

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**S.Nazarow, A.Annageldyýew**

# **Kompressorlar we sorujy desgalar**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**S.Nazarow, A.Annageldyýew, Kompessorlar we sorujy desgalar.**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

## GIRIŞ

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.

Ýurdumyzyň orta we ýokary okuw mekdeplerinde dünýäniň ösen tehnologiýalarynyň enjamlary ornaşdyrylýar, okatmagyň dürli usullaryndan peýdalanylýar. Ýurdumyzda geçirilýän halkara derejesindäki ylmy-amaly maslahatlar, sergiler dünýä tehnologiýalary bilen içgin tanyşmaga mümkinçilik berýär. Ýurdumyzda alynyp barylýan uly işler, ylym-bilim ulgamyndaky özgertmeler ýaşlaryň dünýä derejesinde bilim almaklary üçin ähli mümkinçilikleri berýär.

Kompressorlar we sorujylar barada aýdanymyzda bu desgalar sowadyjy ulgamda esasy enjamlary biri bolup durýar.

Gazyň ýa-da buguň basyşynyň artmagyny amala aşyran maşyna *kompressor* diýip at berýärler. Başga söz bilen aýdylanda, kompressor – gaza ýa-da buga daşyndan energiýa bermek we onuň potensial energiýasyny gazyň ýa-da buguň basyşyna öwürmek üçin maşyn.

Kompressoryň birnäçe görnüşleri bar. Kompressor maşynlary esasan sowadyjy desgalarda ulanylýar.

Ähli kompressor özüniň täsiri (gaza edýän) boýunça üç topara bölünip biliner, ýagny, nähili usul bilen energiýa gaza

berilýändigi we gazyň basyşyny ýokarlandyrmak üçin nähili fiziki hadysa ulanylýandygy boýunça:

- 1) göwrümlü kompressorlar;
- 2) dinamiki kompressorlar;
- 3) ýylylyk kompressorlar.

Göwrümlü kompressorda ýapyk göwrümiň kiçeltmegi arkaly gazyň basyşy ýokarlanýar. Ýapyk boşlugyň kiçelmegi göwrüm birliginde molekulalaryň konsentrasiýasynyň ýokarlanmagy bilen bolup geçýär.

Göwrümlü kompressorlarda gysylma prosesi periodiki bolup geçýär. Göwrümlü kompressoryň işçi göwrümi hökmany kä ulalmaly, kä-te kiçelmeli. İşçi ginişligiň göwrüminiň giňelýän wagtynda gaz işçi giňişlige girmek bilen ony doldurýar. Bu göwrüm kiçelen wagtynda gaz gysylýar, onuň basyşy ýokarlanýar we soňraky gysylmasynda gaz işçi giňişlikden iteklenilýär.

Häzirki wagtda durmuşda kompressorlaryň dürli görnüşleri ulanylýar, ýagny porşenli kompressorlar, rotorly kompressorlar, spirally kompressorlar, merkezden daşlaşýan kompressorlar, hyrly kompressorlar we ş.m.

Kompressorlar bilen birlikde önümçilikde sorujylaryň hem dürli görnüşleri ulanylýar. Sorujylar hem edil kompressorlar ýaly dürli toparlara bölünýär we suwuklygy bir bölekden başga bir bölege geçirmek hem-de uly bolmadyk basyşy (napory) döretmek üçin ulanylýar.

Okuw kitabyndaky materiallar okuw maksatnamasyna laýyklykda taýýarlanylýan. Kitapda kompressorlaryň we sorujylaryň nazary hasaplamalary, görnüşleri, işleýiş usullary we aýratynlyklary, olarda bolup geçýän prosesler we başga-da birnäçe maglumatlar getirilen.

Bu kitapda getirilen maglumatlar tehniki ugurda okaýan talyplar we bu ugurda işleýän hünärmenler üçin oňat gollanma bolar.

# **BAP 1**

## **PORŞENLI KOMPRESSORLAR**

### **1.1. Umumy maglumatlar**

Porşenli kompressorlar (PK) sowuköndürjiliginin ululygy boýunça, konstruktiv we funksional alamatlary boýunça, işçi maddanyň görnüşi boýunça toparlara bölünýär. Sowuköndürjiligi boýunça kiçi, orta we uly kompressorlary tapawutlandyryrlar:

