalaryndan taýýarlanylýan we köp hatarly ýylylyk çalşyjy apparaty emele getirýän egrem-bugram (zmeýewik görnüşli) trubalaryň hataryndan durýar.

Trubalardaky gapyrgalar sowadylýan gurşawdan alynýan ýylylygyň mukdaryny artdyrmak üçin niýetlenen. Forma, ädim we beýiklik esasan gaz gurşawy sowatmak üçin bugardyjynyň effektiv işini kesgitleýär. Häzirki wagtda

gapyrgalarynyň ädimi 1.8-den 12 mm çenli bolan bugardyjylary ulanýarlar. 1.8...4.2 mm ädim howany kondisionirleýji ulgamlaryň howa sowadyjylrynda ulanylýar. Olar položitel temperaturanyň zolagynda we sowatmaklyga howany bermezden öňürti ony arassalamagyň şertlerinde ulanylýar. Otrisetel temperaturanyň zolagynda howa sowadylanda kondensat emele gelip biler, ol soňra gapyrgaara giňişlikde doňýar we ýylylyk geçirijilige garşylyk döretýär. Trubalarynda gapyrgalaryň kiçi ädimine eýe bolan bugardyjy bu ýagdaýda sowadyş ukubyny çalt peselder. Senagat sowuk üpjünçiliginiň howa sowadyjysyna berilmezden öň howanyň arassalanmagynyň ýok şertlerinde bugardyjynyň trubalarynda gapyrgalaryň ädimi 4...12 mm aralykda ulanylýar.

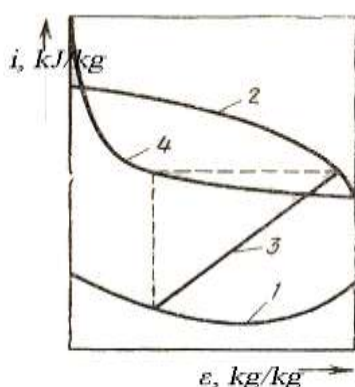
Sowadylýan howanyň hereketi tebigy oýandyrylýan bugardyjylara, mysal üçin, senagat sowadyjylaryň sowadyjy batareýalary degişli. Sowadyjy batareýalar, ýyladyjy batareýalardan tapawutlykda, jaýyň ýokarky böleginde ýerleşýär. Ýerleşiş usuly boýunça olar potolokda we diwarda ýerleşýän, elementleri ýygnamagyň çyzykly we öwrümlü (zigzak görnüşli) görnüşlerine bölünýär. Batareýanyň elementleriniň görnüşi boýunça gapyrgaly we tekiz trubaly, aýry elementleri birleşdirmegiň usuly boýunça – kollektorly we egrem-bugram (zmeýewik) trubaly bugardyjylary tapawutlandyrýarlar.

7. ÝYLYLYGY SARP ETMEK BILEN IŞLEÝÄN SOWADYJY MAŞYNLAR

7.1. Absorbision sowadyjy maşynlarda ulanylýan erginleriň termodinamiki alamatlary we diagrammalary

Absorbsion sowadyjy maşynlarda birmeňzeş basyşda dürli gaýnama temperaturaly iki komponentli erginler ulanylýar. Pes temperaturada gaýnaýan komponent sowadyjy jisimiň funksiýasyny, ýokary temperaturada gaýnaýan absorbentiň (siňdirijiniň) ornuny ýerine ýetirýär. Hiç bir ergin erginlerden edilýän ähli talaplary doly kanagatlandyрмаýar (iki komponentiň hem çäklendirilmedik ereýjiligi, ýokary absorberlik ukyby, birmeňzeş basyşda sowadyjy jisimiň we absorbentiň uly dürli gaýnama temperaturasy, ýokary we pes temperaturalarda himiki durnuklylyk, apparatlarda işjeň ýylylyk çalşygy, partlama howpunyň we ot almaklyk howpunyň bolmazlygy, metallara inertlik, gymmatynyň ýokary bolmazlygy). Sowadyjy maşynlarda pes t_0 temperatura üçin suw-ammiakly ergin, $t_0 \geq 0^\circ\text{C}$ üçin bolsa bromlitiniň suwdaky ergini ulanylýar, ol zähersizligi, ysynyň we partlama howpunyň ýoklugy bilen tapawutlanýar.

Erginleriň aýratynlygy indikiden durýar: olaryň t_0 we t_k temperaturalary sowadyjy jisimiň basyşyndan we massa konsentراسiýasyndan bagly: ergin gaýnanda absorbentiň garyndysy bilen sowadyjy jisimi özünde saklaýan buglar emele gelýär; komponentleriň gaýnama temperaturasynyň tapawudy näçe uly bolsa, absorbentiň garyndysy bugda şonça-da kiçi; gowşak konsentراسiýaly ergin şol bir basyşda pes temperatura eýe bolan buglary absorbirleýär.



Sur. 63. Suwammiak ergin üçin $\xi - i$ diagramma

Ergniň parametrini kesgitlemek üçin termodinamiki diagrammalar ulanylýar. Has giň ýaýran (konsentراسiýa – entalpiýa, sur. 63), bu diagrammanyň gorizontaլ çyzgysynda entalpiýanyň hemişeligi $i=\text{const}$ we wertikaլ çyzygynda erginiň konsentراسiýasynyň hemişeligi $\xi=\text{const}$ çyzylan:

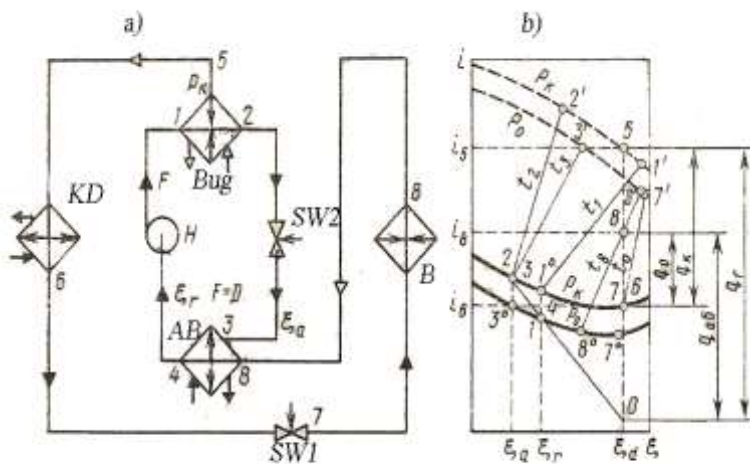
$$\xi = m_a / (m_a + m_s),$$

bu ýerde m_a we m_s – erginde sowadyjy jisimiň we absorbentiň mukdary.

Diagrammanyň aşaky böleginde $p=\text{const}$ (1 egr) hemişelikde suwuk erginiň gaýnama egrisi, ýokarkyda – $\varepsilon=\text{const}$ hemişelikde buguň doýgunlaşma we kondensasiýa egrisi (2 egr) çyzylan. Bu egrileriň arasyndaky meýdan çygly buguň çäklerini görkezýär. Gaýnama egriden aşakda aşa sowan erginiň meýdany ýatýar, kondensasiýa egriden ýokarda – aşa gyzan buguň meýdany. Çygly buguň meýdanynda ergin iki ýagdaýa (faza) eýe – suwuk we gaz görnüşli. Fazalar birmeňzeş temperatura, emma dürli konsentراسiýa eýe. Çygly buguň meýdanynda izotermalar 3 – göni, olar gaýnama we kondensasiýa egrileriň deňagramlyk ýagdaýynda ýerleşýän nokatlaryny birleşdirýärler. Çyzyk 4 – buguň we suwuklygyň deňagramly ýagdaýyny kesgitlemek üçin kömekçi.

7.2. Absorbsion sowadyjy maşynlaryň shemasy we hasaplamasy

Absorberi suwammiakly sowadyjy maşyn (sur.64, a) indiki düwünlerden



Sur. 64. Absorbsion suwammiakly sowadyjy maşyn

durýar: bugardyjylardan B, kondensatordan KD, absorberden AB, generatordan G, suwammiak sorujydan S, ammiagyň we suwammiakly erginiň çyzyklarynda sazlaýjy wentillerden. B, KD we ammiak sazlaýjy wentiliň işleýşi kompressorly bugly sowadyjy maşynlardaky bu apparatlaryň işleýşine meňzeş. Bugardyjydan sowadyjy jisimiň buglary t_0

gaýnama temperaturaly we P_0 gaýnama basyşly D (kg/s) mukdarda absorbere barýar, bu ýerde gowşak suwammiak ergin arkaly siňdirilýär. Bu ýagdaýda bölünýän siňdirme ýa-da absorbsiýa ýylylyk Q_a sowadyjy suw bilen sowadylýar. F (kg/s) mukdardaky güýçli ergin ammiagyň ýokary konsentrasiýasynda ξ_r suwammiak sorujynyň kömeginde generatora geçirilýär, bu ýerde gyzdyryjy suw bugdan ýa-da başga çeşmeden berilýän Q_g ýylylygyň hasabyna kondensasiýa basyşynda P_k we ýokary temperaturada gaýnaýar. ξ_d konsentrasiýada we D mukdarda erginden bölünýän ammiagyň buglary KD ugrukýar, ξ_a konsentrasiýada galan gowşak suwammiak ergin P_k -dan P_0 çenli ikinji sazlaýjy wentilde drosselirlenýär we AB barýar, bu ýerde ýene-de ammiagyň buglaryny siňdirýär.

Maşynyň ýylylyk balansy

$$Q_0 + Q_g = Q_k + Q_a,$$

bu ýerde Q_0 –bugardyjyda sowadyjy jisime getirilen ýylylyk, Wt; Q_g – generatorda ergine getirilen ýylylyk, Wt; Q_k – kondensatorda sowadyjy jisimden aýrylan ýylylyk, Wt; Q_a –absorberde erginden aýyrylan ýylylyk, Wt.

Sorujynyň sarp edýän mehaniki energiýasy has kiçi, şonuň üçin sorujynyň işiniň ýylylyk ekwiwalentini hasaba almasak hem bolýar. Şeýlelikde, absorberli sowadyjy maşynyň işlemegi üçin mehaniki energiýa däl-de, bug, gyzgyn suw, ýanyjy önümleriň ýanmagynyň we ş.m. görnüşinde ýylylyk sarp etmek talap edilýär.

ξ-i diagrammada absorberli sowadyjy maşynyň sikli. ξ-i diagrammada sikli gurmak üçin gyzdyryjy we sowadyjy suwuň temperaturasynda ammiagyň t_0 (°C) berilýär. ξ-i diagrammada işçi prosesiň esasy nokatlary geçirilýär we degişli nokatlaryň entalpiýasynyň tapawudynda ölçenilýän berlen ýa-da aýyrylan ýylylyk kesgitlenilýär, sebäbi B, AB, G we KD prosesler $P = \text{const}$ bolup geçýär. ξ-i diagrammada işçi prosesi şekillendirmek üçin sowadyjy suwuň temperaturasyndan bagly bolan kondensasiýa basyşyň P_k , we berlen t_0 temperaturadan bagly bolan P_0

gaýnama basyşyň izobaralary belleniýär (sur. 64. b). Generatordaky t_2 ýokary temperatura ýylylyk geçirip beriş prosesi üçin zerur temperatura napory $5-8^0\text{ C}$ hasaba almak bilen gyzdryjy gurşawyň temperaturasyndan kesgitlenilýär. Güýçli erginiň konsentrasiýasyny kesgitleýji AB-däki t_4 pes temperatura sowadyjy suwuň temperaturasyndan $5-8^0\text{ C}$ ýokary bolmaly. Bugardyjydaky ýokary temperatura $t_8=t_0+3\div 10^0\text{ C}$. G basyş P_k basyşa deň kabul edilýär, AB basyş – B P_0 basyşa deň. P_0 we P_k izobaradan başga-da diagramma t_1, t_2, t_3, t_8 izotermany geçirýärler. P_0 basyşyň çyzygyndaky 4 nokat absorberden suwuklyk çykanda onuň ýagdaýyny häsiýetlendirýär. G prosesiň başlanýan 1 nokatdaky erginiň ýagdaýy 4 nokatdaky ýagdaýa gabat geler, sebäbi sorujy arkaly ergin geçirilende onuň entalpiýasy we konsentrasiýasy üýtgemeyär. Emma $P_1=P_k$ ýatdan çykarmaly däl, şonuň üçin 1 nokat aş sowadylan suwuklygyň meýdanynda bolýar.

Generatorda ergin ilki hemişelik konsentrasiýada ξ_r doýgun ýagdaýda (nokat 1⁰) çenli gyzdrylýar, soňra gaýnama başlaýar. P_k hemişelik basyşda gaýnama prosesiň ahyry generatordaky ýokary temperatura t_2 gabat gelýär. t_2 izotermanyň P_k çyzyk bilen kesişme nokady (nokat 2) gaýnama prosesiň ahyrynda suwuklygyň ýagdaýyny kesgitleýär. Kondensatora generatordan barýan buguň ýagdaýy 1' we 2' nokatlaryň arasynda P_k çyzyk bilen ξ_d konsentrasiýanyň çyzygynyň kesişmesinde 5 nokat boýunça kesgitlenilýär, 1' we 2' nokatlara gatnaşykda 5 nokadyň ýagdaýy generatoryň konstruksiýasyndan kesgitlenilýär. Ýylylyk gatnaşykda generatorda buglaryň we suwuk erginiň gapma-garşylykly akymyny amala aşyrmak has amatly, onda 5 nokat 1' nokadyň golaýynda ýerleşen we generatordan çykýan buguň konsentrasiýasy parallel akymdaky (5 nokat 2' nokadyň golaýynda) ýagdaýdan ýokary.

Suwammiaakly buguň kondensasiýasy ξ_d hemişelik konsentrasiýasynda bolup geçýär, şonuň üçin 5 nokatdan suwuklygyň P_k çyzygy bilen kesişýänçä perpendikulýar düşürüp, kondensasiýadan soňra suwuklygyň ýagdaýyny alarys (nokat 6). Kondensasiýadan soňra suwuklyk hemişelik entalpiýada we konsentrasiýada P_0 basyşa çenli drosselirlenýär, şonuň üçin prosesiň ahyrynda erginiň ýagdaýyny kesgitleýji 7 nokat 6 nokada gabat gelýär, emma 7 nokatda çygly bug bolýar, ýagny t_0 temperaturada suwuklygyň (7 nokat) we buguň (7' nokat) garyndysy. Suwuklyk (7 ýagdaý) P_0 basyşda B gaýnaýar, bu ýagdaýda gaýnama temperatura t_0 -dan bugardyjydaky ýokary temperatura t_8 çenli artýar. Bugardyjyda gaýnama prosesiň ahyrynda suwuklygyň ýagdaýy (nokat 8⁰) t_8 izotermanyň P_0 çyzyk bilen kesişmesinden ýagdaýy t_8 izotermanyň buguň p_0 basyş çyzygynyň kesişmesinden (nokat 8') kesgitlenilýär. Suwuk ergin G soňra (nokat 2) ξ_a hemişelik konsentrasiýada P_0 basyşa çenli drosselirlenýär, şonuň üçin drosselirlenmeden soňra ergini häsiýetlendiriji 3 nokat 2 nokat bilen gabat gelýär, emma 3 nokatda t_3 temperaturada çygly bug bilen gabat gelýär.

Şeýlelikde, diagrammada indiki çyzyklar alynan: 1–1⁰ – gaýnama ýagdaýa çenli güýçli erginiň gyzmagy; 1⁰– 2 – generatorda gaýnanda suwuk halyň ýagdaýynyň üýtgemegi; 1'–2' – generatorda gaýnanda bug halyň ýagdaýynyň üýtgemegi; 2–3 – drosselirlenmede emele gelen buglaryň kondensasiýasynda doýgunlaşan ýagdaýa çenli gowşak erginiň sowamagy; 3–4 – bugardyjydan gelýän we drosselirlenmede alynan buglaryň absorberde siňdirilme prosesi; 5–6 –

kondensatorda buglaryň kondensasiýa prosesi; 7–8⁰ – P₀ basyşda bugardyjyda ammiagyň gaýnama prosesi.

Generatorda alynan 1kg buga degişli AB-den G-a berilýän erginiň massasy sirkulýasiýa kratnylygy diýlip atlandyrylýar:

$$f=F/D.$$

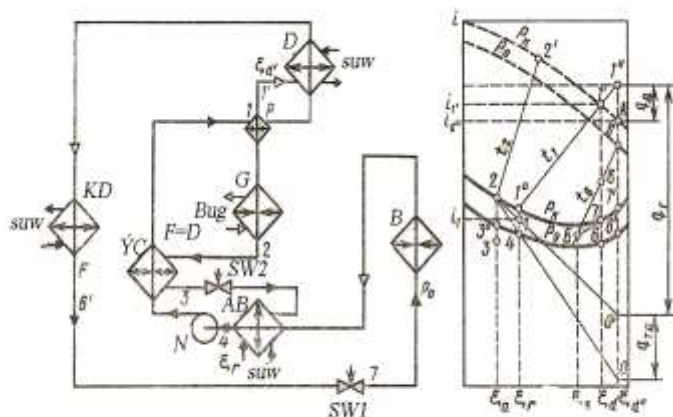
1kg degişli ýylylyk akymlar üçin absorbsion maşynyň ýylylyk balansy (sur. 64. b):

$$q_0 + q_g = q_k + q_a,$$

Absorbsion sowadyjy maşynyň termodinamiki effektiwlik derejesi ýylylyk koeffisient arkaly häsiýetlendirilýär.

$$\zeta = q_0/q_g$$

Absorbsion



Sur. 65. Ýylylyk çalşyjy, rektifikatorly we deflegmatorly absorbsion suwammiakly sowadyjy maşyn

sowadyjy maşynyň shemasyna erginiň ýylylyk çalşyjsyny (ÝÇ), rektifikatory (R) we deflegmatory (D) goşup, onuň işini ep-esli gowulandyrmak mümkin (sur. 65. a). Generatordan çykýan gowşak erginiň temperaturasy t_2 (ξ -i diagrammada 2 nokat, sur. 65. b), AB alynan güýçli

erginiň temperaturasyndan t_4 (nokat 4) ýokary. Ýylylyk çalşyjyda bir tarapdan generatordan absorbere barýan gowşak gyzzgyn ergin hereketlenýär, beýleki tarapdan – absorberden generatora barýan güýçli sowuk ergin akýar, şeýle ýagdaýda gowşak ergin sowayar, güýçli ergin aşa gyzdrylýar, netijede generatorda ýylylygyň sarp edilmesi we absorberden aýyrylan ýylylygyň mukdary kemelýär. Ýylylyk çalşyjdanda çykanda gowşak erginiň konsentrasiýasy üýtgemelýär, onda onuň ýylylyk çalşyjdanda soňky ýagdaýy t_3 izoterma bilen hemişelik konsentrasiýanyň ξ_a çyzygynyň kesişmesinde diagrammadan kesgitlenilýär. Ýylylyk koeffisient

$$\zeta' = q_0/q_g = q_0/(q_g - q_{y.c}) > \zeta$$

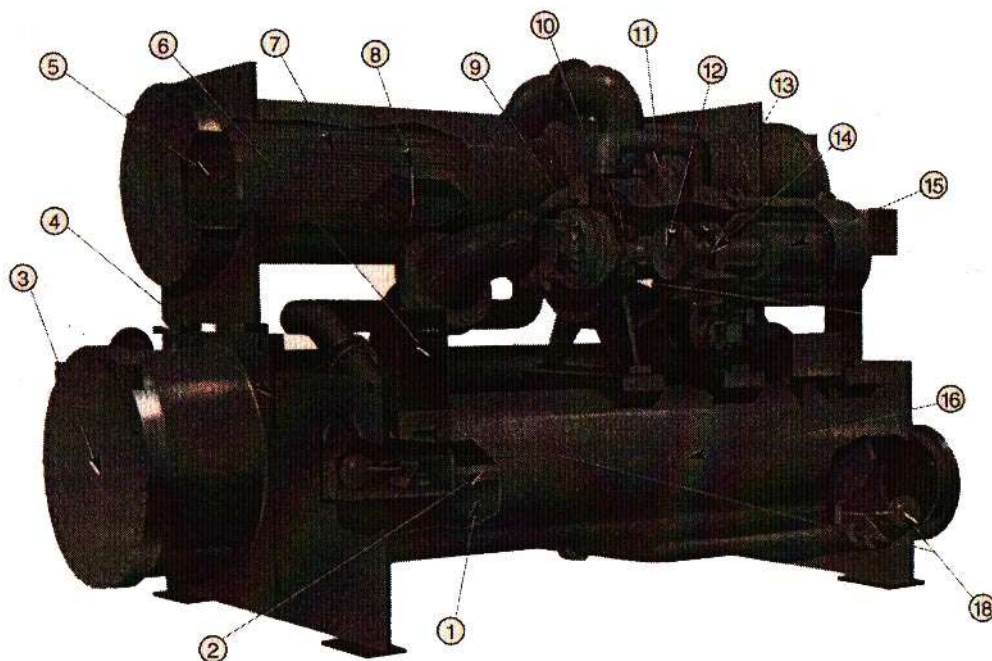
Bugun konsentrasiýasyny artdyrmak üçin rektifikator (R) ulanylýar, onda suwammiakly buglar güýçli ergin arkaly sowadylýar. Netijede suw bugun ep-esli bölegi kondensirlenýär we güýçli ergin bilen gyzdryja akýar, ýokary konsenrasiýaly suwammiakly bug rektifikatordan deflegmatorda ugrukýar, bu ýerde suwda sowayar. Deflegmatorda bugun konsenrasiýasy $\xi_{d'} = 0.996$ çenli ýitirilýär, bölekleyin kondensirlenen suwammiakly bug flegma görnüşde R arkaly generatora akýar.