Kiçi kompressorlar .....  $Q_0 - 12\text{kWt}$  çenli

Orta kompressorlar .....  $Q_0 - 12 \div 120\text{kWt}$

Uly kompressorlar .....  $Q_0 - 120\text{kWt}$ -dan ýokary

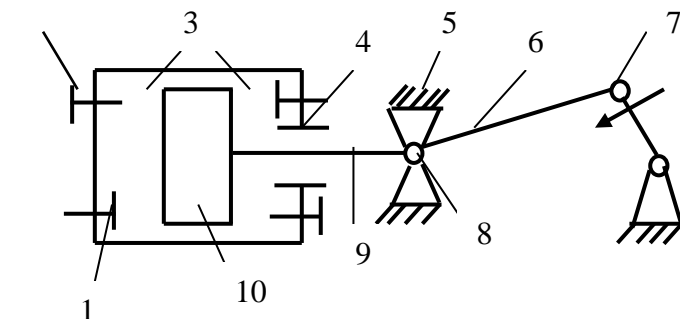
Konstruktiv alamaty boýunça kompressorlaryň indiki görnüşlerini tapawutlandyryrlar: kreýskopfly we kreýskopfsyz; ýönekeý we iki taraplaýyn gysýan; göni akymly we göni akymsyz; blok-karterli we blok silindrli; hereketlendirijisi daşynda we içinde ýerleşdirilen; silindrleri gorizontal, wertikal, burçlaýyn we oppozit ýerleşen; suw we howa bilen sowadylýan; ýaglamagyň mejbury we erkin ulgamy.

Kreýskopfly konstruksiýalarda şatundan porşene hereket kreýskopf we ştok arkaly berilýär, kreýskopfsyzda – hereket gös-göni şatundan porşene berilýär.

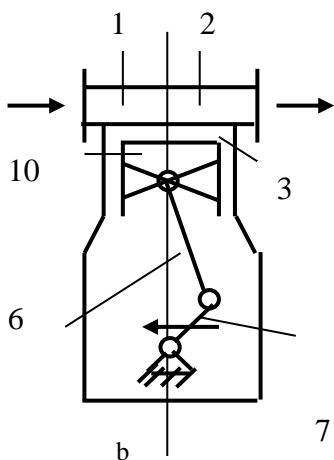
Göni akymly kompressorlarda bug iş prosesiniň ähli dowamynda bir ugurda hereketlenýär, sorujy klapan bolsa porşene berkidilýär we onuň bilen bilelikde hereketlenýär. Göni akymsyz konstruksiýalarda sorujy we gysyp itekleýji klapanlar hereketsiz, bug sorulanda we gysyp iteklenende hereketiň ugruny üýtgetýär.

Blok-karter konstruksiýalar umumy guýulan silindre we kartere eýe. Blok-silindrli konstruksiýalar häzirki wagtda seýrek ulanylýar, bu ýerde karter we silindriň blogy biri-birine bolt birikdirilýän aýry-aýry detallar.

Priwody daşynda ýerleşen ýa-da salnikli kompressorlar dwigatel bilen mufta ýa-da remen berijilik arkaly birleşýär. Salniksiz kompressorlarda elektrodwigatel karterde ýerleşen.



a



b

1-nji surat. Porşenli kompressoryň görnüşleri:

a—kreýskopfly; b—kreýskopfsyz; 1— soruýy klapen; 2—gysyp itekleýji klapen; 3— silindriň işçi giňişligi; 4— ştoгы berkidiji; 5—kreýskopfy ugrukdyryjy; 6—şatun; 7— kriwoşip(tirsekli wal); 8—kreýskopf; 3—ştok; 10—porşen

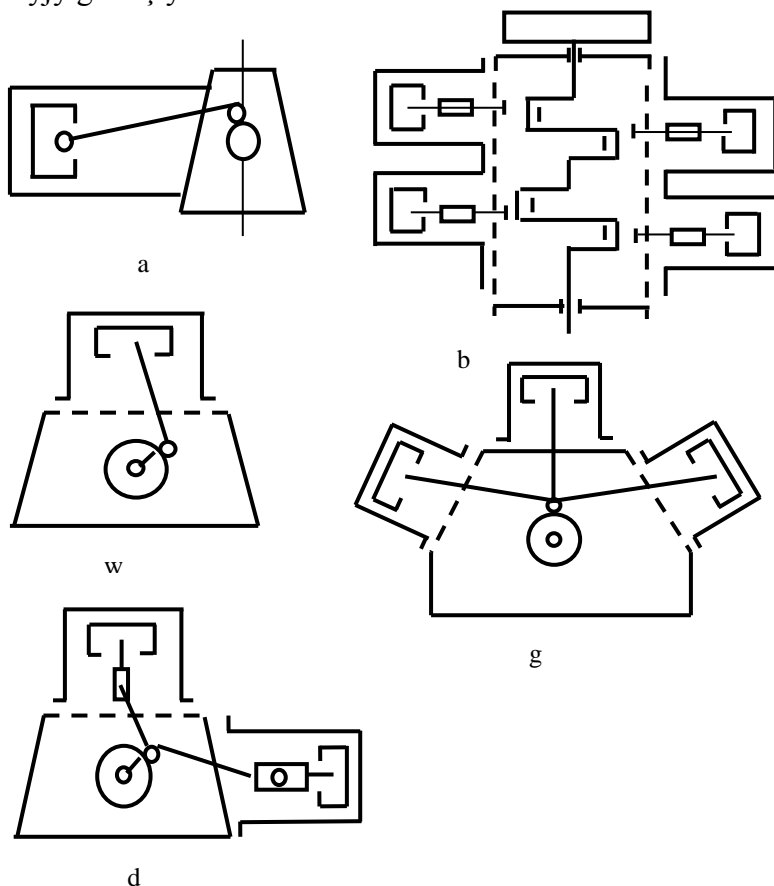
Wertikal kompressorlarda silindriň oklary(oslary) wertikal ýerleşen, onuň sany — bir ýa-da iki. Silindrleri burç boýunça ýerleşen

kompressorlar silindriň V-, W- ýa-da VV- görnüşli ýerleşmeginde ýerine ýetirilýär.

Ýaglamagyň erkin ulgamyna(nasossyz) eýe bolan kompressorlar, ýag sürtülýän üstlere pürkilmeginiň hasabyna berilýär. Ýaglamagyň mejburi ulgamlarynda ýag nasos arkaly döredilýän basyş astynda berilýär.

Funksional alamatlary boýunça, şeýle-de konstruktiv aýratynlyklary boýunça kompressorlary indiki toparlara bölmek mümkin: durnukly(stasionar) we ulag(transport); ýokary, orta

we pes temperaturaly; bir, iki we köp basgançakly; öndürijiligi sazlaýjy gurluşly we onsuz.



2-nji surat. Silindriň ýerleşşi boýunça porşenli kompressorlaryň klassifikasiýasy:

a–gorizontal; b–oppozit; w–wertikal; g–Y-görnüşli; d–W-görnüşli

Silindrde çalyň ýagsyz işleýän kompressorlary sowadyjy kompressoryň aýry toparyna bölmek mümkin. Olar möhüm artykmaçlygy eýe, sebäbi ýylylyk çalyşyjy apparatlary ýag bilen hapalamayarlar we şunuň bilen birlikde olaryň işiniň effektiwligini ýokarlandyrýar.

Häzirki wagtda kreýskoply kompressorlar has giň ýaýran, olaryň silindri ýaglanmaýar, hereket mehanizmi adaty aýlawly ýaglanyşa eýe.

Göwrümli kompressorda ýapyk göwrümi kiçeltmek arkaly gazyň basyşyny ýokarlandyrýarlar. Ýapyk boşlugyň kiçelmegi göwrüm birliginde molekulalaryň konsentrasiýasynyň ýokarlanmagy bilen bolup geçýär.

Göwrümli kompressorlarda gysylma prosesi periodiki bolup geçýär. Göwrümli kompressoryň işçi göwrümi hökmany kä ulalmaly, kä-te kiçelmeli. İşçi giňişligiň göwrüminiň giňelýän wagtynda gaz işçi giňişlige girmek bilen ony doldurýar. Bu göwrüm kiçelen wagtynda gaz gysylýar, onuň basyşy ýokarlanýar we soňraky gysylmasynda gaz işçi giňişlikden iteklenilýär.

Porşenli kompressorlar – göwrümli kompressorlaryň wekili bolup durýar. Porşenli kompressorlar giňden ýaýran. Olar kompressorlaryň beýleki görnüşlerinden tygşytlylygy, ýönekeý gurluşy, bejeriş ýeňillikleri, örän berkligi bilen tapawutlanýarlar.

Porşenli kompressor diýip, göwürüme täsirli kompressora aýdylýar, onda işçi giňişligiň göwrüminiň üýtgemegi göniçyzykly öňe-yza hereketlenýän porşen bilen amala aşyrylýar.

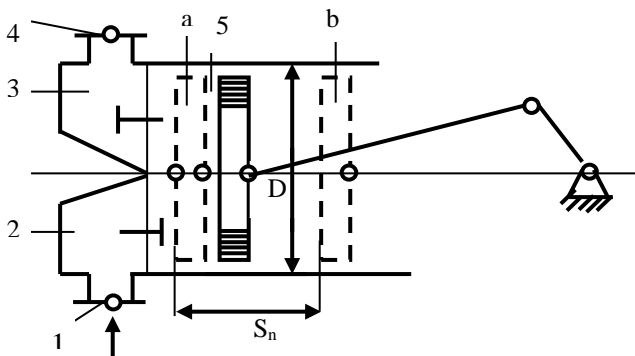
Porşenli kompressorlary silindrleriň ýerleşşi (sur g.1) we döretýän gazynyň basyşy boýunça toparlara bölmek mümkin: pes basyşly–0.1 MPa çenli, orta basyşly–1.0-den 10 MPa çenli, ýokary basyşly–100 MPa çenli we has ýokary basyşly–100 MPa hem köp; gysylan gazyň hili boýunça (howaly, gazly, sowadyjyly); gysyjylyk basgançagyň sany boýunça (bir basgançakly, iki basgançakly, köp basgançakly). Şeýle hem, porşenli kompressorlar silindri ýaglanýan we ýaglanmaýan kompressorlara, suw we howa bilen sowadylýan kompressorlara bölünýär.