Kondensatora gelýän bugun konsentrasiýasynyň artmagy udel massaly sowuköndüriligiň artmagyna getirýär. Sur. 65, b 8–6 kesik maşyn rektifikatorsyz işlände q_0 ululygy şekillendirýär, 8'–6' kesik – deflegmatorda işlände. Suw arkaly bugun deflegmasiýasynda gyzdryjyda sarp edilýän ýylylygyň mukdary artýar.

Suwuk erginiň başlangyç we ahyrky konsentrasiýasynyň ahyryndaky tapawut ($\xi_r - \xi_a$) gazsyzlandyrma (degazazirleme) meýdany diýilip atlandyrylýar, ol bir basgançakly absorbsion maşyny gaýnama temperaturanyň giň araçäkde ulanylmagyň meýdanyny kesgitleýär. Has durnukly iş üçin ol suwammiaakly üçin 0.08 we brom-litili maşyn üçin 0.04 pes bolmadyk çäklerde saýlanylmaly.

8. SOWADYJY MAŞYNYŇ ELEMENTLARINI AGREGATLAŞDYRMAK

Agregatlaşdyrmak – sowadyjy maşynlaryň aýry esasy we kömekçi enjamlaryny (sur. 66), şeýle-de dolandyryş, awtomatizirleme, sowatmak we ş.m. ulgamlaryny bir topluma birikdirmek. Şeýlelikde, sowadyjy agregat diýip, sowadyjy maşynyň birnäçe esasy we kömekçi enjamlaryny ýeke-täk topluma



Sur. 66. Carrier firmasynyň agregatlaşdyrylan sowadyjy maşyny: 1 – HFC-134a refrigerant (ftoruglewodorod 134a); 2 – fazaara ýylylykçalsyjy; 3 – diňiz suwy üçin zerur bolmadyk toplum; 4 – modulyň aýry elementi; 5 – kondensatoryň trubaly kollektory; 6 – barlagyň mikroprocessor ulgamy; 7 – kondensatoryň trubalar toplumu; 8 – diafragma; 9 – iki basgançakly radial kompressor; 10 – ok güýçleri aýyrmak üçin gurluş; 11 – berkidiji plita; 12 – reduktor; 13 – podşioonik; 14 – mufta; 15 – germetik ýerine ýetirilen elektrik hereketlendiriji; 16 – suwuk sowadyjy jisimi saklamak üçin resiwer; 18 – derejäni barlamagyň ýüzgüçli ulgamy

birikdirilmesine aýdylýar. Sowadyjy maşynlaryň topluma birleşen enjamlaryny we ulgamlaryny ulanyja getirip bermek birnäçe wajyp artykmaçlyga eýe:

- abatlama işleri düýpli azalýar we ýönekeýleşýär;
- birleşdiriji elementleri we düwünleri taýýarlamak (mysal üçin, kompressoryň we hereketlendirijiniň walyny sazlamak) we laýyk getirmek zawod şertlerinde ýokary derejeli hünärmenleriň we ýöriteleşdirilen hem-de ýokary tehnologiýaly enjamlaryň kömeginde ýerine ýetirilýär;
- agregaty hasaplama kada getirmek bilen olaryň her biriniň synag we sazlama işleri ýokary derejede amala aşyrylýar;
- sowadyjy maşyny düzüji elementleriň we elementleriň özüniň ýokary unifisirlemesine ýetilýär; bu öz gezeginde öndürmeklige, bejergi işlerine we hyzmat etmekligine edilýän çykdaýjylary kemeltmäge mümkinçilik berýär;

- ätiýaç bölekleriň sanawy azalýar, bejergi işleri aýry bölegiň çalşyrylmagy arkaly amala aşyrylýar;
- desgalaryň material sygymlylygy we göwrümi (gabariti) kemelýär;
- desganyň göwrüminiň kemelmeginiň hasabyna birikdiriji trubageçirijileriň uzynlygy gysgalýar, diýmek, sowadyjy trubalar boýunça sowadyjy jisimler geçende basyşyň ýitgileri we daşky gurşaw bilen ýylylyk çalşygy azalýar; trubageçirijilerde basyşyň ýitgileriniň duýarlyk ýitgileri we onuň daşky gurşaw bilen ýylylyk çalşygy tutuşlygyna alynanda sowadyjy maşynyň işleýiş effektiwliginiň peselmegine getirýär;
- sowadyjlary taslamagyň prosesleri ýönekeýleşýär.

Ähli elementleriň bir topluma birikdirilmegi agregatlaşdyrylan sowadyjy maşynlaryň emele gelmegine getirýär. Köplenç agregatlaşdyrylan sowadyjy maşynlar sowuklygyň kiçi zerurlyklarynda we bugardyjynyň we kondensatoryň ýakyn ýerleşdirmegiň mümkinçiliklerinde ulanylýar. Mysal üçin, aýnada ýeleşdirilýän kondisionerler bir agregatda ýyganan sowadyjy maşynlaryň ähli elementlerini özünde saklaýar. Durmuş zerurlyklar üçin sowadyjy maşynlary ulanmagyň zerurlyklarynda, howany kondisionirmek we ş.m. üçin desganyň sesiniň derejesiniň talaplary boýunça goşmaça talaplar göz önüne tutulyp bilner.

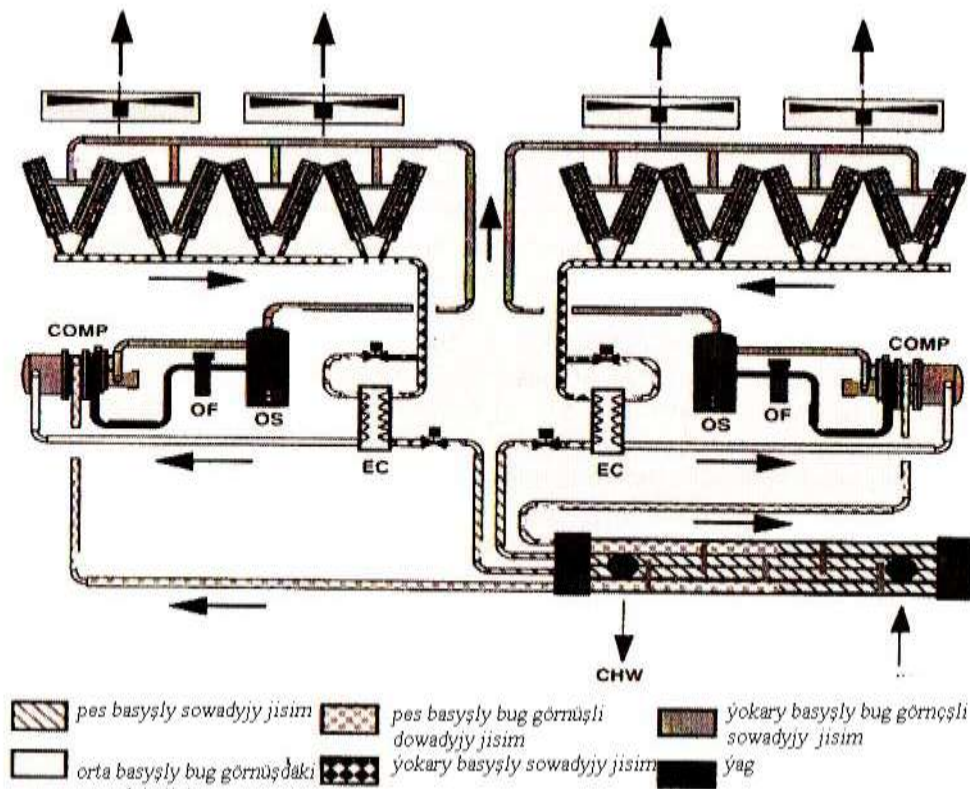
Agregatlaşdyrylan sowadyjy maşynlar we kompressor-kondensatorly agregatlar bir ýa-da iki parallel garaşsyz sowadyjynyň aýlawyna eýe bolup bilerler, her bir aýlawda bir ýa-da iki kompressor (meňzeş ýa-da dürli sowuköndürijilikli) oturdylyp bilner. Bu sowuk üpjünçiliginiň üýtgeýän kadasynda aýlawy ýa-da kompressory togtadyp, aýlawda maşynyň sowuköndürijiliginiň başgançakly dolandyrylmasyny amala aşyrmaga mümkinçilik berer. Ýokarda belleniip geçilişi ýaly, kompressoryň öndürijiliginiň üýtgemegi bu çäräni amal etmek boýunça tehniky kynçylyklaryň birnäçesi bilen bagly we şol sanda kompressoryň iş kadasynyň üýtgemegi kondensatorda we bugardyjyda basyşyň we temperaturanyň üýtgemegine getirýär. Parallel aýlawlaryň we parallel kompressorlaryň gurulmagy sowadyjy maşynyň sowuköndürijiliginiň üýtgemek meselelerini çözmäge mümkinçilik berýär. Agregatlaşdyrylan ýa-da toplumly sowadyjy maşynlar birlik agregat ýa-da daşamak we hyzmat etmek amatlyklaryny üpjün etmek üçin birnäçe böleklerde getirilip bilner.

Agregatlaşdyrmagyň derejesi sowadyjy maşyny ulanmagň şertlerinden (ýagny, bilelikde ýerleşdirmegiň mümkinçiliklerinden, mysal üçin, bugardyjy we kondensator), öndürijiniň göteriji-ulag enjamlarynyň we abatlaýyş guramalaryň we çäklendirilen göwrümleriň (awto we demirýol ulaglary, şeýle-de deňiz ulaglary arkaly ýük daşamagyň düzgünleri tarapyndan kesgitlenilen göwrümler) mümkinçiliklerinden kesgitlenilýär.

Kompressorly sowadyjy maşynlarda agregatlaryň indiki görnüşleri ulanylýar:

- kompressorly;
- kompressor-kondensatorly;
- kompressor-bugardyjyly;
- kondensator-bugardyjyly.

Kompressor agregatyň düzümine kompressor we zerur barlag we gorag abzally hereketlendiriji (priwod) girýär. Sowadyş ulgamlary, sowadyjy jisimden ýagy bölüp aýyrmagyň we ony aýlawa gaýdyp getirmegiň ulgamlary we ş.m. hem kompressor agregatyň düzümine girip biler. Kompressor agregat birnäçe parallel utgaşdyrylan ýa-da aýry kompressorlar dan (sur. 67) durup biler. Şeýle agregatlar sowugy ulanmagyň üýtgeýän şertlerinde sowadyjy maşynlary ulanmakda ulanylýar. Sowugyň zerurlyklary üýtgände parallel utgaşsyrylan kompressorlaryň bir böleginiň işi togtadylýar. Agregata kompressorlaryň her biri awratynlykda girende olaryň her biri hususy sowadyş aýlawyna eýe bolýar. Sowuklygyň zerurlyklary üýtgände öz sowadyjy aýlawlary bilen birlikde kompressorlar togtadylýar.



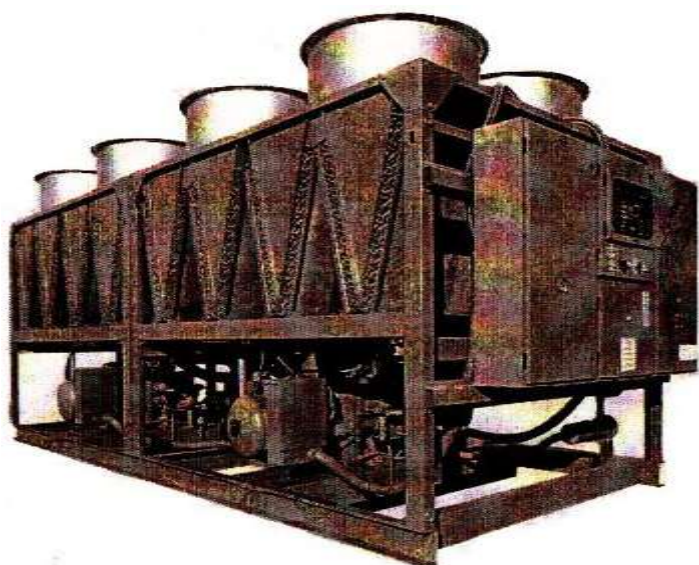
Sur. 67. Iki konturlysowadyjy maşynyň shemasy;
OF – ýag süzgüji; OS – ýag bölüji; EC – ekonomayzer;
COMP – kompressor; CHW – sowadylýan suw

Kompressor-kondensatorly agregatlar beýleki enjamlara bugaryjyny golaý ýerleşdirmek mümkinçiligi bolmadyk halatynda ulanylýar. Sowatmagyň şertlerinden baglylykda howa we suw bilen sowadylýan kompressor-kondensator agregatlary tapawutlandyrylar. Bugardyjy (ýa-da bugardyjylar) sowugy ulanmagyň şertleri boýunça bu ýagdaýda beýleki enjamlardan käbir uzakda ýerleşmeli. Sowugy ulanyjylaryň birnäçesi sowadyjy jisimiň kömegi bilen merkezleşdirilen sowuk üpjünçiliginde bu ýagdaý döreýär. Howany kondisionirlemegiň ugurlarynda bu ýagdaý üçin split-ulgamlar gulluk edip biler. Kondensatory howa bilen sowadylanda kompressor-kondensatorly toplum jaýyň daşynda ýerleşýär, bugardyjy (bugardyjylar) – hyzmat edilýän jaýlarda. Düzgüne

laýyklykda, şeýle agregatlar 20kWt çenli sowuköndürijiligiň araçäklerinde taýýarlanylýar; uly sowuköndürijiliklerde birlik agregatlaryň göwrümleri we massasy artýar.

Suw arkaly sowadylýan kompressor-kondensatorly agregatlar sowuköndürijiligiň uly araçäkleri üçin taýýarlanylýar we özüniň düzüminde resiwerlere, şeýle-de sowadyjy jisimden baglylykda regeneratiw ýylylyk çalşyja eýe bolup biler. Toplumyň düzümine zerur kömekçi enjamlar hem girýär.

Kompressor-kondensatorly agregatlar köplenç kondensator toplum maşyn bölümiň daşynda ýerleşdirilende ulanylýar. Mysal üçin, howa bilen sowadylýan kondensatorlarda.



Sur. 68. York firmanyň kondensatory howa bilen sowadylýan iki konturly kompressor-kondensator agregatyň daşky görnüşi

Kondensator-bugardyjyly agregatlar aralyk sowuk göterijili sowuk üpjünçiliginiň ulgamlarynda we kondensatory we bugardyjyny bir toplumda ýerleşdirmek mümkinçiligi bar bolanda ulanylýar. Kondensatordan we bugardyjydan başga-da, kömekçi enjamlary (suwuk fazany bölüjini, regeneratiw ýylylyk çalşyjyny we ş.m.); barlag, gorag, duýduryjy we dolandýrmagyň awtomatizirlenen abzallaryny we ş.m. girýär. Bugardyjy köplenç toplumyň aşaky böleginde ýerleşýär.

9. SOWADYJY MAŞYNYŇ ARMATURASY WE TRUBAGEÇIRIJILER

Trubageçirijiler we armatura sowadyjy maşynyň aýry elementlerini umumy tehnologik topluma birleşdirýär we işçi gurşawlaryň maksadaokgunly hereketlenmegi we hereketlenýän akymalaryň häsiýetnamalarynyň üýtgemegi üçin niýetlenen. Ýerine ýetirýän wezipesi boýunça sowadyjy maşynlaryň trubageçirijileri tehnologiki bolup durýar, olar boýunça sowadyjy jisimiň akymalary (suwuk, bug görnüşinde we bug-suwuklyk görnüşinde), sowugy göterijiler, sowadylýan we sowadyjy gurşawlar (suwuk ýa-da gaz görnüşindäki ýagdaýda) ýag we ş.m. hereketlenýär. Trubageçirijiler göni bölümlerden, birleşdirijilerden, şekil(fason) böleklerden, berkidijilerden, temperatura sozulmalaryny kompensirleýjilerden, kollektorlardan we ş.m. durýar. Armaturalary zapor, sazlaýjy, barlag, goraýyş we gorag görnüşlere bölmek mümkin.

Zapor armatura (wentiller, zadwižkalar, kranlar, zaslonkalar, klapanylar) geçýän gurşawyň aňryçäk sarp edilýän bahasyna ýetmek üçin niýetlenen, onuň iş organlary doly açyk we ýapyk ýagdaýda bolup biler. Sazlaýjy armatura akymyň parametrleriniň berlen pursatda haýal üýtgemegi üçin niýetlenen. Bu pursatda, onuň ýerine ýetirýän wezipesinden baglylykda akymyň parametriniň üýtgemeginiň tizligi giň çäklerde bolup biler. Sazlaýjy armatura hökmünde şol biratdaky gurluşlar (wentiller, zadwižkalar, kranlar, zaslonkalar) ulanylýar, emma olar geçiriş bölekleri dürli talaplarda taýýarlanylýar we taslanylýar. Barlag armatura işçi gurşawyň parametrlerine gözegçilik (bargar) etmek üçin niýetlenen. Oňa serediş penjireler, dereje görkezijiler, datçikleri (temperatura, basyş, nusga alyş we ş.m.) utgaşdyrmak we ýerleşdirmek üçin dürli gurluşlar degişli. Goraýyş armatura (goraýyş klapany) aňryçäk ýagdaýlardan (basyşyň ýokarlanmagyndan, temperaturanyň ýokarlanmagyndan we ş.m.) enjamy goramak üçin niýetlenen. Gorag armaturalara ilki bilen ters klapany degişli. Bu klapany ters ugurda maddanyň akymynyň hereketiniň önüni alýar.

Trubageçirijiler we armaturalar diametr, diwaryň galyňlygy, geçýän gurşawyň temperaturasynyň üýtgemeginiň ýol berilýän araçäkleri we işçi basyşy bilen häsiýetlendirilýär.

Trubageçirijiniň we armaturanyň görnüşini saýlamakda geçýän gurşawyň häsiýetnamasy, ýagny onuň materiallara gatnaşygy boýunça aggressiwlik derejesi, zäherleýjiligi, partlama- we ýangyn howplylygy, ykdysady howplylygy, akyjylygy, wajyp orny eýeleýär. Geçýän gurşawyň bu häsiýetnamalaryndan baglylykda trubageçirijileri toparlara bölýärler. Trubageçirijiniň toparyndan baglylykda oňa abatlama, synag etmek we ulanmak boýunça dürli talaplar goýulýar.