## 1.2. Esasy kesgitlemeler

Porşeniň çägi. Porşenli kompressorlarda iki sany porşeniň täsiri ýetmeýän çäginu tapawutlandyrýarlar: ýokarky we aşaky. Başgaça aýdanymyzda porşeniň ýokarky çägi (PÝÇ) we porşeniň aşaky çägi (PAÇ). Porşeniň tirsekli waldan has daşlaşan çäginu *porşeniň ýokarky çägi* diýip aýdylýar (3-nji surat, b-ýagdaý), porşeniň hereketlenýän mehanizme has ýakyn çäginu *porşeniň aşaky çägi* (3-nji surat. a-ýagdaý) diýip aýdylýar.

Porşen bilen häsiýetlendirilýän göwrüm. Porşenli kompressorlarda hasaplamalar geçirilende köplenç: "silindriň işçi göwrümi"  $V_h$  ( $m^3$ ) düşünjesi ulanylýar, ýönekeý gurluşly (hereketli) silindrlu üçin onuň bahasy porşeniň meýdanynyň  $F_p$  porşeniň doly ädimine  $S_p$  köpeldilmegine deň; "wagt birliginde silindriň işçi göwrümi"  $V_h$  ( $m^3/s$ ), ýönekeý gurluşly silindrlu üçin onuň bahasy  $V_h$ -niň tirsekli walyň aýlaw ýygylgyna  $n_0$  (1/s) köpeldilmege bilen kesgitlenilýär



3-nji surat. Ýönekeý hereketli kompressor:

a—porşeniň ýokarky çägi; b— porşeniň aşaky çägi; 1—sorulmanyň standart nokady; 2—sorulma giňişligi; 3—gysyp iteklenme giňişligi; 4—gysyp iteklenme standart nokady; 5—silindriň işçi giňişligi

Ýönekeý gurluşly kompressorlar üçin häsiýetlendiriji göwrüm (3-nji surata seret):

$$V'_h = (\pi D^2/4) \cdot S_p = F_p S_p \quad (1.1)$$

$$V_h = (\pi D^2/4) S_p \cdot n_o = F_p \cdot S_p \cdot n_o \quad (1.2)$$

İki taraplaýyn hereketlenýän kompressorlar üçin häsiýetlendiriji göwrüm (4-nji surata seret):

$$V'_h = (2\pi D^2/4) S_p - (\pi d_{st}^2/4) S_p \quad (1.3)$$

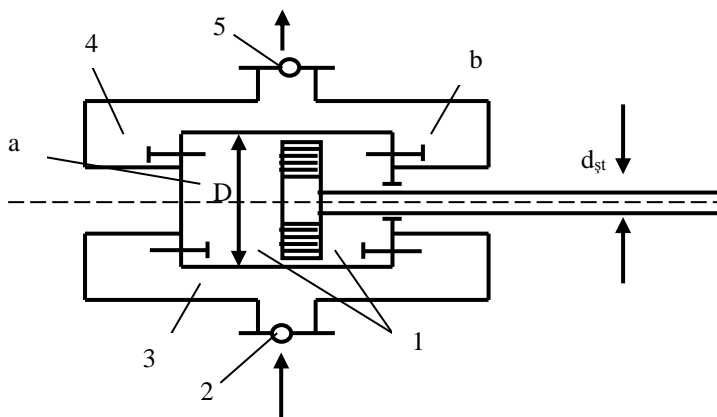
$$V'_h = \pi/4 (2D^2 - d_{st}^2) S_p \quad (1.4)$$

$$V'_h = \pi D^2/4 (2 - \alpha_{st}^2) S_p = F_p S_p (2 - \alpha_{st}^2) \quad (1.5)$$

$$V_h = (\pi D^2/4) (2 - \alpha_{st}^2) S_p \cdot n_o = F_p S_p (2 - \alpha_{st}^2) n_o \quad (1.6)$$

$$V_h = (\pi/4) (2D^2 - \alpha_{st}^2) S_p n_o \quad (1.7)$$

bu ýerde  $\alpha_{st} = d_{st}/D$ .



4-nji surat. İki taraply hereketlenýän kompressor:

1—silindriň giňişligi (a-gapagyň giňişligi, b-ştogyň giňişligi); 2-sorulmanyň standart nokady; 3-sorylma giňişligi; 4-gysyp iteklenme giňişligi; 5-gysyp iteklenmäniň standart nokady

Porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligi. Porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlik – bu silindrdäki porşen arkaly çykaryp bolmaýan gazyň göwrümi. Porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligi silindriň göwrümünde porşen we silindriň gapagynyň arasyndaky yşdan (porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly göwrümi), silindriň boşlugyny klapanyň baglama elementleri bilen birleşdirmek üçin niýetlenen nokatlarynyň göwrümünden (klapanda porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi) we dürli boşluklaryň göwrümünden (goşmaça porşeniň täsiri ýetmeýän

ginişligi) durýar. Haçanda, porşen ýokary çäkde ýerleşende, silindriň boşlugyndaky porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligini, silindriň boşlugyny doldurmak üçin gerek bolan suwuň ýa-da ýagyň mukdaryny ölçäp kesgitlemek bolar.

Porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly göwrümi (5-nji surat) silindriň gapagyna kompressoryň porşeniniň jebis baryp bilmeýändigi bilen şertlenen. Birnäçe sebäplere göre hökman ýokary çäkde porşeniň we silindriň gapagynyň arasynda yş bolmaly.

Ýokary çäkde ýerleşen porşeniň we silindriň gapagynyň arasyndaky yşyň ululygyny  $S_{ç.g.}$  (mm) (kompressoryň porşeniniň täsiri ýetmeýän çyzykly göwrümi) porşeniň doly hereketiniň  $S_p$  (mm) ululygyndan baglylykda aşakdaky formula bilen tapyp bolar:

$$S_{ç.g.} \approx 0.005 S_p + 0.5 \quad (1.8)$$

Akabalardaky porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi we porşeniň täsiri ýetmeýän goşmaça göwrümleri 5-nji suratda görkezilen.

Giňişlikdäki porşeniň täsiri ýetmeýän doly ululygy

$$V_{d.g.} = V_{ç.g.} + V_{kl.g.} + \sum V_{g.g.} \quad (1.9)$$

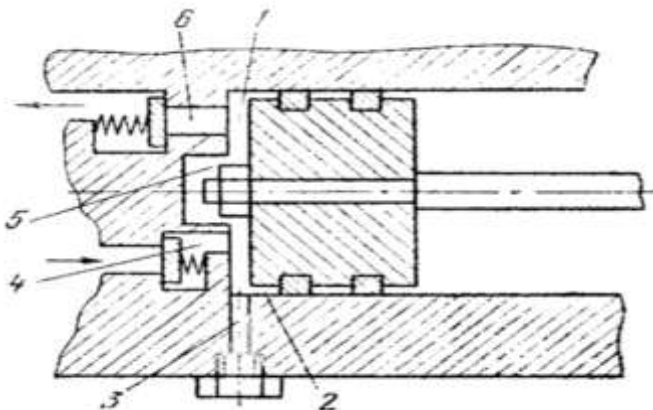
bu ýerde:  $V_{ç.g.}$  – porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly göwrümi;  $V_{kl.g.}$  – klapandaky porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi;  $\sum V_{g.g.}$  – porşeniň täsiri ýetmeýän goşmaça göwrümleriniň jemi.

Göräli we getirilen porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümleri.

Hasaplama baglanyşyklarynda ölçegsiz ululyklary ulanmak kabul edilen – porşeniň täsiri ýetmeýän göräli göwrümi  $a_g$ , ýagny, porşeniň täsiri ýetmeýän doly göwrüminiň  $V_{d.g.}$  berlen silindriň boşlugynda porşeniň bir öwrümünde sekillendirýän göwrümüne  $V_h'$  bolan gatnaşygy:

$$a_g = V_{d.g.} / V_h' \quad (1.10)$$

Köplenç  $a_g$  göterimlerde (prosentlerde) getirilýär.



5-nji surat. Porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümler:

1–çyzykly göwrüm; 2–porşeniň we silindriň arasyndaky göwrüm (birinji halka çenli); 3–indikator kanalyň göwrümi; 4–sorujy klapandaky göwrüm; 5–gaýkanyň aşagyndaky boş göwrüm; 6–gysyp itekleýji klapandaky göwrüm.

Indikator diagramma gurlanda porşeniň täsiri ýetmeýän getirilen göwrümi ulanylýar. Porşeniň hereketiniň ädiminiň birliginde kesgitlenilýän porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi:

$$S_{d.g} = V_{d.g}/F_p = (V_{d.g}/V_h) S_p = a_g \cdot S_p \text{ [mm]} \quad (1.11)$$

$a_g$  we  $S_{d.g}$  bahalaryny silindriň her bir boşlugy üçin aýratynlykda kesgitleýärler.

Häzirki zaman porşenli kompressorlarynda  $a_g = 0.015 \div (1.5 - 5\%)$ .

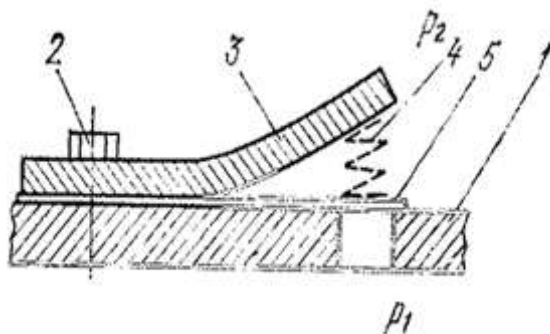
Basyşyň göräli ýokarlanmasy. Köplenç kompressorlarda "kompressorda basyşyň göräli ýokarlanmasy"  $\varepsilon$  düşüňjesi ulanylýar. Ol gysyp iteklenme basyşyň sorulma basyşa bolan gatnaşygyny görkezýär:

$$\varepsilon = P_{g.i}/P_s \quad (1.12)$$

### 1.3. Porşenli kompressoryň paýlaýjy organlary

Porşenli kompressoryň paýlaýjy organy – sorujy we gysyp itekleýji sowma trubanyň giňişligini we silindriň işçi giňişligini bölüji we birikdiriji periodiki açylýan we ýapylýan elementler ýa-da düwünler. Ýerine ýetirýän wezipesi boýunça sorujy we gysyp itekleýji paýlaýjy organy we öz-özünden hereketlenýän we mejburi hereketlenýän paýlaýjy organy tapawutlandyryrlar.