10. SOWADYJY MAŞYNLARYŇ ENJAMLARYNYŇ WE TURBAGEÇIRIJILERINIŇ ÝYLYLYK GORAGLARY

Sowuk we gyzgyn üstleriň ýylylyk goraglary daşky gurşaw bilen olaryň ýylylyk energiýa çalşygynyň intensiwligini peseltmek üçin niýetlenen. Ýylylyk goraglary hereket edýän kadalara we düzgünlere laýyklykda, şeýle-de enjamlary ulanmagyň kesgitli ýagdaýlaryny we ulanyjy guramanyň we enjamy öndürijiniň hödürnamalaryny hasaba almak bilen gurnalýar. Eger-de trubageçirijiler we enjamlar ýylylyk goraglary bilen üpjün edilse, onda armaturalar, kompensirleýjiler we ş.m. hem ýylylyk goraglar bilen üpjün edilmeli.

Sowadyjy sikl boýunça geçýän işi jisime ýylylyk akymalaryň täsir etmegi sowadyjy maşynyň termodinamiki effektivligini peseltýär.

Ýylylyk goragynyň konstruksiýalary materiallary indiki talaplary kanagatlandyrmaly:

- kesgitli temperatura kadada ýylylyk akymyň berlen ýa-da kadalaşdyrylan dykzylygyny üpjün etmek;
- ulanma prosesinde we adatdan daşary ýagdaýlarda erbet ysly, zyýanly, ýangyn we partlama howply maddalaryň ýol berilýän konsentrasiýasyndan geçýän mukdarynyň bölünmegini aýyrmak;
- gorag konstruksiýanyň beýleki elementlerine ýa-da goraýjy konstruksiýa agressiw täsir etmezlik;
- abatlama we ulanma işlerinde tehnologik bolmak;
- ulanma prosesinde kesel dörediji mikrofloranyň bölünmesini ýok etmek.

Konstruksiýasynyň we ýerine ýetirýän wezipesiniň meňzeşliginde sowuk we gyzgyn üstleriň ýylylyk izolýasiýasy iş şertlerinde düýpli tapawutlanýar. Bu ilki bilen ýylylyk akymyň ugry we emele gelýän temperatura meýdanlaryň aýratynlyklary bilen baglanyşykly. Sowuk trubageçirijileriň we enjamlaryň ýylylyk goragynda konstruksiýanyň (ýylylyk goragly) daşky üstüniň temperaturasy daşky gurşawyň temperaturasyndan pes. Bu ýylylykdan goragly konstruksiýanyň üstünde çyglylygyň kondensirlenmegine getirip biler.

Konstruksiýanyň sowuk üstüniň goragynyň ulanmasynyň temperatura kadasy derňelende suwuň we onuň bugunyň öwrülmeğine, şeýle-de termodiffuziýa we grawitasion diffuziýa üns berip derňemeli we hasaba almaly. Erkin damjaly çyg grawitasion güýjüň täsiri astynda berlişýän kapilýarlar arkaly ýokardan aşak geçýär. Bu prosese kapilýar güýçler we kapilýaryň diwarlary bilen suwuň fiziki täsiriniň güýji goşulýar. Suwuň bug fazasynyň hereketi bug giňişlikde buguň konsentrasiýasynyň tapawudynyň täsiri astynda artykmaçlyga eýe bolýar. Şu ýerde howada suw buglaryň konsentrasiýasynyň howanyň çyglylygyndan baglylygyny belläp geçmeli, we howanyň temperaturasy näçe pes bolsa, şonça-da pes. Belenlip geçilenler netijesinde, bu geçmäniň ugrunuň wektory daşky howadan konstruksiýanyň içine has artykmaç, we ters ugurda diňe daşky howanyň temperaturasy goragly üstüň temperaturasyndan pes bolanda mümkin. Termodiffuziýanyň netijesinde buglaryň akymy temperaturasy has ýokary meýdandan temperaturasy has pes meýdana ugrukdyrylan.

Şeýlelikde, seredilen prosesler çyglylygyň daşky howadan gorag konstruksiýanyň içine geçmekligine ýardam berýär. Esasan bu hadysalar ýylylyk gorag gatlagynyň ýokary geçirijiliginde howply. Üçli nokadyň temperaturasyndan pes temperaturanyň zonasyna ýetende suw buglary kondensirlenýär. Otrisetel temperaturalaryň meýdanynda suw doňýar. Çyglylygyň kondensirlenmek we doňmak hadysasy onuň gorag konstruksiýasynda ýygnanmagyna we konstruksiýanyň ýylylykdan gorag alamatlarynyň peselmegine getirýär. Suwuň doňmagy konstruksiýanyň бүтewiliginiň bozulmagyna getirip biler. Gorag konstruksiýalara çyglylygyň barmaklygyny çäklendirmek üçin bug izolýasiýa gatlagyny ulanmak mümkin.

Ýokarda bellenilip geçilenleriň netijesinde ýylylyk izolýasiýa gatlagy indiki elementlerden durýar:

- ýylylyk goragynyň gatlagy;
- armirleýji we berkidiji detallardan;
- bug goragynyň gatlagy;
- örtüji gatlakdan.

Trubageçirijiniň we enjamyň üstüniň ýylylyk goragynyň poslama garşy örtügi gorag konstruksiýanyň düzümine girmeyär diýilip kabul edilen. Örtük gatlagy konstruksiýany mehaniki zeper ýetmelerden we daşky gurşawyň zerur bolmadyk täsirlerinden goramak üçin niýetlenen. Armirleýji we berkidiji detallar konstruksiýa goşmaça berkligi we durnuklylygy berýär.

Örtük gatlagy hökmünde alýumin listler we lentalar; sinklenen ýuka gatlakly polat; adaty hildäki ýuka gatlakly polat we ş.m. ulanylýar. Ýylylyk goragynyň materiallarynyň sanawy örän giň we mineral we aýna pamygyndan edilen önümler, penoplastlary, penopolistirollary, we penopoliuretanlary we ş.m. taýýarlanan önümleri öz içine alýar. Soňky ýyllarda 160 mm çenli diametrli trubageçirijileriň ýylylyk goragy üçin kauçugyň we polietileniň esasyndaky maýyşgak elastomerler ulanylýar.

Ýylylyk goragy üçin ulanylýan materiallaryň dyklylygy 200kg/m^3 ýokary däl, ýylylyk geçirijiligiň koeffisientiniň hasaplanyş bahasy $0.07\text{Wt/(m}\cdot\text{K)}$.

Ýylylykdan goraýjy materiallaryň zerur hasaplamalaryny ýerine ýetirmek kynçylyk döretmeyär we ýörite edebiýatlarda getirilýär.

11. SOWUGY ULANYJYLAR

Sowugy we pes temperaturaly tehnologiýalary has köp ulanyjylara iýmit önümlerini saklamak we gaýtadan işlemek üçin kärhanalar; himiýa, biologiýa we lukmançylyk senagatynyň pudagy, şeýle-de durmuş we söwda ugurlary degişli. Sowadyjy kärhanalar (sowadyjylar) sowugy ulanyjylaryň has ululary bolup durýar we tiz zaýalanýan önümleri sowatmak, doňdurmak we saklamak üçin niýetlenen. Ýerine ýetirýän wezipesinden baglylykda sowadyjylar önümçilik, bazis, paýlaýjy, port, söwda, ulag we durmuş sowadyjylaryna bölünýär. Önümçilik sowadyjylary saklamaga niýetlenen önümleriň öndürilýän ýerlerinde ýerleşdirilýär. Bazisli sowadyjylarda döwlet atyýaçlygyndaky önümler degişli. Paýlaýjy sowadyjylarda öndürilişi periodiki ýa-da möwsümleýin häsiýete eýe bolan önümleriň atyýaçlyklary saklanylýar. Beýleki sowadyjylaryň ýerine ýetirýän wezipesi adyndan belli. Sowadyjynyň ýerine ýetirmeli wezipesi ony taslamagyň, enjamlaryny saýlamagyň we ony ulanmagyň kadasynyň talaplaryny kesgitleýär.

11.1. Sowadyjy kärhanalary meýilleşdirmek

Sowadyjynyň gurluşygy, edil beýleki kärhanalar ýaly, jikme-jik taýýarlygyň esasynda amala aşyrylýar. Taýýarlyk işlerine girýär: sowadyjyny gurmaklygyň zerurlygynyň esaslandyrylmasy; sowadylýan bölümleriň sygymynyň hasaplamasy; tehnologiýa talaplaryň işlap taýýarlanylmasý; ýük dolanşygynyň shemasy; gurluşuk ýerini saýlanylmasý; gurluşyk meýdanyň ýerleşjek ýerinde geologiýa derňewler we ş.m. Gurluşyk taslamasyny işläp taýýarlamak hereket edýän kadalarynyň we düzgünleriň, wedomstwolaýyn normatiw dokumentleriň şeýle görnüşdäki gurluşyklary gurmak we ulanmak tejribesiniň barlygynyň esasynda taýýarlanylýar. Dürli wezipelere niýetlenen sowadyjylaryň sowadylýan bölümleriniň jemleýji sygymynyň nusgalary esasynda işlenilip taýýarlanan nusgalyk taslamalary ulanmak, taslamagyň çykdaýjylaryny we wagtyny düýpli gysgaltmaga mümkinçilik berýär.

Sowadyjynyň meýilnamasy tehnologiýa talaplaryň we ýük dolanşygynyň taslama shemasynyň esasynda amala aşyrylýar. Bu döwürde jaýyň tehnologiýa prosesini, olaryň meýdanyny we mukdaryny amal etmek üçin zerur sanawlar bellenilýär. Sowadyjynyň we onuň jaýlarynyň meýilnamasy düzülende diňe tehnologiýa soraglar çözülmeyär. Meýilnama sowadyjynyň ýylylyk balansyna düýpli täsir edip biler, degişlilikde, bu parametr arkaly onuň ykdysady görkezijilerine hem täsir edip biler. Sowadyjynyň meýilnamasy işlenilende köp soraglaryň hasaba alynmak zerurlygy bu meselä ulgamlalaýyn seretmekligiň wajyplygyny görkezýär, şunuň bilen baglanyşyklykda ýeke-täk dogry çözüdi almak örän kyn. Ýokarda getirilen sebäplere görä diňe umumy talaplary kesgitlemek mümkin, bu talaplaryň ýerine ýetirilmegi sowadyjynyň meýilnamasynyň amatly çözümlerine getirer:

- meýilnama saklanylýan önümleriň görnüşine we mukdaryna laýyklykda önümleriň saklanmak, gaýtadan işlenmek, saklanylýan önümleriň geçirilmegi boýunça kabul edilen tehnologiýa prosese maksimal gabat gelmeli;

- meýilnama elýeterli gurluşyk konstruksiýanyň we önümleriň ulanylmagy arkaly gurluşyk çykdaýjylaryň peselmegine maksimal mümkinçilik bermeli;
- sowadyjy gapylaryň minimal mukdaryny saklamaly;
- sowadylýan jaýlar umumy “sowuk” topluma birleşdirilmeli;
- sowuk toplumyň perimetri boýunça tehniki we kömekçi jaýlaryň ýerleşdirilmegi daşky howadan gelýän ýylylyk akymlyary kemeltmäge we sowadyjynyň elektrik energiýasyna çykdaýjylaryny azaltmaga mümkinçilik berýär.
- sowadylýan jaýlara ýylylyk akymlyaryň gelmegini kemeltmek üçin normatiw kadalara laýyklykda gapylarda we tamburlarda howa akymlyary we ýumşak materiallardan tutular bolmaly;
- meýilnama howpsuz işleri geçirmegiň şertlerini we adatdan daşary ýagdaýlarda işgärleri daşary alyp çykmak mümkinçiligi üpjün etmeli.

Sowadyjynyň jaýlarynyň meýilnamasy boýunça işler tamamlanandan soňra onuň ýagtylygyň düşýän taraplary boýunça ýerleşdirilişini dogry saýlamaly. Ýagtylygyň düşýän taraplary boýunça jaýyň ýerleşşi gapdal çäklendirijiler arkaly gün radiasiýasyndan gelýän ýylylyk akymlyaryna täsir edýär we tekiz üstde ýokarky gatyň bassyrmasy arkaly gelýän ýylylyk akymlyara täsir etmeýär.

11.2. Sowadylýan jaýlaryň izolýasiýasy

Sowadyjylaryň çäklendiriji konstruksiýalaryna ýa-da onuň aýry elementlerine pes we ýokary temperatura täsir edýär, gurluşyk materiallaryň öýjükleri arkaly suwuk we bug halyna çyg geçýär, daşky üstlere gün şöhleler we howa akymlyary täsir edýär. Daşky howanyň täsiri howa kadalaryndan kesgitlenilýär: şemalyň tizliginden we ugrundan; ygallaryň görnüşinden we ugrundan. Ýangyn şertlerinde çäklendirijiler uly ýylylyk täsirine sezewar bolýarlar, maşyn bölümünde awariýa bolanda zyýanly gurşawlaryň täsirleri mümkin. Şol sebäpden çäklendirijileriň konstruksiýasy daşky we içki täsirlere durnukly bolmaly.

Daşky gurşawdan gelýän ýylylyk akymlyary kemeltmek üçin çäklendirijilerde ýylylykda goraýjy materiallaryň gatlagy goýulýar. Sowuklygy öndürmegiň düşýän gymmaty ýylylygy öndürmegiň gymmatynda has ýokary. Şonuň üçin sowadylýan jaýlar taslanylanda çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň soraglaryna uly üns berilýär.

Ýylylykdan goragyň gymmaty sowadyjynyň gurluşygyna edilýän çykdaýjynyň 25...40% düzüp biler. Ýylylyk goragynyň bolmagy sowadylýan jaýlaryň talap edilýän temperatura kadasyny doly üpjün edip bilmeýär. Çäklendiriji zerur ýylylyk inersiýa (ýylylyk durnuklylyga) hem eýe bolmaly. Sowadyjynyň sowuk jaýlarynyň daşky çäklendirijileriniň ýylylyk goragynyň ýeterlik bolmazlygy daşky üstlerde çyglylygyň kondensirlenmegine getirip biler.

Gurluşyk konstruksiýalaryň çyglylygynyň ýokarlanmagy oňa erbet tasir edip biler. Gurluşyk materiallaryň çyglanmagy olaryň ýylylyk geçirijiliginiň artmagyna getirýär, degişlilikde, ýylylyk goragynyň hiliniň peselmegine getirýär; bu öz gezeginde daşky gurşawdan gelýän ýylylygyň artmagyna we sowugy öndürmek üçin elektrik energiýanyň artykmaç sarp edilmegine getirýär. Ýylylyk goragynyň

gatlagynyň çyglylygy ýokarlananda sowadyjynyň ýylylyk kadasyna çyglylygyň tasiri has oňat bildirýär. Otrisatel temperaturalarda sowadylýan jaýlara golaý gurluşyk konstruksiýalaryň içki gatlaklary hem otrisatel temperatura eýe bolýar. Gurluşyk konstruksiýanyň temperaturasy, hiç bolmanda, ýylyň yssy döwründe, içki howadan daşky ugura artýar. Gurluşyk konstruksiýalar boýunça daşky howadan içkä geýän çyglylyk aýry böleklerde kondensirlenip we jemlenip biler, otrisatel temperaturaly ýerlerde doňup hem biler. Buzuň emeler gelmegi doňuň jemlenen ýerinde konstruksion materiallaryň dargamagyna hem getirip biler. Bu hadysanyň sebäpleri indikide: suwuň göwrümleýin massasy $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$, buzunň göwrümleýin massa $0,907 \dots 0,917 \text{ kg/m}^3$. Doňan wagty suw giňelýär, we öýjügiň çyglylygy ýeterlik doýgun bolanda emele gelýän buz giňelip öýjüklü jisimiň bütewiligini bozýar. Gurluşyk konstruksiýalarda çyglylygyň geçmeginiň sebäpleri:

- gurluşyk konstruksiýanyň dürli böleklerinde bugunň konsentrasiýasynyň tapawudy (konsentrasiýaly diffuziýa);
- temperaturalaryň tapawudy (termodiffuziýa);
- öýjügi doldurýan howanyň göwrüm massasynyň tapawudyndan döreýän, öýjüklerdäki çyglylygyň we howanyň bilelikdäki syzyp geçmeleri;
- grawitasiýa ýa-da şemalyň basyşynyň täsiri netijesinde howanyň statiki basyşynyň tapawudy we ş.m.

Suwuk fazada çyglylygyň geçmegi kapilýar hadysa sebäpli hem döreýär. Kapilýar güýçleriň täsiri netijesinde suw betonyň kapilýarlary boýunça 3 metre çenli beýiklige galyp bilýänligi belli. Öýjüklerde emele gelýän çyglylyk himiki birleşmeleri hem emele getirip biler. Kapilýarlar boýunça çyglylygyň gurluşyk materiallaryň ýylylyk goragyna we konstruktiv alamatlaryna edýän täsirini kemeltmek üçin bug goragynyň gatlagy goýulýar.

Gurluşyk konstruksiýalarda buzunň emele gelmegi öýjüklere çyglylykdan doýdun bolanda has howply. Doňma prosesinde suwuň giňelmegi bu ýagdaýda jisimiň öýjükleleriniň dargamagyna getirýär. Bu hadysadan goramak üçin bug goragynyň gatlagy we ýylylyk goragynyň gatlagy goýulýar. Birinji gurluşyk konstruksiýa gelýän çyglylygyň intensiwligini peseltýär, ikinji çäklendirijiniň konstruktiv gatlaklarynda has ýokary temperaturany üpjün edýär we şeýlelikde buglaryň doýdun ýagdaýa gelmeginiň we öýjüklerde onuň kondensirlenip başlanmagynyň önüni alýar.

Çyg gurluşyk konstruksiýalara ýagyş ýaganda, şeýle-de gar erände düşüp biler. Ýagyş gapdallaýyn akýar, gar bolsa wertikal gurluşyk konstruksiýalarda saklanmaýar. Atmosfera ýagynlaryndan gorag sowadyjynyň jaýlarynyň üsti üçin zerur. Tekiz üstlerde bu gidroizolýasiýa gatlagyň goýulmagy arkaly ýetilýär, beýleki ýagdaýlarda suw geçirmeýän örtükler boýunça suwuň akmagy üpjün edilýär. Sowadyjynyň konstruksiýasynyň ýerasty elementlerinde hem gidroizolýasiýa gatlagy talap edilýär. Ol ýerasty gurluşyk konstruksiýalara ýerasty suwlaryň, ýagyşlaryň geçmeginden goraýar.

Ýylylyk goragynyň, bug goragynyň we gidroizolýasiýa goragynyň gatlaklary olar üçin niýetlenen ýerlerde saklanylýar we konstruktiv gatlaklara berkidilip sowadyjynyň bütewiligini we durnuklylygyny üpjün edýär, onda tehnologiýa enjamlary ýerleşdirmäge we tehnologiýa prosesleri geçirmäge

mümkinçilik berýär. Sowadyjynyň gurluşyk konstruksiýasynyň ähli elementleri ýangyn ýüze çykanda, ýangyna garşy talap edilýän durnuklylyga eýe bolmaly, ýer gatlagynyň yranmasyna durnukly we adatdan daşary ýagdaýlara taýýar bolmaly.

Gidroizolýasiýa gatlagy gurluşyk konstruksiýanyň daşky üstlerinde ýerleşýär. Tehnologiki prosesler amala aşyrylanda içki jaýlarda hem gidroizolýasiýa gatlagyny goýmak talap edilýär.

Ýylylyk goragynyň gatlagynyň ýerleşmeli ýeri çäklendirijini we ilki bilen konstruksiýanyň ähli gatlaklaryny ulanmagyň oňat şertlerini üpjün etmegiň talaplaryndan ugur alynyp saýlanylýar. Çäklendirijiniň položitel temperaturaly temperatura meýdanynda ýylylyk goragynyň elementleri ýerleşende, konstruksiýanyň gatklary üçin oňat şert hasaplanylýar. Şeýle ýagdaýlarda ondaky suwuň doňmak ähtimallygy kemelýär we olary ulanmagyň möhleti ýokarlanýar. Şeýlelikde, ýylylyk goragynyň gatlagy çäklendirijiniň has pes temperaturaly tarapynda ýerleşmeli. Emma sowadyjylarda bu daşky çäklendirijileriň doňmazlygyna guwa geçip bilmeýär, sebäbi ýylyň sowuk döwründe ähli çäklendirijiler daşky howa bilen täsirleşýär, we doly otrisatel temperaturada ýerleşýär. Şunuň bilen baglanyşyklyda sowadyjynyň daşky çäklendirijilerini ulanmagyň ygtybarlygyny we uzak möhletini üpjün etmekde bug goragynyň, onuň hiliniň, şeýle-de gurluşyk konstruksiýalaryň doňa çydamlylygynyň orny ýokarlanýar.