Porşenli kompressorlaryň paýlaýjy organy hökmünde öz-özünden hereketlenýän klapanlar has giň ulanma eýe boldylar (6-njy surat). 1 klapan plita  $P_1$  we  $P_2$  basyşly iki boşlugy bölýär. Plitada baglaýjy (kilt) element – 5 klapan plastina bilen ýapylýan yş ýerine ýetirilen. Baglaýjy element ýuka polat plastinany aňladýar. Ol iki boşlugy birikdirip, ýokary galyp we yşy açyp bilýär. 5 plita bir tarapdan  $P_1$  basyş, beýleki tarapdan  $P_2$  basyş we 4 pružiniň maýyşgaklyk güýji täsir edýär. Plastinanyň ýokary tapara hereketi galmany çäklendiriji 3 bilen çäklendirilýär.



6-njy surat. Öz-özünden hereketlenýän klapanyň shemasy:

1—klapan plita; 2—berkidiji hyr; 3—galmany çäklendiriji; 4—pružin;  
5—plastina,

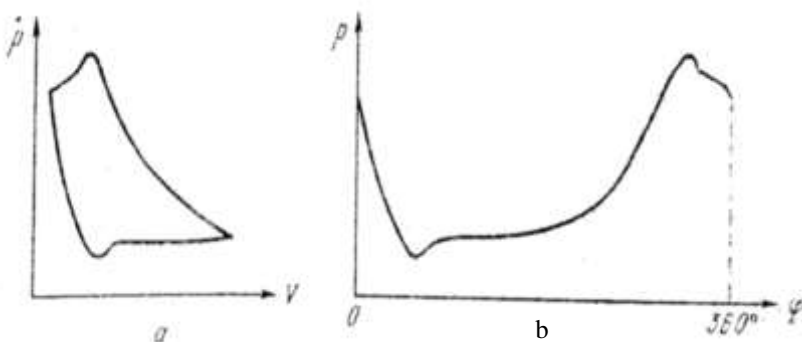
Şeýle klapanyň işleýşine ýönekeýje seredeliň. Goý, klapan gysyp itekleýji bolsun,  $P_1$  basyşly boşluk gysylma

prosesi bolup geçýän silindriň işçi giňişligi bolsun. Sur. 6 görkezilişi ýaly 2 plastina klapa plitasyndaky ýşy ýapýar.  $P_1$  basyş bilen şertlenen plastina täsir edýän güýç, 4 pružiniň maýyşgaklyk güýjini we gysyp itekleýji giňişlikde  $P_2$  basyş bilen şertlenen güýji ýeňýänçä plastina ýapyk ýagdaýda bolar. Şeýlelikde, kesgitli basyşa çenli silindriň giňişliginiň ýapyk göwrümünde gaz gysylýar. Bu basyş silindriň giňişligini we gysyp itekleýji giňişligi ýş arkaly birikdirip, bu basyşda 5 plastina ýokary galýar. Şundan soňra gysyp iteklenme prosesi bolup geçýär, ýagny, silindriň giňişliginde gysylan gazyň gysyp iteklenme sowma geçirijisiniň giňişligine iteklenmesi bolup geçýär. Silindrdäki porşen ýokarky çäge ýetende we soňra başga tarapa hereket edip başlanda, işçi giňişlikde göwrümiň ulalmagy bilen silindrde basyş peselýär we gysyp itekleýji sowma geçirijisiniň tarapyndan klapanyň 5 plastinasyna täsir edýän güýç silindriň giňişligindäki  $P_1$  basyş bilen şertlenen güýçden ýokary bolýar (6-njy surata seret). 5 Plastina klapa plita gysylýar we ýşy ýapýar. Silindrdäki  $P_1 \leq P_2$  basyşly ähli proseslerde klapa ýapyk bolýar. Seredilen ýagdaý-da biz öz-özünden hereketlenýän diýip atlandyrylýan gysyp itekleýji klapanyň işini aýdyňlaşdyrdyk. Mejbury hereketlenýän klapalar käbir täsiriň (mysal üçin mehaniki) netijesinde açylýar. Mejbury hereketlendirijili klapalaryň açylma we ýapylma pursady klapa açýan we ýapýan ýörite gurluşlar bilen sazlanýşygy bellenen we kesgitlenen. Porşenli kompressorlarda mejbury yrgyldyly klapalar örän seýrek ulanylýar.