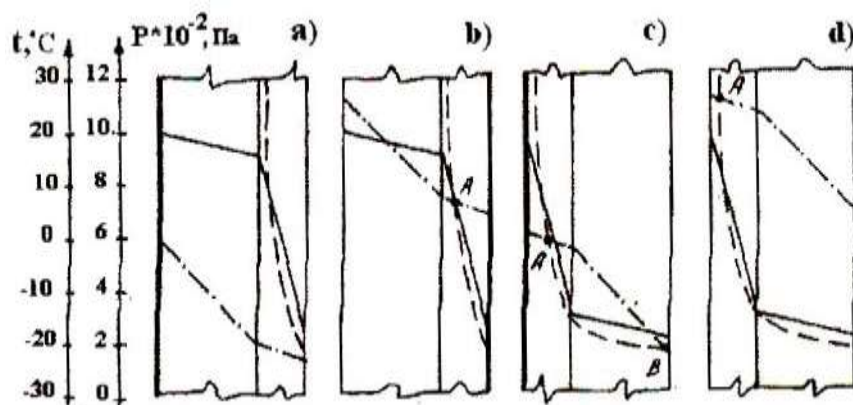
Önümi saklamagyň temperaturasy nula golaý bolan sowadylýan jaýlarda ýylylyk goragynyň gatlagynyň ýerleşýän ýerini saýlamak daşky howanyň otrisatel temperaturasynyň durmagynyň dowamlylygyny we bu görkezijiniň sowadylýan jaýda otrisatel temperaturanyň saklanylmagynyň dowamlylygy bilen deňeşdirilmegini talap edýär. Sowadylýan jaýlarda nul temperaturadan ýokary temperaturalar saklanylanda ýylylyk goragynyň gatlagyny çäklendirijiniň daşky üstünde goýmak has amatly. Pes otrisatel temperaturalarda ýylylyk goragynyň gatlagy çäklendirijiniň içki üstünde ýerleşende sowadylýan jaýyň konstruktiv gatklary oňat saklanylýar.

Ýokarda getirlen pikir ýöretmeler, konstruktiv gatklary ulanmagyň oňat temperatura şertlerini üpjün etmegiň meselerinden gelip çykýar. Aýry ýagdaýlarda ýylylyk goragynyň talap edilýän hilini üpjün etmek üçin ýylylyk goragynyň materialynyň gatlagy birnäçe gatklara bölünip bilner, we olar çäklendirijiniň dürli ýerlerinde ýerleşip biler.

Çyglylygyň geçmegini döretýän ýokarda getirlen sebäpler, bu prosesiň öran çylşyrymlydygyny görkezýär. Kapilýarlaryň üstünde çyglylygyň çökmegi hem çylşyrymly, gurluşyk konstruksiýany emele getirýän materiallara onuň täsiri, kondensasiýa we doňma prosesi hem çylşyrymly. Bu maglumatlar bug goragynyň gatlagynyň goýulmagynyň wajyplygyny we bug goragynyň gatlaklarynyň materialyna, gurluşyk konstruksiýalarda olary ýerleşdirmek işlere ýokary talaplar berilýändigini görkezýär. Bug goragynyň gatlagynyň бүтewiligi сähelçe bozulanda hem ýokarda getirlen sebäpler ýüze çykyp biler. Bu görkezmeler beýleki kapilýar-öýjükli jisimler üçin hem kanunalaýyk.

Gurluşyk konstruksiýalara çyglylygyň güşmeginiň önüni almak maksady bilen bugdan goragyň gatlagy howasynyň çyglylygy has köp bolan gurşawyň

tarapyndan goýulmaly. Pes temperaturaly sowadyjy üçin bu gurşaw daşky howa bolýar. Tomus wagtynda onda suwuň buglarynyň konsentrasiýasy $6...12 \text{ g/m}^3$ düzýär. Sowadylýan jaýlaryň içinde ($t_{iç} \approx -20^\circ\text{C}$) – 0.5 g/m^3 golaý. Ýylyň sowuk möwsümünde miweler, gök-önümler saklanylanda ($t_{iç} \approx -3...+4^\circ\text{C}$) köplenç howada suw buglarynyň has ýokary konsentrasiýasy sowadylýan jaýyň çäklendirijisiniň içki tarapynda emele gelýär. Emma bug goragynyň gatlarynyň ýerleşmegi çäklendirijä çyglylygyň düşmeginiň we onuň galyňlygynda jemlenmeginiň önüni almaýar. Bug goragynyň gatlagyndan daşky howa tarapda ýerleşen konstruktiv gatlaklarda daşky howa bilen çyglylyk çalşygy bolup geçer. Içki howa tarapda ýerleşen konstruktiv gatlaklarda hem içki howa bilen çyglylyk çalşygy bolup geçer. Konstruksiýanyň elementleriniň dargamagy üçin ýeterlik mukdarda çyglylygyň jemlenmeginiň emele gelmezligi wajyp. Çäklendirijiniň içki we daşky tarapdan bug goragynyň gatlagynyň goýulmagy içki gatlaklarda çyglylygyň jemlenmegine getirýär. Bug goragynyň bir gatlagynda çyglylygyň geçmeginiň öňi alynýar we ep-esli peseldilýär hem-de temperatura ýokarlananda çäklendirijiniň guramagyna päsgelçilik bermeýär.



Sur. 69. Ýylylyk we bug goragynyň gatlaklarynyň dürli görnüşde ýerleşen ýagdaýynda, çäklendirijiniň gatlagynda suw baglaryň temperaturasynyň we parsial basyşynyň paýlanylyşy

Çäklendirijiniň çyglylyk kadasy konstruksiýanyň gatlaklarynyň temperatura kadasyndan hem bagly. Ýylylyk goragynyň we bug goragynyň gatlaklarynyň dürli ýerlerde ýerleşýän ýagdaýynda temperaturanyň (tutuş çyzyk), doýgun ýagdaý üçin parsial basyşyň (inçe çyzyk) we sowadyjynyň ($t_{iç} = -20^\circ\text{C}$, $\phi_{iç} = 95\%$, $t_{daş} = +20^\circ\text{C}$, $\phi_{daş} = 50\%$) çäklendirijisiniň öýjüginde howasynda hakyky parsial basyşyň (inçe çyzyk we nokat) paýlanylyşy sur. 69 görkezilen. Suratda getirilen parametleri hasaplamak üçin çyglylygyň geçirilmesiniň potensialy hökmünde suw buglarynyň konsentrasiýasy dälde (ρ , kg/m^3), olaryň parsial basyşy (P , Pa) kabul edilen. Berlen ýagdaý üçin bu ululyklar çyzykly baglanyşyk, ýagny P - ρ görnüşde seredilip bilner. Sur. 69, a ýylylyk goragynyň gatlagy sowuk içki howa tarapda ýerleşen, bug goragynyň gatlagy ýyly daşky howa tarapda ýerleşen. Bu ýagdaýda gatlagyň öýjüklerinde suwuň buglarynyň hakyky parsial basyşynyň paýlanylyşynyň çyzygy doýgun basyşyň çyzyklary bilen kesişmeýär. Çäklendirijide çyglylygyň kondensirlenmegi üçin şertler döredilmeýär. Sur. 69, b ýylylyk goragynyň we bug goragynyň gatlaklarynyň sowadyjynyň çäklendirijisiniň içki tarapyndan ýerleşende

şol parametrleriň paýlanylyşy görkezilen. “A” nokatda daşky howadan içkä çyglylyk geçende hakyky parsial basyş doýgun ýagdaýa gelýär. Çäklendirijiniň bu zonasyň sag tarapynda suwuň buglary kondensirlenýär, $t < 0^{\circ}\text{C}$ temperaturada doňar. Bu ýagdaýda ýylylyk goragynyň gatlagy çyglanýar, ýylylyk goragynyň alamatlaryny ýitirýär, doňýan çyglylyk bolsa onuň düzümini üýtgetýär.

Sur. 69, c ýylylyk we bug goragynyň gatlaklary daşky howanyň tarapynda ýerleşen. Bu usulda kondensasiýa şertler “A” we “B” nokatlaryň arasynda ýerleşýär. Kondensasiýa zonanyň göwrümi giňeldi. Çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň, konstruktiv gatlaklary hem çyglanýar. Özem kondensasiýa otrisatel temperaturanyň zonasynda bolup geçýär. Kondensirlenen suw doňar we konstruksiýany dargadar.

Suratyň dördünji böleginde bug goragynyň gatlagy çäklendirijiniň içinde, ýylylyk goragynyň gatlagy çäklendirijiniň daşky tarapynda ýerleşende temperatura meýdanyň we parsial basyşyň häsiýeti getirilen. Bu ýagdaýda ähli konstruksiýanyň çyglanmak mümkinçiligi döreýär.

Sowadyjynyň çäklendiriji konstruksiýasynda ýylylyk we bug goragynyň gatlagynyň ýerleşmeginiň dürli usullarynyň netijesiniň derňewinden indiki netije gelip çykýar: ýylylyk goragynyň gatlagy pes temperaturanyň tarapynda ýerleşmeli, bug goragynyň gatlagy howanyň has ýokary çyglylykly gurşawynyň tarapynda ýerleşmeli. Köp ýagdaýlarda bu ýagdaýy amal etmek kynçylyk döretýär, sebäbi ýylyň dowamynda howanyň temperaturasy we çyglylygy üýtgäp durýar. Ýylyň yssy döwründe uly temperaturaly we çyglylykly gurşaw sowadyjynyň daşky tarapynda, sowuk döwründe içki howanyň tarapynda ýerleşýär. Şeýle ýagdaýda ýylyň dowamynda çäklendirijide ýylylyk akymyň we çyglylygyň akymynyň intensiwliginiň üýtgemesini derňemek we çäklendirijä suwuň geçmeginiň netijesinde has amatly konstruksiýany saýlamak zerur.

Çäklendirijilerde temperatura we çyglylyk meýdanlaryň emele gelmeginiň we ýylylyk we bug goragynyň gatlaklaryny saýlamaklygyň soraglaryna ýylylyk çalşygyň, ýylylyk geçirip berlişini we gurluşyk ýylylyk fizikasynyň derslerinde, şeýle-de sowadyjylary taslamak we ulanmak boýunça ýörite edebiýatlarda has giňden seredilýär. Şol sebäpden bu ýerde diňe umumy ýagdaýlar seredilen we sowadyjylarda döreýän bu ýagdaýlaryň aýratynlyklary görkezilen. Sowadyjynyň çäklendirijisinde temperatura we çyglylyk meýdanlaryň emele gelmeginde döreýän ýokary çylşyrymlylyk we köpgörnüşlilik ýörite gurama tarapyndan sowadyjylary ulanmagyň tejribelik netijeleriniň derňewini we täze taslamalary işläp taýýarlamakda we bar bolan gurluşyň durkuny täzelemekde hasaba almagy talap edýär.

Sowadyjynyň çäklendirijisiniň ýylylyk goragynyň materialy, ýokarda görkezilişi ýaly, temperaturanyň we çyglylygyň kadalarynyň üznüksiz üýtgemegi bilen şertlenen agyr şertlerde işleýär. Köplenç olar otrisatel temperaturanyň meýdanynda işleýär we olaryň öýjüklerinden geçýän çyglylygyň kondensirlenmegine we doňmagyna getirip biler. Şol sebäpden ýylylyk goragynyň materialyna ýokary talaplar goýulýar. Sowadyjylar ulanylanda bolup geçýän ýylylyk we massa çalyşygynyň prosesleriniň, şeýle-de beýleki hadysalaryň hasaba

alynmagy, ýylylyk goragynyň gatlagyndan edilýän talaplary düzmäge mümkinçilik berýär. Olardan esasylyry:

- pes ýylylyk geçirijilik;
- pes çyg çekijilik we kiçi suw siňdirijilik;
- ulanma kadalaryň ýol berilýän giň tempetatura çägi;
- ýokary doňa çydamlylyk;
- himiki inertlilik;
- hususy ys göterijileriniň ýok bolmagy we beýleki ys göterijileri siňdirmek ukubynyň ýok bolmagy;
- ýylylyk goragynyň materiallary ýanmaýan bolmaly;
- gemrijileri özüne çekmeli där we olaryň ýaşaýyş şertlerine gabat gelmeli däl;
- ulanmanyň ähli temperatura çäklerinde ýeterlik mehaniki berklige we ýylylyk goragynyň işlerinde tehnologik mümkinçiliklere eýe bolmaly;
- adama we daşky gurşawa zyýanly täsir etmeli däl, adatdan daşary ýagdaýlarda hem;
- wagt boýunça durnukly parametre we alamatlarynyň bir meňzeşligine eýe bolmaly;
- elýeterli bolmaly.

Özüniň gurluşy boýunça ýylylyk goragynyň materialy karkasdan, howadan we suwdan durýan birleşmäni emele getirýär. Olaryň pes ýylylyk geçirijiligi öndürilýän pursadynda howa bilen doldurlan öýjükleriň uly mukdarynyň emele gelmeginden alynýar. Howa adaty şertlerde $\lambda=0,023 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$ ýylylyk geçirijilige eýe. Howa bilen doldurlan öýjükleriň uly göwrümi ýylylyk materialyň göwrümdäki massasyny peseltýär. Ýylylyk goragynyň materialynda öýjükleriň göwrümi 50-den 99% çenli tutýar. Normatiw resminamalar sowadyjynyň ýylylyk goragy hökmünde ýylylyk geçirijiligi $\lambda\leq 0,06 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$ we dyklyzlygy $\rho\leq 200 \text{ kg/m}^3$ materialy hödürleýär.

Ýylylyk goragynyň materiallarynyň howa geçirijiligi wajyp görkeziji bolup durýar. Ýapyk öýjüklerde ol minimal, aýyk ugrukdyrylan öýjüklerde – süýümleriň ugrunda maksimal.

Suwuň ýylylyk geçirijiligi $\lambda\approx 0,6 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$. Bu howanyň ýylylyk geçirijiliginden 25 esse ýokary. Suw öýjükleri dolduryp, ýylylyk goragynyň materialynyň ýylylyk geçirijiligini ýokarlandyrýar. Otrisetel temperaturalaryň meýdanynda suw buza öwürülýär, onuň ýylylyk geçirijiligi $\lambda\approx 2,2 \text{ Wt/(m}\cdot\text{K)}$ deň.

Ýokarda getirilen talaplara gabat gelýän ýylylyk goragynyň materiallary ýok. Ýylylyk goragynyň materiallarynyň her biri haýsy hem bolsa bir ýetmezçilige eýe, bu ýetmezçilik kesgitli çäklendiriji gurnalanda hasaba alynmaly.

Daşky görnüşi we ulanylyş usuly boýunça ýylylyk goragynyň materiallary ýeke-ýeke berk, ýeke-ýeke maýyşgak, ürgün we ýylylyk goragynyň materiallary öndürilýän görnüşlere bolunýar. Ýeke-ýeke berk materiallar dürli forma eýe we silindrik, sferik we tekiz üstleri, trubageçirijileri we ş.m. ýylylykdan goramak üçin ulanylýar. Ýeke-ýeke maýyşgak materiallar list, rulon we ýüp görnüşde öndürilýär we tekiz görnüşdäki, şeýle-de egri üstleri ýylylykdan goramak üçin ulanylýar. Dürli formadaky aýry bölejiklerden durýan ürgün materiallar gorizonta üstlerde

ýerleşdirmek arkaly ýa-da iki üstüň arasyny gömmek arkaly izolirlenýän üstlerde ýerleşdirilýär.

Emeli organiki materiallaryň esasyndaky ýylylyk goragynyň materiallary has giňden ulanylýar. Olar penoplastlara we poroplastlara bölünýär. Penoplastlar kiçi ýapyk öýjüklere eýe, poroplastlar – birleşýän öýjükler, şonuň üçin ahyrky sowadyş tehnikaşynda ýylylyk izolýatory hökmünde ulanylýar. Öndürmegiň tehnologiýasyndan we taýýarlanylş usulyndan baglylykda penoplastdan edilen ýylylyk goragynyň materiallary berk, ýarym berk, we zerur ölçegdäki öýjükleri bilen maýyşgak bolup biler. Ýörite goşundylaryň kömegi bilen olara goşmaça alamatlar berilip bilner, mysal üçin ýanyjylygy kemeldilip bilner. Penoplastlara indikiler degişli: penopolistirollar (PS), penopoliwinilhloridler (PHW), penoliuretanlar (PU), fenol-formaldegid esasyndaky materiallar (FF), epoksidler (E) we kremniýorganiki (K) smol. Penoplastlar zawod şertlerinde dürli ölçeglerde, galyňlyklarda we göwrümleýin massalarda, şeýle-de iş ýerlerde köpürjüketmek arkaly taýýarlanylýp bilner. Penoplastlar $40\ldots 200 \text{ kg/m}^3$ göwrümleýin massada pes ýylylyk geçirijilige $\lambda=0,03\ldots 0,06 \text{ Wt(m}\cdot\text{K)}$, pes çyg çekijilige (1...3%) we az suw siňdirijilige (20% çenli) eýe. Penoplastlar erbet ýanýar we erbet ot alýar, ýangyn şertlerinde käbir zäherleýji maddalary emele getirip dargaýar. Ysa eýe däl, olaryň parametrleri wagtdan baglylykda az üýtgeýär, sowadyjylaryň we sowadyjy maşynlaryň ulanylmagynyň temperatura çäklerinde oňat işleýär.

Karkasly organiki däl maddalardan alynan ýylylyk goragynyň materiallary hem giňden ulanylýar. Olara mineral watalaryň dürli görnüşi degişli. Olar üçin çig mal bolup: dag jynslary, domen galyndylary, döwülen aýnalar we materiallar hyzmat edýär. ýylylyk goragynyň materiallarynyň bu görnüşi ýanmaýar, gemrijileriň geçmegine päsgel berýär, az çyg çekijilige (2% çenli) we ýokar suw siňdirijilige (600% çenli) eýe. Mineral watalaryň ýylylyk geçirijiligi $0,033\ldots 0,065 \text{ Wt(m}\cdot\text{K)}$.

Kriogen tehnikaşynda ýylylyk goragynyň materiallarynyň başga görnüşleri hem ulanylýar: poroşok görnüşli ýokary öýjükli gömme materiallar ($\lambda=0,021\ldots 0,023 \text{ Wt(m}\cdot\text{K)}$), wakuumly izolýasiýa, poroşok-wakuumly izolýasiýa, gatlakly-wakuumly izolýasiýa. Ýylylyk goragynyň giňişliginde wakuum izolýasiýa ulanylanda guň wakuum ($\approx 10^{-3} \ldots 1,0 \text{ Pa}$) döredilýär. Käbir ýagdaýlarda radiasiýa ýylylyk alyşygynyň intensiwligini peseltmek üçin giňişligi poroşok ýa-da alýumin folga bilen doldurýarlar. Şeýle giňişlikleriň göwrüminiň ýylylyk geçirijiligi $\lambda=0,0023 \text{ Wt(m}\cdot\text{K)}$.

Bug goragynyň materialy. Olar sowadyjylaryň çäklendirijileriniň gidroizolýasiýasy üçin hem ulanylýar. Bug goragynyň materiallaryndan edilýän talaplar:

- bug geçirijilige uly garşylyk döretmeli, ýa-da kiçi bug geçirijilik koeffisiente eýe bolmaly;
- pes suw siňdirijilige eýe bolmaly;
- tejribelik maksatlar üçin ulanmanyň temperatura çägi ýeterlik bolmaly;
- ysa eýe bolmaly däl we ysy göteriji beýleki maddalary siňdirmeli däl;
- ulanmanyň ähli temperatura çäklerinde ýeterlik mehaniki berkligi we izolýasiýa işleriň önümçiliginde tehnologik mümkinçilige eýe bolmay;

- adama we daşky gurşawa zyýanly täsir etmeli däl, adatdan daşary ýagdaýlarda hem;
- wagt boýunça durnukly parametre we alamlarynyň bir meňzeşligine eýe bolmaly;
- elýeterli bolmaly.

Esasy bug goragynyň materialy bolup bitum we onuň esasyndaky suwuklyklar we rulonly bug goragynyň materiallary hyzmat edýär. Bitum esasan nebitden emeli usulda alynýar. Bitumyň ýylylyk geçirijiligi – 0,3...0,35 Wt(m·K).

Bug goragynyň gatlagyny ýerine ýetirmek üçin polietilen we poliwinilhlorid gatlaklar (200 mkm galyňlykly) hem ulanylýar. Bu materiallaryň esasy ýetmezçiligi olar tiz zaýalanýar.

Metal ideal bug goragynyň materialy bolup, ol pes temperaturaly kiçi sowadyjy maşynlarda ulanylýar.

11.3. Sowadyjynyň çäklendirijisiniň we içki diwarynyň ýylylyk kadasy

Daşky çäklendirijiler içki jaýlaryň temperatura kadasyna gowşak täsir edýän esasy element bolup durýar. Sowadylýan jaýlaryň mikroklimatynyň parametrine aktiw täsir edýän serişdelere howa çalyşma ulgamlary, howany kondisionirlemegiň ulgamlary, sowuk we ýylylyk üpjünçiliginiň ulgamlary degişli. Çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň alamlary bir gezek belenilýär we gurnalýar we köp ýyl ulanma çykdaýjylary kesgitleýär. Sowadyjynyň çäklendirijilerinde ýylylygyň geçmeginiň kanunlary, ýyladylýan jaýlardaky ýaly kanunlara boýun bolýar. Çäklendirijiniň temperatura kadasynyň emele gelmeginiň soraglary ýylylyk fizikasynyň, ýylydyş we ýylylyk geçirip berlişiniň we ş.m. derslerinde öwrenilýär. Bu ýerde sowadyjynyň ýylylyk kadasynyň we ondan gelip çykýan netijeleriň aýratynlyklaryna seredilen. Sowadyjynyň çäklendirijisiniň temperatura kadasynyň we ondan gelip çykýan netijeleriň esasy aýratynlyklary indikiden durýar:

- köp ýagdaýlarda çäklendirijiniň esasy hasaplama parametrleri üçin ýylyň yssy döwründe kabul edilen, gurşawyň içki we daşky parametrleri kabul edilýär;
- sowadyjynyň “sowuk meýdanynda” aýna ýok we tehnologik ýslaryň we gapylaryň mümkin boldugyça az sanyny saklaýar;
- sowugy öndürmek ýylylygy öndürmek bilen deňeşdirilende köp çykdaýjyna talap edýär;
- has çygly howa gurşaw, düzdün boýunça, çäklendirijiniň daşky tarapynda ýerleşýär;
- howadaky suw buglaryň kondensirlenmegi çäklendirijiniň daşky tarapynda has ähtimal;
- daşky çäklendirijiniň konstruksiýasynyň elementleriniň bir bölegi daşky howanyň temperaturasyndan bagly bolmazdan 0°C pes temperaturada ulanylýar;

- sowugyň gymmatynyň ýokarylygy we sowadylýan jaýlarda temperaturanyň periodiki üýtgeýänligi netijesinde “sowuk meýdanyň” aralyk diwarlary we içki diwarlary ýylylyk goragynyň gatlagyna eýe.

Çäklendirijiniň gorag hiliniň wajyp görkezijilerine onuň termiki garşylygy, ýylylyk inersiýasy, bug geçirijilik, howa geçirijilik degişli. Ýylylyk goragynyň hili saýlanylanda konstruksiýanyň birjynslylyk derejesini we çäklendirijini gurmagyň gymmatyny hem bahalandyrmak zerur. Ýylylyk köprüleriniň bolmagy sowadylýan jaýlara gelýän ýylylyk akymalary ep-esli artdyryp biler, ýylylyk goragynyň materiallarynyň ýokary gymmaty ýylylyk goragynyň materialynyň ykdysady tarapdan peselmegine getirýär.

Sowadyjynyň çäklendirijisiniň ýylylyk geçirip berlişe umumy garşylygy

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_d} + \frac{1}{\alpha_{i\phi}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}. \quad (11.1)$$

Bu ýerde: α_d – sowadyjynyň daşky üstünde ýylylyk çalşygynyň koeffisienti, 23 Wt(m²·K) deň kabul edilýär; $\alpha_{i\phi}$ – sowadyjynyň içki üstünde ýylylyk çalşygynyň koeffisienti, 6...7 Wt(m²·K) deň kabul edilýär; δ_i we λ_i – degişlilikde galyňlyk (m) we sowadyjynyň çäklendirijilerini düzüji gatlaklaryň ýylylyk geçirijiligi (Wt(m²·K)).

Çäklendirijiniň ýylylyk geçirijilige umumy garşylygy $R_0 \geq R_{mp}$ şerte gabat gelmeli, bu ýerde R_{mp} – ýylylyk geçirijilige talap edilýän garşylyk. R_{mp} saýlamagyň dürli meseleleri bar, diýmek, R_0 hem. Çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň hili ýokarlananda R_0 , ony gurnamagyň çykdaýjylary hem artýar, emma bu ýagdaýda ulanma çykdaýjylar kemelýär we daşky ýylylyk akym sebäpli saklanylýan önümiň ýitgileri hem azalýar. Saklanylýan önümden islendik ýylylygyň aýyrylmagy (bug geçirmeýän gaplara gaplananlardan başgalar) massa alyşyk we haryt hiliniň ýitgileri bilen baglanyşykly. Mundan başga-da, çäklendiriji arkaly gelýän ýylylyk akymalaryň artmagy sowadyş ulgamynyň ýüklenmesini hem artdyrýar, degişlilikde, öwezini dolujy sowuklygyň mukdaryny öndürmegiň çykdaýjylary hem artýar. Miweleriň we gök-önümleriň sowadylyp saklanylýan ambarlary üçin ýylyň sowuk döwründe içki temperaturasy daşkydan ($t_{i\phi} = -3...+10^\circ\text{C}$) ýokary. Önüm saklanylýan bölüm ýylylygy ýitirýär, onuň ululygy daşky howanyň temperaturasyndan, saklanylýan önümiň ýylylyk bölünmesinden we ş.m. bagly. Ýylyň bu döwürlerinde şeýle topardaky jaýlar ýyladyş ulgamynyň gurluşlaryny talap edýär, bu ýagdaýda sowadyş ulgamy işlemeýär. Ýylydaş ulgamynyň kuwwaty hem çäklendirijiniň parametrlerinden bagly. getirilen meseleler sowadyjynyň çäklendirijileriniň ýylylyk goragynyň parametrleriniň amatly bahasyny saýlamagyň çylşyrymlydygyny we köptaraplydygyny görkezýär.

R_{mp} amatly bahasyny saýlamak getirilen çykdaýjylaryň azaldylmagynyň esasynda amala aşyrylýar

$$P = U + E_n K = \min, \quad (11.2)$$

bu ýerde P – getirilen çykdaýjylar; U – ulanma çykdaýjylar; E_n – goýulan maýa goýumlaryň normatiw effektiv koeffisienti; K – izolýasiýa konstruksiýanyň, ýagny çäklendirijiniň kapital çykdaýjylary.

Seredilýän ýagdaýda ulanmaga mümkin bolan ulanma çykdaýjylary indiki baglanyşykdan kesgitlemeli

$$U=A+X+Y \text{ (11.3)}$$

bu ýerde A – amortizasiýa çykdaýjylar; X – sowadyjynyň sarp edýän energiýasynyň (sowugy, elektrik energiýany we ýylylygy) gymmaty; Y – saklamagyň talap edilýän temperatura-çyglylyk kadalaryny saklamagyň meseleleri bilen baglanyşykly saklanylýan önümleriň ýitgisiniň gymmaty.

Bu ýerde getirilen ykdysady meýilnamanyň esasynda, şeýle-de sowadyjynyň çäklendirijilerinden edilýän tehniki talaplary hasaba almak bilen ”sowuk” meýdanyň çäklendirijisiniň termiki garşylygynyň ululygyny saýlamak boýunça häzirki wagtda hereket edýän kadalar kesgitlenilen. R_{mp} bahasy aşakda tablisada getirilen. Ulanma prosesinde R_0 bahasynyň birnäçe faktorlaryň täsiri netijesinde, şol sanda ýylylyk goragynyň gatlagynyň çyglanmagy sebäpli kemelýändigini hasaba almaly.

Sowadyjy onlarça ýyllaryň dowamynda ulanylýan gurnalyş bolup durýar. Ulanmanyň ähli döwri üçin islendik izolýasiýa konstruksiýanyň gurluşynyň ykdysady netijesini bahalandyrmak maglumatlaryny geçirmek kyn, kä ýagdaýlarda mümkin däl. Häzirki wagtda sowadyjylaryň izolýasiýasynyň konstruksiýasy saýlanylanda hereket edýän düzgünlerden we kadalardan ugur alynmak talap edilýär. Hereket edýän düzgünnamalar we kadalar sowadyjy gurluşlary taslamagyň, gurnagyň we ulanmagyň baý synaglarynyň esasynda taýýarlanylýan. Aşakda getirilen tablisalarda sowadyjynyň çäklendirijileriniň parametrlerini saýlamak boýunça talap edilýän düzgünnamalar getirilen.

Içki aralyk diwarlaryň we gatlarara örtükleriň ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy tablisa 11.3 we 11.4 getirilen.

Tablisa 11.1. Sowadyjynyň daşky diwarlarynyň ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy

Gurluşyk meýdanynda ýyl boýunça ortaça temperaturasy, t_{or} , $^{\circ}\text{C}$	Sowadylýan jaýlaryň howasynyň aşakdaky temperaturalarynda ($^{\circ}\text{C}$), sowadyjynyň daşky diwarlarynyň ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Wt}$					
	- 30	-20	-10	-4	+4	+12
$t_{or} \leq 0^{\circ}\text{C}$	4,78	3,91	3,07	2,15	1,72	1,43
$0^{\circ}\text{C} < t_{or} < +9^{\circ}\text{C}$	5,06	4,30	3,58	2,87	1,95	1,56
$t_{or} \geq +9^{\circ}\text{C}$	5,38	4,78	4,30	3,51	2,87	1,91

Tablisa 11.2. Sowadyjynyň sowadylýan jaýlarynyň örtüginin ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy

Gurluşyk meýdanynda ýyl boýunça ortaça temperaturasy, t_{or} , $^{\circ}\text{C}$	Sowadylýan jaýlaryň howasynyň aşakdaky temperaturalarynda ($^{\circ}\text{C}$), sowadyjynyň sowadylýan jaýlarynyň örtüginin ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy, $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{Wt}$					
	- 30	-20	-10	-4	+4	+12
$t_{or} \leq 0^{\circ}\text{C}$	5,06	4,10	3,31	2,53	2,15	1,91
$0^{\circ}\text{C} < t_{or} < +9^{\circ}\text{C}$	5,39	4,54	3,75	3,08	2,39	1,92
$t_{or} \geq +9^{\circ}\text{C}$	5,73	5,06	4,30	3,91	3,58	2,15

Tablisa 11.3. Içki diwarlaryň we aralyk diwarlaryň, şeýle-de sowadyjynyň gatlarara örtüginin ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy

Has ýyly jaýda howanyň temperaturasy, °C	Has sowuk jaýyň howasynyň aşakdaky temperaturalarynda (°C), içki diwarlaryň we aralyk diwarlaryň, şeýle-de sowadyjynyň gatlarara örtüginin ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy, m ² ·K/Wt					
	-30	-20	-10	-4	+4	+12
-30	1,72					
-20	2,0	1,72				
-10	2,69	2,46	1,72			
-4	3,58	3,07	2,46	1,72		
+4	4,1*	3,91*	3,31*	2,15	1,72	
+12	4,78*	4,53*	3,91*	2,46	1,91	1,32
+18	5,06*	4,78*	4,3*	2,87	2,15	1,43

Bellik. * – çäklendiriji konstruksiýanyň ýyly tarapyndan çyglylygyň kondensirlenmek mümkinçiligini barlamaly.

Tablisa 11.4. Ýylydylmaýan we sowadylmaýan jaýlardan sowadyjynyň sowadylýan jaýlaryny bölýän içki diwarlaryň we aralyk diwarlaryň ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylygy

Sowadylýan jaýda howanyň temperaturasy, °C	-30	-20	-10	-4	+4	+12
Ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän garşylyk, m ² ·K/Wt	3,74	3,58	3,07	2,46	1,91	1,56

Miweler, gök-önümler saklanylýan sowadylýan bölümler üçin ýylylyk geçirip berlişe talap edilýän termiki garşylyk ýörite usullar boýunça kesgitlenilýär. Olarda içki temperaturanyň araçäkleri -3...-1°C (sogan saklanylýan ambarlar) -den +7...+10°C (baklajanlary we burçlary saklamak üçin ambarlar) çenli.

“Sowuk meýdanyň” çäklendirijileriniň we içki aralyk diwarlarynyň ýylylyk goragynyň hili boýunça berlen bölümde getirilen talaplar taslama we konstruktorlyk işleriň esasynda daşky diwarlaryň, örtükleriň, gatlarara bassyrmalaryň, içki diwarlaryň we aralyk diwarlaryň kesgitli gurluşyk çözgütlerini döretmäge we 11.1 baglylyga laýyklykda gurluşyň her bir elementiniň umumy termiki garşylygyny tapmaga mümkinçilik berýär. R₀ hasabyna ýylylyk akymyň hasaplama şertlerinde emele gelýän dykzylygy q (Wt/m²) tapmak mümkin.

$$q=(t_d - t_{ic})/R_0. \quad (11.4)$$

Bu ýerde t_d we t_{ic} –daşky we içki hasaplama temperaturalar, °C. Ýokarda berlen kadalar üçin q bahasy 10...12 Wt/m² düzýär. Käbir ýewropa döwletlerinde sowadyjynyň çäklendirijisiniň ýylylyk goragy boýunça talaplar has ýokary, we şu sebäpden q bahasy bu ýurtlarda 7...9 Wt/m².

Sowadyjynyň çäklendiriji konstruksiýasynyň hakyky gurluşynda konstruksiýanyň we onda emele gelýän temperatura meýdanyň birjynslylygyny üpjün edip bolmaýanlygyny ynamly aýtmak mümkin. 11.1 formulany diňe birjynsly gatlakly konstruksiýalar üçin ulanmak mümkin. Temperatura meýdanyň deformasiýasy jaýlaryň burçlarynda, gatlarara örtükleriň gurnalan ýerlerinde döreýär, diwar panelleriň we olaryň birleşýän ýerleriniň özleri hem dürlilige eýe.

Dürli kysymdaş konstruksiýalarda ýylylyk akymyň ugry çäklendirijiniň üstüne parallel we perpendikulýar bolup bilmez. Temperatura meýdan iki we käbir ýagdaýlarda üç ölçegli bolýar.

Çäklendirijilerde ýylylyk akymy hasaplamak üçin aşakdaky deňleme ulanylýar:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_d} + \frac{1}{\alpha_{i_s}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i_{get}}} \quad (11.5)$$

bu ýerde $\lambda_{i_{get}}$ – konstruksiýanyň i-nji gatlagynyň getirilen ýylylyk geçirijiligi.

$\lambda_{i_{get}}$ ululyk tejribe şertlerinde dürli gatlaklaryň kesgitli barlaglarynyň esasynda alynyp bilner.

Bu ýagdaýda çäklendiriji arkaly ýylylyk akymyň hasaplamasy aşakdaky baglanyşykda ýerine ýetirilip bilner:

$$q = (t_d - t_{i_c}) / R_{0_{get}} \quad (11.6)$$

bu ýerde $R_{0_{get}}$ – çäklendirijiniň kesgitli konstruksiýasynyň ýylylyk geçirip berlişe umumy getirilen garşylygy. Ol indiki baglanyşykdan kesgitlenilýär:

$$R_{0_{get}} = \frac{1}{\alpha_d} + \frac{1}{\alpha_{i_c}} + R_{c_{get}} \quad (11.7)$$

Bu ýerde $R_{c_{get}}$ – synag arkaly kesgitlenilýän çäklendirijiniň konstruktiw gatlaklarynyň getirilen garşylygy.

Dürli jynsly konstruksiýalarda ýylylyk akymy hasaplamak üçin gurluşyk ýylylyk tehnikasyna indiki baglylyk hem ulanylýar,

$$q = \frac{r}{R_0} (t_d - t_{i_c}), \quad (11.8)$$

bu ýerde r – konstruksiýanyň dürli jynslylygynyň ýylylyk tehniki koeffisienti.

Sowadyjynyň çäklendirijisiniň bug geçirijilige garşylygyny saýlamak örän çylşyrymly mesele bolup durýar. Taslama döwürlerinde bug geçirijiligiň garşylygynyň talap edilýän bahasy kadalaryň talaplaryna laýyklykda bellenilýär. Olardan käbir maglumatlar tablisa 11.5 we 11.6 getirilen.

Tablisa 11.5. Sowadyjynyň daşky çäklendirijileriniň bug geçirijilige doly garşylygy

Daşky howanyň hasaplama çyglylygy ϕ_d , gPa	Bug geçirijilige garşylygyň talap edilýän bahasy, $m^2 \cdot sag \cdot Pa / mg$	
	$t_{i_c} = -10^\circ C$ we pes	t_{i_c} bahasy $-10^\circ C$ -dan $+1^\circ C$ çenli
14 çenli	6,6	2,7
14-den 18 çenli	9,3	4,6
18 ýokary	13,3	6,6

Tablisa 11.6. Içki diwarlaryň, aralyk diwarlaryň we örtükleriň doly bug geçirijilige garşylygy

Has ýyly jaýda howanyň temperaturasy, $^\circ C$	Has sowuk jaýda howanyň temperaturasyň ($^\circ C$) aşakdaky bahalarynda, talap edilýän bug geçirijilik $m^2 \cdot sag \cdot Pa / mg$			
	-30	-20	-10	0
-30	—	—	—	—
-20	1,3	—	—	—
-10	2,0	1,3	—	—
0	2,7	2,0	1,3	—
12	2,7	2,7	2,0	1,0

Konstruksiýanyň bug geçirijilige umumy garşylygy ($R_{no} \geq R_{nmp}$) aşakdaky aňlatmadan kesgitlenilýär

$$R_{no} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (11.9)$$

bu ýerde δ_i , μ_i – çäklendirijiniň gatlagynyň materialynyň galyňlygy we bug geçirijik koeffisienti.

11.4. Sowadyjynyň polunyň we gömülen bölekleriniň ýylylyk kadasy

Jaýyň topragynyň, polunyň we sowadylýan jaýlaryň gömülen bölekleriniň temperatura kadasynyň emele gelmeginiň häsiýeti edil şu prosesleriň çäklendirijisindäki parametrlерinden düýpli tapawutlanýar. Bu sebäpleriň birnäçesi bilen şertlenen:

- pollar we diwarlaryň gömülen bölekleri gös-göni toprak bilen galtaşýar, toprak bolsa çylşyrymly ýylylyk fiziki ulgama eýe;
- ýylylyk akymyň ugrunda topragyň bolmagy toprak-pol ýa-da toprak-gömülen diwar ulgamyň ýylylyk inersiýasyny ep-esli ýokarladyrýar;
- topragyň ýylylyk fiziki koeffisienti temperaturadan bagly; ereme-doňma proseslerinde toprakda ondaky suwlaryň faza öwrülmesi we olaryň göwürümleýin massasynyň üýtgemegi bolup geçýär;
- temperatura meýdanlaryň emele gelmegine, howa kadalarynyň we topragyň suw kadalarynyň emele gelmegi bilen şertlenen tötänleýin prosesler has düýpli täsir edýär.

Toprak ürgün kapilýar-öýjükli material bolup durýar. Ol dürli ölçegdäki bölejiklerden we himiki düzümden durýar. Bölejikleriň ölçegi birinji ýakynlaşmada topragyň çägesow topraga, toýunsowa we palçyga degişlidigini kesgitleýär. Topragyň ýokarda sanalan toparlaryň birine degişli bolmagy onuň suwly kada we öýjüklerde suwuň özüni alyp barşynyň häsiýetlerini kesgitleýär. Topragyň alamatlary we onuň suw kadasy çuňluk boýunça üýtgeýär. Topragyň çyglylygy çuňluga gitdigiçe artýar we kesgitli çuňlukda maksimal baha ýetýär. Bu gatlakda ähli öýjükler suw bilen doldurlan. Bu gatlagyň belligi toprak suwlaryň gorizonty diýilip atlandyrylýar.