#### 1.4. Indikator diagramma

Porşen hereketlenende silindriň işçi giňişliginiň göwrümi üýtgeýär, bu giňişlikde gazyň basyşy hem üýtgeýär. Porşeniň ýagdaýyndan, ýagny silindriň işçi giňişliginiň göwrümünden baglylykda, işçi giňişlikde gazyň basyşynyň üýtgemesini grafiki görnüşde şekillendirmek mümkin. Porşeniň

ýagdaýyndan ýa-da işçi giňişligiň göwrüminden silindriň işçi giňişligindäki gazyň basyşynyň baglylygynyň grafigini *indikator diagramma* diýip atlandyrmak kabul edilen. Köplenç gorizonttal okda ýokarky çäkden porşeniň süýşmesiniň masştaba laýyklykdaky bahasy ýerleşdirilýär, wertikal okda–işçi giňişlikdäki gazyň basyşy. Tirsekli walyň öwrülmesiniň burçundan porşeniň hereketiniň birsyhly baglydygy bize belli. Kā halatlarda indikator diagrammany  $P-\varphi$  koordinatalarda gurýarlar, bu ýerde  $\varphi$  – tirsekli walyň öwrülme burçy.



7-nji surat. Porşenli kompressoryň indikator diagrammasynyň görnüşleri: a–ýapyk(düýrlenen); b–walyň öwrüm burçy boýunça ýaýbaňlanan(açyk).

Şeýlelikde, porşenli kompressoryň indikator diagrammasynyň iki görnüşini tapawutlandyrmak hökman: ýapyk we açyk (7-nji surat). *Birinji* – işçi giňişligiň üýtgeýän göwrüminden, ýagny, porşeniň ýagdaýyndan (tutýan ornundan) baglylykda, silindriň içinde basyşyň üýtgemesiniň grafiki şekillendirilmesi; *ikinji*–tirsekli walyň öwrülme burçyndan, ýagny wagtdan baglylykda silindriň işçi giňişliginde gazyň basyşynyň üýtgemesiniň grafiki şekillendirilişi. Porşeniň ýokarky çäkke ýerleşen ýagdaýyna (nokadyna) gabat gelýän kriwoşipiň ýagdaýyny tirsekli walyň öwrülme burçunyň hasaplama pursadynyň başlangyjy hökmünde kabul edýärler. Açyk indikator diagramma ýapyk görnüşde ýeňil gurnalyp bilner we tersine.

Ýapyk indikator diagramma has giňden peýdalanylýar. Sebäbi P-V koordinatalarda gurulan diagrammanyň meýdany işe proporsional.

## 1.5. Energetiki balans

$P_1$  basyşly giňişlikden  $P_2$  basyşly giňişlige ( $P_2 > P_1$ ) gazy geçirmek üçin oňa bermeli zerur energiýany  $L_k$  jem görnüşde aňlatmak mümkin:

$$L_k = L_{kin} + L_{pot} + L_{gys} + L_{geç} + L_{sür} \quad (1.13)$$

bu ýerde:  $L_{kin}$  – gazyň kinetik energiýasynyň üýtgemesi;  $L_{pot}$  – gazyň ýagdaýynyň (nokadynyň) energiýasynyň üýtgemesi, ýagny, potensial energiýasynyň üýtgemesi

$$L_{pot} = z_2 - z_1$$

bu ýerde:  $z_2$  we  $z_1$  – nul hökmünde kabul edilen derejä görälikde gazyň elementiniň agyrylyk merkeziniň ýagdaýy;

$L_{gys}$  – gazy gysmak üçin sarp edilýän energiýa;  $L_{geç}$  – gazyň geçirilmesine sarp edilýän energiýa;  $L_{sür}$  – ýerli garşylyklarda we diwarlarda gazyň sürtülmesine energiýanyň sarp edişi.

Köplenc porşenli kompressorda gazyň tizligi kompressora girende we ondan çykanda ujypsyz tapawytlanýar. Şonuň üçin  $L_{kin}$  ululygy hasaba almasak hem bolýar. Porşenli kompressoryň akýş böleginde gazyň tizligi uly däl. Sürtülme ýitgileri bolsa tizligiň kwadratyna proporsional. Şonuň üçin  $L_{sür}$  ululyk porşenli kompressorlarda ujypsyz we ony (1.13) deňlemede hasaba almasaň hem bolýar.

Şeýlelikde (1.13) deňleme indiki görnüşi alar:

$$L_k = L_{gys} + L_{geç} \quad (1.14)$$

ýa-da gazyň massa birligi üçin

$$l_k = l_{gys} + l_{geç} \quad (1.15)$$

Porşenli kompressorda gazyň geçirilmesi sorulma giňişliginden kompressoryň silindrine gazyň geçirilmesinden we silindrde gysylan gazyň gysyp iteklenme giňişligine geçirilmesinden durýar.



## 1.6. Ideal kompressor

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

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

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

1. Porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi ýok, ýagny, gysyp iteklenme prosesi wagtynda silindride gysylan gaz galmaýar; şeýlelikde, yzyna giňelme ýok, öndürilijiligiň 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. Sorulma we gysyp iteklenme prosesinde silindrdäki gazyň basyşy SSN we GYSN basyşa deň bolup galýar.