Topragyň esasy elementleriniň biri çyglylyk bolup durýar, ol doňýan gatlakda özüniň faza ýagdaýyny üýtgetýär. Suwuň ýylylyk geçirijiliginiň $\lambda=0,6$ Wt/(m·K), buzuňky – 2,2 Wt/(m·K) deňdigini belläp geçeliň. Topragyň doňmagy (eremegi) faza geçmelerinde ýylylygyň bölünmegi (siňdirilmegi) bilen bolup geçýär. Suw-buz faza geçişiniň ýylylygy $r_f \approx 335$ kWt/kg. Suw toprakda erän maddalary saklaýar, bu hem suwly erginiň häsiýetine kesgitli üýtgeşme girizýär. Topragyň öýjüklerinde suwuň doňma temperaturasynyň başlangyjy 0°C ($t_{d,b} < 0^{\circ}\text{C}$) - dan pes. $t_{d,b}$ bahasy suwda erän maddalaryň düzüminden we konsentrasiýasyndan bagly, birinji nobatda topragyň görnüşi boýunça kesgitlenilýär. Topragyň görnüşinden baglylykda $t_{d,b}$ bahasy – 0,3-den -3°C çenli düzýär. $t_{d,b}$ kiçi bahasy gumly topraklar üçin häsiýetli. Erän maddalaryň mukdarynyň artmagy bilen suw-

buz faza geçişin ýylylygy hem kemelýär. Çyglylygyň toprakda doňan mukdary buzlylygy i bilen häsiýetlendirilýär

$$i = M_d / M \quad (11.10)$$

bu ýerde M_d – 1m^3 toprakda doňan çyglylygyň massasy, M – 1m^3 toprakda çyglylygyň umumy mukdary, kg/m^3 .

Edebiýat maglumatlarynyň birleşdirilmegi topragyň görnüşinden, çyglylygyndan we temperaturasyndan baglylykda buzlylygy hasaplamak üçin empiriki formulany almaga mümkinçilik berdi:

$$i = [a(2t_{d,b} - t)^b + 1]^{0.5} \quad (11.11)$$

bu ýerde $t_{d,b}$ – doňma başlangyjynyň temperaturasy, $^{\circ}\text{C}$; t – doňma başlangyjynyň temperaturasyndan pes meýdanda topragyň temperaturasy, $^{\circ}\text{C}$; a , b – empiriki koeffisientler; gumly topraklar üçin $a=0,077$, $b=-1,12$; çägesow we toýunsow topraklar üçin $a=6,36$, $b=0,67$; palçykly topraklar üçin $a=4,55/(333\omega^5+0,083)$, $b=-0,67$. Bu ýerde ω – topragyň göräli çyglylyk saklaýjylygy.

Şeýlelikde, topraklarda ýylylygyň geçiş meseleleri çuňluk boýunça ýylylyk fiziki koeffisientleriň üýtgemesini hasaba almak bilen çözülmeli. Bu koeffisientleriň topragyň görnüşinden we çyglylygyndan baglylygy, topragyň doňma we ereme ýagdaýlarynda faza geçmeleriň bölünmeleriniň hasabyna olaryň temperaturadan baglylygy hem çözülmeli.

Topragyň daşky gurşaw bilen özara täsiri hem çylşyrymly häsiýete eýe. Toprak-howa çäkde ýylylygyň geçirilmegi indiki proseslerde amala aşyrylýar:

- howa bilen konwektiw ýylylyk çalyşygynda;
- atmosferanyň ýagdaýyny hasaba almak bilen dünýä giňişligine şöhlenenmek, we ilki bilen ýer üsti gatlakda howanyň çyglylygyny, şeýle-de asmanyň bulutlylygy;
- ýeriň üstüne günün şöhlenenmesi;
- üstden çyglylygyň bugarmagy;
- gar gatlagyň emele gelmegi.

Toprak arkaly jaýa ýylylygyň geçmeginiň prosesi hasaplananda ýeterlik derejede diňe konwektiw ýylylyk çalyşygyň ýeterlikdigini derňewler görkezýär.

Sowadyjylaryň pollary we gömülen bölekleri arkaly gelýän ýylylygyň akymlyary umumy ýylylyk balansda kesgitleýji ululyk bolmaýar we ýol sebäpden şerte laýyklykda 2 metr meýdanyň termiki garşylygynyň şertleri boýunça hasaplaýarlar. Bu usul jaýlaryň sowadylmagynyň we ýyladylmagynyň ýylylyk balansynyň hasaplamasy boýunça edebiýatlarda beýan edilen.

11.5. Sowadyjynyň çäklendirijilerini ulanmak

Çäklendirijini ulanmagyň real şertleri daşky we içki täsirleriň ep-esli uly dürlüliginden häsiýetlendirilýär, bu täsirler konstruksiýanyň işlenilip taýýarlanylýan ýa-da taslanylýan döwürlerinde hasaba alynan. Olaryň käbirleri çäklendirijiniň elementlerine erbet täsir edýär we olaryň alamatlarynyň peselmegine getirýär. Çäklendirijiniň elementleriniň alamatlarynyň peselmegi köpsanly sebäpleriň netijesinde bolup geçýär. Bu ulag serişdeleri tarapyndan mehaniki täsirler (urgular), howanyň täsirleri, materiallaryň könelmegi, ulanma täsirleriň netijesinde

materiallaryň alamatlarynyň üýtgemegi, tehnologiýanyň we gurnamagyň bozulmagy we ş.m.

Ýylylyk goragynyň gatlagynyň ýylylykdan gorag alamatlarynyň erbetleşmeginiň esasy sebäpleri:

- gurluşyk döwründe ýylylyk goragynyň çyglanmagy;
- ýylylyk goragynyň ýeterlik bolmadyk galyňlygy;
- kondensasiýanyň emele gelmegine getiren, ýylylyk akymalaryň ýerleşýän ýerlerinde konstruksiýanyň ýylylyk goragynyň ýetmezligi;
- konstruksiýanyň бүтewiliginiň bozulmagy sebäpli, çäklendiriji boýunça çyglylygyň ýaýramagy;
- bug goragynyň gatlagynyň бүтewiliginiň ýa-da alamatlarynyň ýitirilmegi netijesinde konstruksiýanyň çyglanmagy;
- ýokarda görkezilen ýa-da başga sebäplere görä ýylylyk goragynyň gatlagynyň çyglanmagy netijesinde onuň alamatlarynyň ýitirilmegi;
- konstruksiýanyň ulanylyş möhletiniň geçmegi ýa-da doňma-ereme prosesler sebäpli ýylylyk goragynyň materiallarynyň düzüminiň dargamagy we bozulmagy;
- gemrijiler arkaly ýylylyk goragynyň gatlagynyň bozulmagy.

Çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň alamatlarynyň peselmeginiň ýokarda görkezilen sebäpleri, olary ýok etmegiň we duýdurmagyň ýollaryny kesgitleýär. Ýylylyk goragynyň gatlagynyň alamatlarynyň garşylykly üýtgemegini doly aýyrmak mümkin däl. Şeýle ýagdaýyň döremegine getirýän esasy sebäpleriň biri – gurluşyk konstruksiýanyň çyglanmagy.

Ýylylyk goragynyň zeper ýetmesini käbir ýagdalarda göz bile seredip kesgitlemek mümkin, başga ýagdaýlarda abzalyň barlagy gerek bolýar. Çyglylygyň kondensirlenýän ýerleriniň üstünde öl tegmiller görünýär, olar wagtyň geçmegi bilen gara reňke öwrülýär. Kadaly parametrleriň bozulmagy barada boýaglaryň we suwaglaryň gaçmagy hem şaýatlyk edýär. Daşky çäklendirijileri kadaly ýagdaýda saklamak üçin olaryň hili barada yzygider gözegçilik etmeli we zerur arassaçylyk we bellenilen bejergileri geçirmeli. Esasy ünsi jaýyň üstüne bermeli, bu ýerde ygal ýaganda we gar erände suwuň kadaly akymy üpjün edilmeli. Hidroizolýasiýa gatlagyň jikme-jik barlagy we zerur bejergisi hem zerur. Gün şöhlesiniň täsirinden bitum saklaýjy materiallardan uçujy bölekler bugarýar we bu materialyň alamatlary ýitirilýär.

Häzirki wagtda çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň alamatlarynyň derejesini abzal arkaly barlamagyň ygtybarly serişdeleri bar. Sowadyjylary ulanmagyň tejribeliginde çäklendirijiniň ýylylyk goragynyň parametrlerini barlamak üçin ýylylyk akymalaryň indikatorlary we teplowizorlar ulanylyp bilner.

Sowadyjyda çäklendirijiniň elementleriniň бүтewiligine we ýylylyk goragynyň alamatlaryna ulgamlaşyn barlag oturdylmaly.

11.6. Sowadyjynyň ýylylyk we çyglylyk balansy

Sowadyjylar ölçeginden, taslama kuwwatyndan we ýerine ýetirýän wezipesinden bagly bolmazdan iş kadada daşky, içki we tehnologik faktorlaryň täsirine sezewar bolýar. Esasy täsir edýän faktorlaryň biri hem howanyň kadasy: şemalyň tizligi we ugry, howanyň temperaturasynyň üýtgemeginiň derejesi we häsiýeti, gün radiasiýasynyň intensiwligi we dowamlylygy, asmanyň bulutlylygy we ş.m. Howanyň kadalary durnuksyzlygy we onuň parametrleriniň emele gelmeginiň ähtimallyk häsiýeti bilen häsiýetlendirilýär. Daşky howa şertleriniň parametrleriniň üýtgemegi sowadyjynyň jaýyna gelýän ýa-da ondan äkidilýän ýylylyk ýitgileri kesgitleýär. Howa kadasynyň gije-gündizdäki yrgyldysy içki howanyň parametrleriniň emele gelmegine az täsirini ýetirýär. Düzgünde bolşy ýaly, durnukly sowadyjlaryň çäklendirijileri ýokary ýylylyk durnuklylyga eýe, we şonuň üçin howa kadalarynyň gije-gündiziň dowamyndaky üýtgemegi çäklendirijiniň içinde sönýär. Howa kadalaryň uly dowamlylykda üýtgemegi sowadylýan jaýlaryň içinde temperatura kadanyň emele gelmegine öz täsirini ýetirýär. Bellenip geçilenler sowadyjlaryň çäklendirijileriniň temperatura kadasynyň durnukly dældigini tassyklaýar.

Içki üýtgeýän faktorlara indikileri degişli etmek mümkin: saklanylýan önümiň ýylylyk-çyglylyk bölünmesi, jaýda işleýän işgärleriň ýylylyk- we çyglylyk bölünmesi, işleýän enjamlaryň ýylylyk bölünmesi, jaýyň ýagtylandyrylmagy we ş.m.

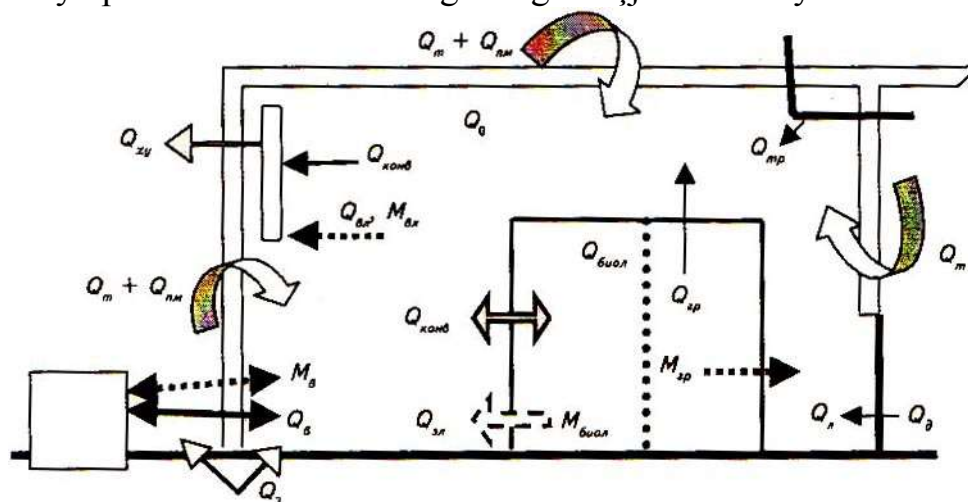
Sowadylýan jaýyň balansynyň emele gelmegine tehnologiki faktorlar wajyp edýär. Bu saklanylýan ýükleriň gelmegi we saýlanylyşy; sowadyş enjamlaryny doňuny çözmeklige goýmak; howany çalyşma ulgamlaryň iş kadasy.

Içki howa taýýarlanylýan daşky howa çalyşylanda jaýa ýylylygyň we çyglylygyň käbir mukdary girýär (ýa-da jaýdan daşary äkidilýär). Gapy ýa-da tehnologiki ötükler arkaly ýükleri geçirmek boýunça işler alynyp barylýan daşky taýýarlanylmadyk howanyň sowadylýan jaýlara girmegi amal edilýär, degişlilikde, sowadylýan jaýyň ýylylyk-çyglylyk kadasyna täsir edilýär. Sowadylýan jaýlara içki temperaturadan tapawutly temperatura eýe bolan önümleriň täze tapgyrynyň gelmegini düýpli tehnologiki faktorlara degişli etmek mümkin. Täze gelen önümleriň sowadylmagy ep-esli ýylylyk akymalaryň gelmegi we çyglylygyň bölünmegi bilen baglanyşykly.

Käbir ýagdaýlarda sowadylýan jaýyň ýylylyk balansy düzülende üstaşyr trubageçirijilerden gelýän ýylylyk akymlyry hem hasaba almak zerur.

Ýokarda bellenilip geçilen faktorlaryň esasynda, eger-de ýylylygyň jemleýji akymy položitel balansa eýe bolsa, onda ýylylyk akymyň artykmaçlygy sowadyş ulgamy bilen kompensirlenmeli, eger-de balans otrisatel bolsa, onda jaýda ýyladyş ulgamy ornaşdyrylmaly. Sowadyş we ýyladyş ulgamynyň işini howa çalyşma ulgamlary hem ýerine ýetirip biler. Käbir ýagdaýlarda sowadylýan jaýlarda howany guradyjy (sowadylýan sogan saklanylýan ambarlar) ýa-da ony çyglandyryjylar (mysal üçin, ýer alma saklanylanda) goýmak talap edilýär. Sowatmagyň, ýylatmagyň, guratmagyň we çyglandyrmagyň inženerçilik ulgamlary ýylylygyň ýa-da çyglylygyň ýetmezçiligini ýa-da artykmaçlygyny

kompensirlemegiň ulgamlaryna degişli. Olar sowadylýan jaýlarda içki mikroklimatyň parametrleriniň emele gelmegine işjeň täsir edýär.



Sur. 70. Sowadylýan jaýyň temperatura-çyglylyk prosesi emele gelende ýylylyk we çyglylyk akymlaryň hereketiniň shemasy

Sur.70. getirilen bellikler: Q_m – gapdal çäklendirijileriň, örtükleriň we içki diwarlaryň konstruktiv gatnaklary arkaly ýylylygyň geçmeginiň hasabyna gelýän ýylylyk akymy; Q_{nm} – gün şöhlesiniň hasabyna daşky üstleriň gyzmagynyň hasabyna gelýän ýylylyk akymy; Q_3 – jaýyň poly ýa-da gömülen bölekleri arkaly gelýän ýylylyk akymy; Q_{gr} – täze gelen ýükleriň sowadylmagy netijesinde sowadylýan jaýlardan äkidilýän ýylylyklar; M_{gr} – sowadylýan bölüme getirilen ýüklerden gelýän çyglylyk; Q_w, M_w – işleýän howa çalyşma ulgamlaryndan gelýän ýylylyk we çyglylyk; Q_{el}, Q_a, Q_0 – sowadylýan jaýda işleýän enjamlardan, adamlardan we ýagtylandyryş çeşmelerinde gelýän ýylylyk; Q_{biol}, M_{biol} – saklanylýan önümlerdäki biologiki prosesleriň netijesinde önüm saklanylýan bölümleriň göwrümüne ýylylygyň we çyglylygyň gelmegi; Q_d – açylyp ýapylan ötüklär arkaly daşky howanyň geçmegi sebäpli sowadylýan bölüme gelýän ýylylyk akymy; Q_{wl} – sowadylýan jaýyň howasyndaky suw buglaryň sowadyjy abzallaryň üstünde kondensirlenmegi netijesinde ýylylygyň gelmegi; M_{wl} – sowadyjy abzallaryň üstünde sowadylýan bölümiň howa giňişligindäki çyglar kondensirlenende emele gelýän çyglylygyň akymy; Q_{konw} – ýylylygyň konwektiv akymy; Q_{hu} – sowadyjy desga tarapyndan sowadylýan jaýdan äkidilýän ýylylyk; Q_{mp} – tranzit trubageçirijiler arkaly jaýdan äkidilýän ýylylyk.

Ýokarda getirilen maglumatlar sowadylýan jaýlaryň mikroklimatynyň hemişe üstgeýänligini görkezýär. Olary berlen derejede saklamak ýa-da berlen kanuna laýyklykda üýtgetmek sowuküpjünçiligiň, ýylylyküpjünçiligiň, howany guratmagyň we çyglandyrmagyň awtomatizirlenen ulgamlarynda amala aşyrylýar. Berlen mikroklimaty saklamak üçin ulanylýan gurluş tehnologiýa proseslerden we ýylylyk we çyglylyk balansyň derňewiniň netijesinden kesgitlenilýär.

Sowadyjynyň jaýynda ýylylyk we çyglylyk balansyň üýtgemegi ilki bilen içki howanyň temperaturasynyň we çyglylygynyň üýtgemegi bilen ýüze çykýar.

Aýry sowadylýan jaýyň howa gurşawy üçin ýylylyk balans indiki deňlemede getirilip bilner:

$$c_h \rho_h V \frac{dT}{d\tau} = Q_n - Q_c,$$

bu ýerde c_h , ρ_h , V – seredilýän sowadylýan jaýda howanyň ýylylyk sygymy, dykzylygy we göwrümi; t_h – howanyň temperaturasy, K; τ – wagt, s; Q_n , Q_c – seredilýän jaý üçin gelýän jemi we ýylylyk ýylylygynyň akymalaryň jemi, Wt.

Çyglylyk balans indiki deňlemeýden kesgitlenilýär:

$$V \frac{d\omega_h}{d\tau} = M_n - M_c$$

bu ýerde: ω_h – howadaky suw buglaryň konsentrasiýasy, kg/m³; M_n , M_c – seredilýän jaý üçin gelýän çyglylygynyň jemi we çyglylyk akymalarynyň jemi, kg/s;

$Q_n=Q_c$ bolanda, $dt_h/d\tau=0$, degişlilikde, $t_h=\text{const}$. Howa gurşawyň şeýle ýagdaýy deňagramly temperaturany kesgitleýär. Meňzeşlikde, $M_h=M_c$ bolanda $\omega_h=\text{const}$. Sowadylýan jaýyň howa gurşawynyň bu ýagdaýy deňagramly çyglylygy kesgitleýär. Deňagramly temperatura we deňagramly temperatura terminler ulgamyň termodinamiki parametriniň ýagdaýyna degişli.

Sowadylýan bölüme gelýän ýa-da ondan äkidilýän ýylylyk akymalar we çyglylyk akymalary kesgitlemek degişli edebiýatlarda dolulygyna berilýär.

11.7. Tebigy sowugy ulanmak

Sowugyň tebigy çeşmeleri bizi gurşaýan gurşawda saklanýar we tebigy tebigat prosesleriniň netijesinde özüniň temperaturasyny peseltýär. Sowadyş tehnologiýasynda ulanylýan islendik ýylylyk prosesde bolşy ýaly, bu ýerde sowadylýan jisimden sowadyja ýylylygynyň geçmegi amala aşyrylýar. Sowadyjy gurşaw ýa-da jisim, berlen ýagdaýda tebigy tebigat prosesleriniň netijesinde özüniň temperaturasyny ýeterlik derejä çenli peseltýär.

Sowugyň tebigy çeşmelerine derýalaryň we howdanlaryň buzlary, gar, gyş döwründe daşky howa, dag derýalarynyň suwy ($t=10...12^{\circ}\text{C}$), käbir zonalardaky agşamky daşky howa, ömürlük doň jynslaryň massiwi, artesian suwlar ($t=8...10^{\circ}\text{C}$).

Tebigy sowugy akumulirlemegiň hem dürli usullary ulanylýar, mysal üçin, buzy taýýarlamak we saklamak.

Tebigy sowadyjylaryň temperatura potensialy tebigy şertleriň esasynda çäkli. Şol sebäpden tehnikada we durmuş şertlerinde sowatmagyň energiýa çykdaýjyly emeli usullary ulanylýar. Sowuklyga zerurlygy has ýokary bolan yssy klimatly ölkelerde tebigy sowuklygynyň çeşmeleriniň mukdarynyň örän azdygyny bellemek zerur. Ýer togalagynyň sowuk ölkelerinde sowuklygynyň çeşmeleri köp, emma oňa zerurlyk az. Şeýlelikde, sowuklygy bolan mätäçligi, mysal üçin, adamyň ýaşaýan gurşawynyň amatly şertlerini döretmek üçin tebigy sowugy ulanmak maksadalaýyk däl. Bu tebigy sowadyjylaryň esasy ýetmezçiligi bolup durýar.

Ýokarda getirilen maglumatlar sowugyň tebigy çeşmeleri ulanylanda sowuk üpjünçiligiň ygtybarly ulgamyny döretmegiň mümkin dældigini görkezýär. Sowuklygynyň tebigy çeşmeleri sowuk üpjünçiligiň emeli ulgamlaryna belli bir

derejede goşant edip bilerler. Olaryň akyllý-başly ulanylmagy gymmat durýan emeli sowuklygy öndürmegiň çykdaýjylaryny kemeltmäge mümkinçilik berýär.

Agşamky sowuk gündüze gyzýan jaýlary şemallatmagyň intensiwligi gurnalylanda ulanylyp bilner.

Artezian suwlar öran gymmat düşýär. Sowadyjy gurşaw hökmünde olaryň ulanylmagy düýpli çykdaýjylara getirip biler. Artezian suwlar uzak wagtlap ulanylanda ýylylyk çalyşyjylarda çökündileriň emele gelmegine getirýär we ýylylyk çalyşygynyň intensiwliginiň peselmegine getirýär.

11.8. Emeli we tebigy buzy taýýarlamak, saklamak we ulanmak

Emeli ýa-da tebigy gelip çykan suw buzy, şeýle-de uglerodyň ikili oksidiniň gaty fazasy uly bolmadyk sowuklyk ýüklenmeli sowadylýan ýerlerde giňden ulanylýar. Mysal üçin, doňdurmalary we sowadylan miwe içgilerini satmak üçin niýetlenen göwürümlerde ulanylyp bilner. Tebigy suw buzunyň kömegi bilen $t \approx 0^{\circ}\text{C}$ temperaturany almak mümkin; duzlaryň suwly erginleri doňdurlanda buzun ereme temperaturasy 0°C has pes bolup biler. Uglerodyň ikili oksidiniň gaty görnüşiniň atmosfera basyşyndaky sublimasiýasynyň temperaturasy – $78,5^{\circ}\text{C}$ deň. Suwuk halda uglerodyň ikili oksidi diňe $0,518\text{MPa}$ –dan ýokary basyşda bolup biler.

Adaty basyşda ($0,101\text{ MPa}$) suw buzy 0°C temperaturada ereýar. Bu temperaturada ereme ýylylygy 335 kJ/kg deň. 0°C -da buzun dykzlygy suwun dykzlygyndan 9% kiçi we temperaturanyň üýtgemegi bilen $\rho_{\text{buz}} \approx 917(1 - 0,00015t)$ (kg/m^3) baglanyşyk boýunça üýtgeýär, buzun ýylylyk sygymy $c_{\text{buz}} \approx 2,12 + 0,008t$ ($\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$) deň; ýylylyk geçirijilik – $\lambda \approx 2,22(1 - 0,0015t)$ ($\text{Wt/(m}\cdot\text{K)}$). Buz, edil suw ýaly käbir gyzykly aýratynlyklaryna eýe. Üçli nokatdan ýokarky ýagdaý üçin basyş ýokarlananda buzun ereme temperaturasy peselýär. Tebigy buzy taýýarlamak, ony derýalaryň we howdanlaryň üstünden kesip almak arkaly amala aşyrylýar. Taýýarlamagyň bu usuly köp işi talap edýär. Taýýarlanan buzun arassalygy pes.

Emele buz tebigy bilen deňeşdirilende düýpli artykmaçlyga eýe. Ony buz generatorynyň kömegi bilen islendik howada we az iş sarp etmek bilen alýarlar. Emeli buzy almagyň energetiki prosesi çykdaýjyly bolup durýar we gymmat bahaly ýörite enjamlaryň satyn alynmagy talap edýär.

Emeli buz tehniki, dury, iýmit, antiseptik we deňiz suwundan taýýarlanan buzlara bölünýär. Öndürilýän buzun bölekleriniň formasyndan baglylykda ol blokly, plitaly, silindrik, ownadylan we gar buzuna bölünýär. Buzun dürli görnüşleriniň ulanylýan ýerleri adyndan belli. Tehniki buz arassalanmadyk (tehniki) suwdan alynýar. Ol iýmit önümlerini sowatmak üçin ulanylyp bilinmez. Antiseptik buz we deňiz suwundan alynan buz balyklary daşamakda ulanylyp bilner.

Emeli buz, ýokarda bellenişi ýaly, buz generatornyň kömegi bilen alynýar. Uly ölçeglerdäki buzun bölekleri degişli formadaky sygymlarda doňdurmak arkaly alynýar. Formanyň üstüni sowatmak sowadyjy maşynyň kömegi bilen amala aşyrylýar. Proses periodiki häsiýete eýe. Buzun böleginiň talap edilýän ölçegi

alynandan soňra öň sowadylan üstlere sowadyjy jisimiň gyzgyn buglary berilýär. Erän suwuň emele gelen gatlagy alynan buzy ýeňil aýyrmaga we ony ulanmak we saklamak ýerine äkitmäge mümkinçilik berýär. Ownyk, gar buzunyň buz generatory bu önümleri öndürmegiň üznüksiz prosesine eýe.

11.9. Uglerodyň ikili oksidini öndürmek we ulanmak

Sowadyş tehnologiýasynda uglerodyň ikili oksidi giňden ulanylýar. Ol sowadyjy jisim hökmünde we sowuklygy göteriji hökmünde ulanylýar. Uglerodyň ikili oksidi suwuk, gaz we gaty ýagdaýda bolup biler. CO_2 üçin üçli nokadyň parametri: basyş 0,518 MPa; temperatura -56°C . 0,518 MPa basyşdan aşakda ol diňe gaty we gaz görnüşinde bolup biler. Basyşyň bu meýdanynda ol gaty haldan gaz görnüşe suwuk faza geçmezde geçýär. Şeýle prosese tehnikada *sublimasiýa* diýilýär. Basyşyň artmagy bilen suwdan tapawutlykda, uglerodyň ikili oksidi üçin ereme temperatura hem artýar. Munuň sebäbi indikide, suwuk haldan gaty hala geçende uglerodyň ikili oksidi göwrümde ep-esli kemelýär. Uglerodyň ikili oksidiniň sublimasiýa temperaturasy atmosfera basyşda $-78,5^\circ\text{C}$ deň. Gaty CO_2 sublimasiýa ýylylygy şol bir şertlerde – 574 kJ/kg. Gaty CO_2 sublimasiýasynda sowuk buglar ($-78,5^\circ\text{C}$) emele gelýär, olar hem sowatmak zerurlyklary üçin ulanylyp bilner. Ol 0°C çenli gyžanda uglerodyň ikili oksidiniň sowuköndürijiligi ≈ 635 kJ/kg düžýär.

Ugleroyň ikili oksidi gury buz diýip hem atlandyrylýar. Gury buzun udel sowuköndürijiligi suwuňkydan 1,9 esse ýokary. Onuň esasy ýetmezçiligi gury buzy öndürmeklik köp çykdaýjylary talap edýär.

Gury buzy öndürmegiň prosesi üç tapgyrdan durýar: talap edilýan arassalykda gaz haldaky CO_2 almak, gaz fazany suwuklandyrmak we uglerodyň ikili oksidiniň gat fazasyny almak.

Özüniň düzüminde CO_2 saklaýan önümçiligiň dürli gaz görnüşli galyndylary gury buzy öndürmek üçin çig mal bolup durýar. Kömürturşy gaz önümleriň turşama, dargama we ýanma proseslerinde saklanýar. Ammiak we azot dökünleri öndürlende gaz galyndylarynda 90% çenli kömürturşy gaz saklanýar, ýangyç ýakyjy dürli gurluşlaryň tüsse gazlarynda – 40% çenli. Spirt önümçiligiň gaz görnüşli galyndylarynda massasy boýunça 98% çenli CO_2 saklanýar. Bu ýagdaýda galyndylara suw bugy, howa, siwuha ýagy we aldegidler degişli. CO_2 galyndylary tehnologiiki prosesleriň beýleki galyndylarynda hem bolýar. Şu sebäpden arassa kömürturşy gazyň öndürilmegi arassalamak prosesi bilen baglanyşykly. Gury buzun düzümindäki galyndylary onuň alamatlaryny düýpli üýtgedip biler. Gury buz sowadyjy jisim hökmünde ulanylanda hem galyndylaryň bolmagy maksadalaýyk däl.

Galyndy gazlaryň düzüminde CO_2 mukdary pes bolanda ony sorbentler bilen siňdirip garyndydan bölýärler. Şeýle usulda tüsse gazlardan kömürturşy gazlary bölüp aýyrýarlar. CO_2 mukdary uly bolanda garyndydan galyndylary bölüp aýyrýarlar. Kömürturşy gaz alynanda onuň suwda ereýjiligi hem ulanylýar. CO_2 garyndylardan bölüp aýyrmagyň ýa-da ony baýlaşdyrmagyň usuly garyndylaryň

häsiýeti we mukdary, şeýle-de olaryň alamatyndan kesgitlenilýär. Islendik ýagdaýda-da bu çylşyrymly proses.

Suwuk CO₂ almak bug kompressorly sowadyjy maşynyň tehnologiýa shemasy boýunça bolup geçýär. Gaz görnüşli kömürturşy gaz kompressorda gysylýar we suw arkaly ýylylygyň aýyrylmagy arkaly kondensatorda suwuk hala geçýär. Kömürturşy gaz ýokary basyşyň sowadyjy jisimlerine degişli, şonuň üçin CO₂ suwuklandyrmagyň desgasy üç başgançakly gysylma eýe. Kaskadly sowadyjy maşynlaryň hem ulanylmagy mümkin. Bu tehnologiýa boýunça CO₂ kondensasiýasy ammiakda ýa-da freonda işleýän sowadyjy maşynyň bugardyjysynda amala aşyrylýar. Bu ýagdaýda CO₂ suwuk hala geçende kondensasiýa temperaturanyň peselmegi sebäpli gysylma derejesini hem peseltmek mümkin.

Uglerodyň ikili oksidini suwuk haldan gaty hala geçirmek hem, edil suw buzunyň alnyşyna meňzeşlikde amala aşyrylýar, emma proses ýokary basyşda bolup geçýär. Bu usul gymmat bahaly pes temperaturaly sowadyjy enjamlary ulanmagy talap edýär. CO₂ gaty halyny almagyň başga-da birnäçe usullary bar.

Sowadyş tehnologiýasynda uglerodyň ikili oksidi sowadyjy madda, sowadyjy jisim we sowuklygy göteriji hökmünde ulanylýar.

Sowadyjy jisim hökmünde CO₂ atmosfera basyşynda -78°C çenli temperaturany almaga mümkinçilik berýär. Ol konserwirleýji alamatlara eýe, önümleriň tagamynyň we haryt hiliniň saklanylmagyny üpjün edýär.

12. KIČI SOWADYJY DESGALAR

Topary boýunça kiçi sowadyjy maşynlara durmuş sowuk öndüriji enjamlar, söwda kärhanalaryň sowadyjy enjamlary we synag bölümleriň pes temperaturaly sowadyjy desgalary degişli. Kesgitli derejede kiçi sowadyjy desgalara refrežerator ulaglardaky sowadyjy desgalar hem degişli. Emma olar konstruksiýasy, ulanma şertleri we energiýa üpjünçiligi boýunça düýpli tapawuda eýe we şonuň üçin toparlara bölünende desgalaryň başga toparyna degişli bolýar. Kiçi sowadyjy desgalar has köpsanly we öndürilýän energiýanyň köp mukdaryny sarp edýärler.

12.1. Durmuş sowadyjylar we doňduryjylar

Durmuş sowuk öndüriji enjamlara durmuş sowadyjylary we doňduryjylary, durmuş kondisionerleri we dürli görnüşdäki sowadyjy enjamlary (ýeňil awtoulaglarda, kiçi gämilerde ulanylýan sowadyjylar) degişli etmek mümkin. Häzirki zaman durmuş sowadyjylary we doňduryjylary ýaşaýyş jaýlaryň, ofisleriň myhmanhanalaryň we ş.m şertlerinde işleýän çylşyrymly durmuş abzallary bolup durýar. Şu sebäpden olardan edilýän talaplar hem ýokary:

- awtomatizirlenen kadada işlemek; ulanyjy esasan seretmek we iş kadany üýtgetmegiň funksiýasyny ýerine ýetirýär;
- sesiň minimal derejesi;
- ygtybarlygyň ýokary derejesi;
- doly howpsuzlyk;
- kiçi gabaralar, minimal baha we pes ulanma çykdaýjylar.

Durmuş sowadyjylary we doňduryjylary ýerine ýetirýän wezipesi boýunça dürli bölümleri saklaýar we iýmit önümleriň ulanylýan pursadyna çenli olary durmuş şertlerinde saklamagy üpjün edýär. Ýerine ýetirýän wezipesinde baglylykda sowadylýan bölümler indiki topara bölünýär: doňduryjy (DK, önümleri doňdurmak we doňdurlan önümleri saklamak), pes temperaturaly (PTK, doňan önümleri saklamak üçin), sowadyjy (SK), köpugurly (KUK), ýokary temperaturaly (ÝTK). Sowadyjy we köpugurly sowadylýan bölümler önümleri täze, sowadylan we doňdurlan ýagdaýda saklamak üçin niýetlenen, ýokary temperaturaly bolsa ter miweleri we gök-önümleri saklamak üçin ulanylýar. Doňduryjy bölümlerde saklanylýan minimal temperatura minus 18°C. Ýerine ýetirýän wezipesinden baglylykda sowadyjylar çylşyrymlylygyň alty toparyna (0...5) bölünýär, doňduryjylar – iki (0,1). Çylşyrymlylyk topary saklamak we doňdurmak temperatura derejelerini, şeýle-de desgany awtomatizirlemegiň derejesini kesgitleýär.

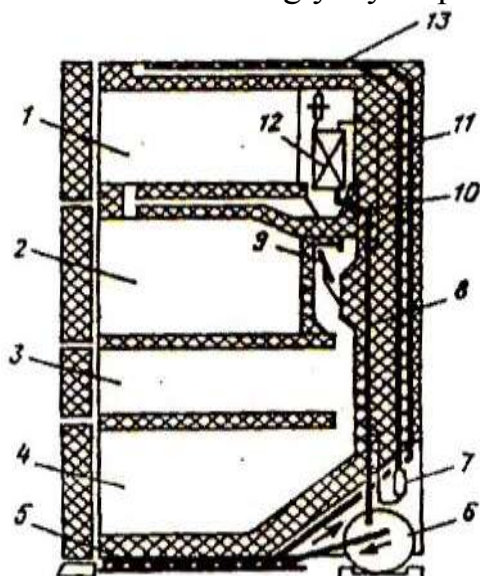
Durmuş sowadyjylary we doňduryjylary kiçi bug kompressorly ýa-da absorpsion sowadyjy maşynlar bilen enjamlaşdyrylýar. Durmuşda esasan bug kompressorly sowadyjy maşynlar ulanylýar. Termoelektriki durmuş sowadyjylary hem az mukdarda öndürilýär. Sowadyjynyň-doňduryjynyň shemasy sur. 71 getirilen.

Oturtmagyň şertlerinden baglylykda durmuş sowadyjylaryny we doňduryjylaryny şkaflar görnüşinde, stol we stol-şkaflar görnüşinde, şeýle-de diwar ýa-

da içinde oturdylan görnüşlerinde öndürilýär. Sowadylýan bölümiň sany boýunça bir-, iki- we üç sowadylýan bölümlü sowadyjylar bolýar. Sowadylýan bölümiň göwrümi 80...450 dm³.

Durmuş sowadyylarynyň we doňduryjylarynyň tehniki we ulanylyş häsiýetnamasy aşakdakylar bilen kesgitlenilýär:

- umumy sygym we aýry bölümleriň sygymy; absorpsion sowadyjylaryň umumy sygymy 80...320 dm³ aralykda üýtgeýär, kompressorlylar – 120...450 dm³, doňduryjylar – 80...300 dm³, sowadyjylar-doňduryjylar – 200-450 dm³;
- meýilnamadaky ölçegleri (esasan 600x600 mm) we beýikligi (2100 mm çenli);
- doňdurlan ýükleri saklamagyň temperaturasy;
- önümleri doňdurmak üçin sowadylýan bölümiň öndürililigi; bu parametr doňduryjy bölümiň her bir 10 dm³ –ne 0,7...1 kg/gije-gündiz düzýär;
- aýry sowadylýan bölümlerdäki temperaturalar; doňduryjy bölümde we pes temperaturaly bölümde görnüşinden baglylykda temperatura -6°C; -12°C ýa-da -18°C; sowadyjy bölümde +5°C çenli;
- göräli massasy; umumy massanyň umumy sygyma gatnaşygy;
- elektrik energiýany sarp edişi.



Sur. 71. Sowadyjynyň-doňduryjynyň shemasy.

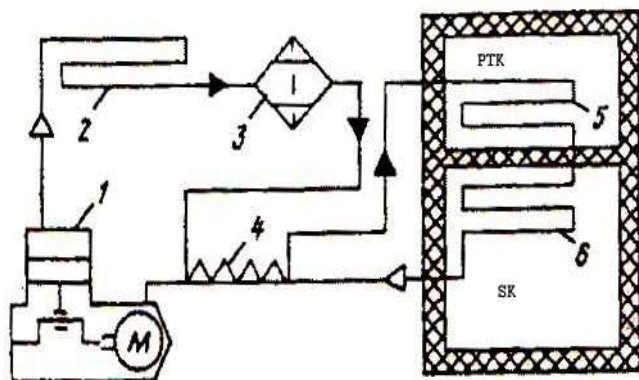
1 – doňduryjy bölüm; 2 – sowadyjy bölüm; 3- uniwersal bölüm; 4 – ýokary temperaturly bölüm; 5 – kömekçi kondensator; 6 – germetik motor-kompressor; 7 – süzgüç guradyjy; 8 – ýylylykçaşygy; 9 – zaslonka; 10 – sorujy trubka; 11 – kapilýar trubka; 12 – howasowadyjy; 13 – esasy kondensator.

Sowadyjylaryň we doňduryjylaryň gurluşy.

Durmuş sowadyjylar we doňduryjylar iki esasy elementden durýar: umumy ýagdaýda bölümlere bölünen ýylylykdan goragly şafdan, we kiçi sowadyjy maşyndan. Şaf içki we daşky gapdan durýar, olaryň arasyndaky giňişlik ýylylykdan goraýjy materialdan doldurlan. Daşky gap göteriji bolup durýar we list metaldan emele gelýär, esasan pes uglerodly polatdan. Pes temperaturaly bölümler üçin alýuminiň splawyndan ýa-da poslama durnukly polatdan taýýarlanylýan listler ulanylýar. Içki gap list metaldan (poladyň splawy we alýuminiý) ýa-da urga berk polistiroidan ýerine ýetirilýär. Sowadyjylaryň gaby plastmassadan taýýarlanylýan hem bilner. Plasmassaly gaplar kiçi massa we pes ýylylyk geçirijilige eýe, emma metallar bilen deňeşdirilende berkligi pes we haryt görnüşini tiz ýitirýär.

Sowadyjylaryň ýylylyk goragy ýokary effektiwlige eýe bolmaly. Kompressora düşýän ähli ýylylyk ýüklenmäniň 75% golaýy sowadyjynyň daşy arkaly gelýän ýylylykdan emele gelýär. Sowadyjylarda ýylylyk goragynyň gatlagynyň galyňlygy 40...65 mm çäklerde üýtgeýär, doňduryjylarda ol 60...100 mm düzýär.

Sowadyjy agregatlar. Durmuş sowadyjylaryň we doňduryjylaryň sowadyjy agregatlary dürli gurluşa eýe. Olar kompressoryň we ulanylýan sowadyjy jisimiň görnüşi, sowadylýan bölümlerde howanyň aýlawynyň gurnalýş usuly (tebigy ýa-da emeli), bugardyjynyň gar örtüginini aýyrmagyň usuly, awtomatizirleniş usuly boýunça tapawutlanýarlar. Bir sowadylýan bölümlü sowadyjylaryň sowadyjy agregatlary germetik motor-kompressordan, kondensatordan, süzgüç-guradyjydan, kapilýar trubkadan (drosselden), bugardyjydan, awtomatika abzallaryndan we elektrik goýberiji gurluşlardan durýar (sur. 71 we 72). köp sowadylýan bölümlü sowadyjylarda birnäçe kompressorlar, bugardyjylar we ş.m. bolup biler. Köp sowadylýan bölümlü sowadyjylarda birnäçe kompressorlaryň we bugardyjylaryň bolmagy olarda dürli temperaturany almaga mümkinçilik berýär.



Sur. 72. Howasy tebigy aýlawly iki bölümlü sowadyjynyň shemasy:

- 1 – germetik motor-kompressor;
2 – kondensator; 3 – süzgüç-guradyjy;
4 – kapilýar trubka; 5, 6 – bugardyjy

Sowadyjy agregatlarda köplenç porşenli kompressorlar ulanylýar. Kompressor agregatyň gabynyň içine çalyň ýagy guýulýar. Onuň massasy, mysal üçin, bir sowadylýan bölümlü sowadyjy üçin 280...340g düzýär. Kompressoryň elektrik hereketlendirijisi bugardyjydan gelýän sowadyjy jisimiň sowuk buglary arkaly sowadylýar.

Kondensatorlar listtrubaly ýa-da gapyrgalanan trubaly görnüşinde ýerine ýetirilýär. Gapyrgalanan kondensatorlar polatdan ýa-da misden taýýarlanylýan egrem-bugram trubalaryň toplumyny emele getirýär. Bu trubalaryň içki diametri 3...4 mm düzýär. Kondensatorlar düzgünde bolşy ýaly sowadyjynyň daşynyň arka tarapynda bolýar.

Bugardyjylar sowadyjynyň ýa-da doňduryjynyň içinde howa tebigy aýlanylanda esasan listtrubaly ýerine ýetirilýär. Listtrubaly bugardyjylar alýuminiň splawynyň listlerinden taýýarlanylýar. Bu listleriň arasynda sowadyjy jisimiň hereketlenmegi üçin kanalyjyklar goýulan.

Kapilýar trubka adatça 0,8...0,85 mm içki diametre we 2...4 mm uzynlyga eýe. Durmuş sowadyjylaryň we doňduryjylaryň sowadyjy agregatlarynda ol drosselirleýji gurluş bolup durýar. Şeýle drosseliň ýönekeý konstruksiýasy aýdyň. Kapilýar trubka arkaly sowadyjy jisimiň sarp edilişi, ondaky basyşyň peselmegi bilen baglanyşykly. Şunuň bilen baglylykda trubkanyň uzynlygy we diametri saýlanylanda onuň geçiriş ukuplylygynyň kompressoryň öndürililigine we kondensatoryň we bugardyjynyň arasynda sowadyjy jisim üçin kesgitlenen basyşyň peselmegi gabat gelmeli. Kompressor togtadylandan soňra kapilýar trubka kondensatorda we bugardyjyda basyşyň deňleşmegini üpjün etmeli we şunuň bilen birlikde kompressoryň goýberilişini ýeňilleşdirmeli. Şeýlelikde, sowadyjy jisimden

trubka ýylylygyň geçirilmegi gurnalýar, onuň temperaturasy trubkanyň uzynlygy boýunça ýuwaş-ýuwaşdan peselýär.

Süzgüç-guradyjy çyglylygy siňdiriji bolup hyzmat edýär we kondensatordan soň goýulýar.

Awtomatika serişdelerine esasan temperatura rele, goýberiş rele, elektrik hereketlendirijiniň sarymyny goraýjy rele, gyrawy aýyrmagy dolandyrmagyň abzallary girýär. Temperatura releniň kömegi bilen sowadyjynyň bölümlerindäki temperatura dolandyrylýar. Bu ýagdaýda temperatura datçiginiň kömegi bilen bugardyjyda sowadyjy jisiminiň temperaturasynda gözegçilik edilýär. Datçik bugardyjynyň diwaryna berkidilen termoballony emele getirýär. Temperatura ýokarlananda termoballondaky sowuklygyň buglarynyň basyşy ýokarlanýar, bu kompressory togtadyjy releniň işlemegine getirýär. Temperatura peselende kompressory togtatýar. Sowadyjynyň bölümünde temperaturany sazlamak üçin ýörite gurluş goýulan. Bu gurluşyň kömegi bilen ulanyjy öz islegine görä temperatura derejesini berip bilýär. Sowadyjynyň dürli görnüşlerinde bugardyjydaky gar örtüklerini aýyrmagyň el, ýarym awtomatizirlenen we doly awtomatizirlenen kadalary ulanylýar. Erän suw ýörite gaba ýygnaýar. Käbir sowadyjylarda ol kompressor agregatda ýerleşdirilen ýörite gaba äkidilýär. Kompressoryň bölüp çykarýan ýylylygy suwuň bugarmagyna sarp edilýär. Bu tehniki çözgüt sowadyjy jisimlerden alynýan ýylylygyň kemelmegine ýardam berýär we käbir derejede sowadyjynyň tutuşlygyna tehniki parametrini ýokarlandyrýar. Gys döwründe suwuň bugarma prosesi howanyň çyglylygyny artdyrýar we jaýda arassaçylyk gigiýenik şertleri oňatlaşdyrýar.

12.2. Durmuş kondisionerleri

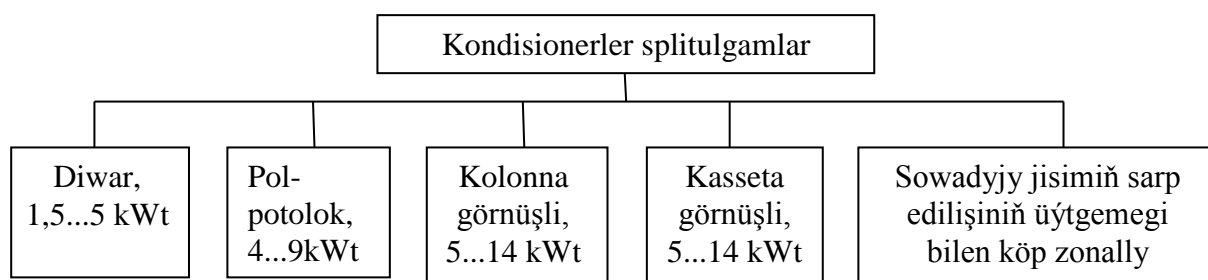
Häzirki wagtda ulanylýan durmuş kondisionerler esasan jaýlarda temperaturany dolandyrmak üçin ulanylýar we şeýle seredenimizde howany arassalamak üçin goşmaça gurluşa eýe bolan, awtomatizirlenen sowadyjy maşyn bolup hyzmat edýär. Howa kondensatorly kiçi sowadyjy agregatdan we howany sowadyjy bugardyjydan durýar. Bugardyjy arkaly howanyň hereketi aýlaw ýygyllygy sazlanýan pes sesli wentilýatoryň kömegi bilen amala aşyrylýar. Bugardyjyda esasan diametral we radial (merkezden daşlaşýan) wentilýatorlar ulanylýar, kondensatorda okly we radial (aýlaw ýygyllygy sazlanýan) wentilýatorlar ulanylýar. Bugardyjy arkaly howa geçmezinden önürti ol süzgüçde arassalanýar. Ýylylyk kondensatordan daşky howa berilýär, şol sebäpden ony jaýyň daşynda goýmak zerurlygy ýüze çykdy. Bugardyjy toplum hyzmat edilýän jaýda ýerleşdirilýär. Toplumlaryň aýry ýerleşdirilmegi hem şeýle ulgamlary splitsistema diýmekligi şertlendirdi. Bu at inlis sözünden gelip çykdy split – bölmek.

Daşky toplumyň (bölegiň) düzümine kompressor, kondensator, wentilýator we olary berkitmegiň elementleri girýär. Daşky bölek jaýyň daşynda gurnalýar. Içki toplum (bölek) kondisionirlenýän jaýda oturdylýar we howany arassalamak we sowatmak üçin we hyzmat edilýän meýdanda howanyň zerur hereketini üpjün

etmek üçin niýetlenen. Daşky we içki toplumlar sowadyjy jisimiň aýlanýan trubageçirijileri, iýmitlendiriş we dolandyryş geçirijileri, gerek bolan ýagdaýynda bugardyjy toplumdan kondensaty aýyrmak üçin truba arkaly birleşýär. Öndürijiler tarapyndan rewersiwli ulgamlar diýip atlandyrylýan, sowadyjy jisimiň aýlanyş ugruny üýtgetmäge mümkinçilik berýän we ýylylyk sorujynyň kadasynda ýylyň geçiş döwrinde sowadyjy jisimiň işini üpjün edýän ulgamlar ulanylýar. Bu ulgamlarda içki toplumlar howany gyzdyrýar, daşky bugardyjynyň kadasynda işleýär. Howanyň gyzdyrylmasy ýörite gurnalan elektrik gyzdyryjy arkaly hem amala aşyrylyp bilner.

Jaýlarda howany sowatmagyň ulgamlary bir daşky toplumda birnäçe bugardyjy topluma(bloga) eýe bolup biler. Şeýle ulgamlara *multisplitulgamlar* diýilýär. Bazara çykarylýan enjamlar dördten köp bolmadyk bugardyjy toplumda amatlylyga eýe. Käbir firmalar bir kompressor-kondensator agregat multiboksyň kömeginde sekize çenli içki bugarduýjy toplumlara birleşdirilen multisplitulgamlary öndürýärler. Sowadylmaly jaýlaryň mukdary köp bolanda multisplitulgamlaryň ep-esli mukdaryny ulanmak zerur. Daşky toplumlaryň sanynyň artyk bolmagy jaýyň daşky görnüşini peseldip biler. Mundan başga-da sowadylýan jaýlaryň uly mukdaryda, olarda dürli temperaturany saklamagyň zerurlygyna getirip biler, ýagny temperaturany dolandyrmagyň zonally amala aşyrylmagy. Hyzmat edilýän jaýlaryň uly mukdary üçin siti-multi ulgamlary ulanmak amatly. Mysal üçin, dünýäde öňdebaryjy Mitsubishi elektrik firmasy tarapyndan şu ýagdaý üçin 16 bugardyjy toplumly zonal siti-multiulgam işlenilip taýýarlanylýan. Bugardyjyly toplumlar dürli kuwwatlykda, dürli konstruktiv taýýarlanyşda ýerine ýetirilip bilner we biri-birinden baglanyşyksyz işläp biler, şol sanda bir bölegi ýylatmak kadasynda, beýleki bölegi sowatmak kadasynda.

Içki toplumlaryň konstruktiv we dizaýnerlik ýerine ýetirilişi dürli-dürli, ulanyjynyň dürli talaplary kanagatlandyryp biler we dürli görnüşli interýerli 14...140m² meýdanly jaýlara hyzmat edip biler.



Diwarda ýerleşdirilýän bugardyjy toplumlar sowadylan howanyň gorizontál ýa-da ýapgyt tekiz akymalaryny emele getirýär. Işçi meýdana çenli aralygyň kiçidigi netijesinde olaryň kuwwaty çäklendirilýär. Howanyň uly sarp edilişinde ýa-da onuň pes temperaturalarynda iş meýdanynda şemal aralygynyň effekti emele gelip biler. Pol-potolok görnüşdäki toplumlar diwara ýa-da potologa parallel akymly döretmäge mümkinçilik berýär we howanyň toplumdan iş meýdana çenli geçişiniň ýoluny artdyrýar. Şu sebäpden olaryň sowadyş kuwwaty ýokary. Diwar we pol-potolok görnüşdäki toplumlar uly jaýlarda howa gurşawyň sowadylmagyny üpjün edip bilmeýär. Olaryň akymynyň uzaklygy çäkly. Şu ýagdaýlarda kolonna görnüşdäki toplumlary ulanmak maslahat berilýär. Olar şeýle jaýlaryň dürli

ýerlerinde oturdylyp bilner. Ýokarda seredilip geçilen bugardyjy toplumlar howa akymy boýunça daşyndan howany almazdan işleýär, ýagny doly resirkulýasion bolup durýar. Bu şeýle ulgamlaryň esasy ýetmezçiligi. Kasseta görnüşdäki bugardyjy toplumly split ulgamlary hem uly meýdanly jaýlarda ulanylýar. Olary oturtmak üçin asma potoloklar zerur. Bugardyjy toplum asma potolokdan ýokarda ýerleşýär. bu görnüşdäki ulgamlarda daşky howany hem garmak (umumy mukdaryň 10% çenli) göz önüne tutulan.

Kanal görnüşdäki bugardyjy toplumlar 10% çenli daşky howany kabul etmäge we işlemäge mümkinçilik berýär. Bu ýokarda seredilen toplumlar bilen deňeşdirilende onuň arassaçylyk-gigiýenik effektiwligini ýokarlandyrýar.

Durmuş sowadyjylaryň daşky toplumy daşky howanyň ñýtgeýän temperatura şertlerinde işleýär. Şunuň bilen baglylykda iş parametrleriň üýtgame häsiýetlerini we howa kadasynyň üýtgeýän şertlerinde ony sazlamagy seretmek maksadalaýyk.

Kondensator hyzmat edilýän jaýy gyzdymak üçin işlände daşky toplum bugardyjynyň wezipesini ýerine ýetirýär.

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan-sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Umumymilli "Galkynyş" Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik partiýasynyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlisinde sözlän sözi. Aşgabat, 2007.
8. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygındysy. I-nji tom. Aşgabat, 2007.
9. Türkmenistanyň Prezidentiniň "Obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin" Milli maksatnamasy, Aşgabat, 2007.
10. "Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry" Milli maksatnamasy, "Türkmenistan" gazetini, 2003-nji ýyl, Alp Arslan aýynyň 27-si.
11. "Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy". Aşgabat, 2006.
12. B.A. Arazmedow "Tehniki termodinamika". Aşgabat, 2005.
13. Бамбушек Я.М. «Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин» М., 1987.
14. Кондрашова Н.Г. «Холодильно - компрессорные машины и установки». М., Высшая школа. 1984.
15. Мальгина Е.В. Холодильные машины и установки. М. Пищевая промышленность, 1982.
16. Массообмен при хранении замороженных продуктов. Тихонов Б.С., Бабакин Б.С. М. МГУПБ, 2003.
17. Пластинин П.И. Теория и расчет поршневых компрессоров. М. 1987.
18. Польшман. Учебник по холодильной технике: Основы-Комплекующие-Расчеты М. Пищевая промышленность, 2004
19. Проектирование холодильных сооружений. Справочник. М. Пищевая промышленность. 1990.
20. П.И. Даячек Холодильные машины и установки. Ростов-на-Дону. Высшее образование. 2007.

MAZMUNY

	sah.
Sözbaşy	1
Giriş.....	3
1 SOWADYJY MAŞYNLARYŇ TERMODINAMIKI ESASLAR	
1.1 Sowuk we gyzgyn barada düşünje	5
1.2 Pes temperaturany almagyň usullary. Jisimleriň faza üýtgemelerinde sowatmak.....	6
1.3 Ýylylyk diagrammalar.....	10
1.4 Ters aýlawly hadysasy	12
2 SOWADYJY JISIMLER WE SOWUKLYGY GÖTERIJILER	15
2.1 Sowadyjy jisimler	15
2.2 Sowuklygy göterijiler.....	18
3 DAŞKY IŞI SARP ETMEK BILEN IŞLEÝÄN SOWADYJY MAŞYNLAR	
3.1 Detanderli bug kompressorly sowadyjy maşyn	21
3.2 Bug kompressorly sowadyjy maşynyň hakyk sikli	22
4 ÇYLŞYRYMLY SIKLLER	
4.1 Kompressorda köp basgançakly gysylma	27
4.2 Iki basgançakly gysylmanyň sikli	28
4.3 Üç basgançakly gysylmanyň sikli. Sowadyjy maşynlaryň kaskadly sikli.....	32
5 SOWADYJY MAŞYNYŇ KOMPRESSORLARY	
5.1 Sowadyjy maşynlaryň kompressorlarynyň ýerine ýetirýän wezipesi we görnüşleri.....	36
5.2 Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressorlar	36
5.3 Porşenli bir basgançakly kreýskopsyz kompressorlar	44
5.4 Rotorly kompressorlar	48
5.5 Rotorly sowadyjy kompressorlaryň nazaryýetiniň esaslary	50
5.6 Hyrly kompressorlar.....	53
5.7 Merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressor.....	56
5.8 Spirally kompressorlar	63
5.9 Porşenli kompressoryň hakyky işçi prosesi	66
5.10 Real kompressory öwrenmegiň aýratynlygy.....	68
5.11 Bir basgançakly kompressoryň ýylylyk hasaplamasy we ony saýlamak.....	74
5.12 Iki basgançakly kompressoryň ýylylyk hasaplamasy we ony saýlamak.....	75
6 SOWADYJY DESGALARYŇ ÝYLYLYK ÇALŞYJY APPARATLARY	
6.1 Sowadyjy maşynlaryň kondensatorlary.....	77
6.2 Sowadyjy maşynlaryň bugardyjlary.....	84
7 ÝYLYLYGY SARP ETMEK BILEN IŞLEÝÄN SOWADYJY MAŞYNLAR	
7.1 Absorbsion sowadyjy maşynlarda ulanylýan erginleriň termodinamiki alamatlary we diagrammalary.....	88
7.2 Absorbsion sowadyjy maşynlaryň shemasy we hasaplamasy.....	89
8 SOWADYJY MAŞYNYŇ ELEMENTLARINI AGREGATLAŞDYRMAK	93
9 SOWADYJY MAŞYNYŇ ARMATURASY WE TRUBAGEÇIRIJ	97

10	SOWADYJY MAŞYNLARYŇ ENJAMLARYNYŇ WE TURBAGEÇIRIJILERINIŇ ÝYLYLYK GORAGLARY	98
11	SOWUGY ULANYJYLAR	100
11.1	Sowadyjy kärhanalary meýilleşdirmek.....	100
11.2	Sowadylýan jaýlaryň izolýasiýasy.....	101
11.3	Sowadyjynyň çäklendirijisiniň we içki diwarynyň ýylylyk kadasy.....	108
11.4	Sowadyjynyň polunyň we gömülen bölekleriniň ýylylyk kadasy.....	113
11.5	Sowadyjynyň çäklendirijilerini ulanmak.....	114
11.6	Sowadyjynyň ýylylyk we çyglylyk balansy.....	116
11.7	Tebigy sowugy ulanmak.....	118
11.8	Emeli we tebigy buzy taýýarlamak, saklamak we ulanmak.....	119
11.9	Uglerodyň ikili oksidini öndürmek we ulanmak.....	120
12	KIÇI SOWADYJY DESGALAR	
12.1	Durmuş sowadyjylar we doňduryjylar.....	122
12.2	Durmuş kondisionerleri.....	125
	Edebiýatlar.....	128