6. Gaz sorulma prosesinde kompressoryň gyzgyn detallaryndan gyzmaýar, ýagny, sorulma wagtynda silindrdäki gazyň temperaturasy SSN-daky gazyň temperaturasyna deň.

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

8. Sorujy klapa öz-özünden hereketlenýär. Ol PÝÇ açylýar we PAÇ ýapylýar.

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

10. Mehaniki düwünlerde sürtülme ýok.

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

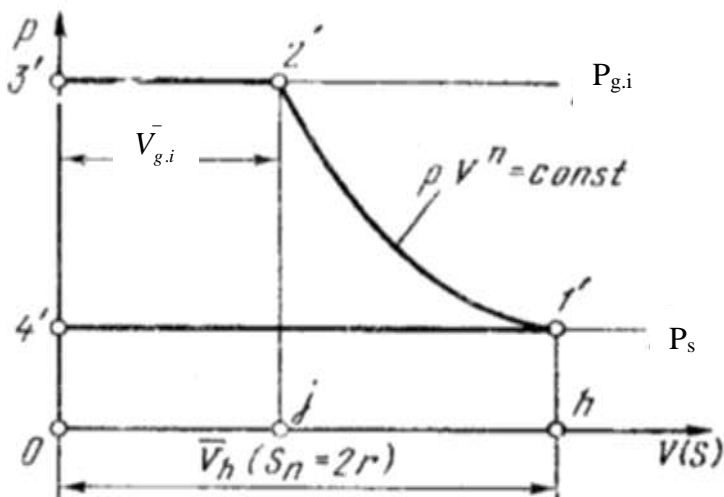
### **1.7. Ideal kompressoryň indikator diagrammasy**

Gazy  $P_s$  basyşyndan gysyp iteklenme  $P_{g,i}$  basyşyna çenli gysýan ideal kompressoryň indikator diagrammasynyň gurulyşyna seredeliň (8-nji surat).

Ideal kompressoryň silindrinde bolup geçýän üç prosesi tapawutlandyrýarlar: sorulma ( $4'-1'$ ), gysylma ( $1'-2'$ ) we gysyp iteklenme ( $2'-3'$ ). Sorulma wagtynda gaz sorulmanyň sowma geçirijisinden silindriň işçi boşlugyna geçýär. Gysylma wagtynda silindriň işçi boşlugynda ýerleşýän gazyň basyşynyň 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, ýagny. SSN-daky basyşda we temperaturada (5 we 6 ýol berilmelere seret). 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 GISN basyşa

Soñra gysyp iteklenme prosesi başlanýar. Ol hemişelik  $P_{gi}$  basyşda bolup geçýär (4 we 5 ýol bermeler).



Ideal 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 (8-nji surat).

### 1.8. Ideal kompressorda gazyň gysylmagy we ýerini üýtgetmegi üçin zerur iş

25

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:

$$L_s = -P_s F_p S_p = -P_s V_1' = -P_s V_h' \quad (1.16)$$

Gysylma işi. Elementar gysylma işi:

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

Bu ýerden gysylma prosesinde doly iş

$$L_g = \int_{V_{1'}}^{V_{2'}} P dV. \quad (1.17)$$

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

Gysyp iteklenme işi

$$L_{gi} = P_{gi} S_p F_p = P_{gi} V_{gi} \quad (1.18)$$

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

$$L_{g,i} = P_{g,i} V_{2'} \quad (1.19)$$

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

$$L_k = -P_s V_1' + P_{g,i} V_{2'} \int_{V_{2'}}^{V_{1'}} P dV. \quad (1.20)$$

ýa-da

$$L_k = -P_s V_h' + P_{g,i} V_{g,i}' \int_{V_{g,i}'}^{V_h'} P dV. \quad (1.21)$$

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

## 1.9. Ideal kompressorlaryň görnüşleri

Porşenli kompressorlaryň nazaryýetinde gysylma prosesi boýunça biri-birinden tapawutlanýan ideal kompressorlaryň birnäçe görnüşleri ulanylýar.

Izotermiki ideal kompressor. Gazyň gysylmasy hemişelik temperaturada, ýagny, izoterma boýunça bolup geçýän ideal kompressorlara *izotermiki ideal kompressor* diýip at berilýär.

Izotermiki prosesde gysylma işi:

$$L_{g,i,iz} = \int_{V_{g,i}}^{V_h} P dV = P_s V_h' \ln \frac{P_{g,i}}{P_s}. \quad (1.22)$$

Walyň bir aýlawynda gazyň gysylma we ýerini üýtgetmegi üçin işiniň deňlemesini (1.22) deňlemäni (1.21) formula goýup alarys.

$$L_{k, iz} = -P_s V_h' + P_{g,i} V_{g,i}' + P_s V_h' \ln \frac{P_{g,i}}{P_s}$$

Gysylmanyň izotermiki prosesi üçin

$$P_s V_h' = P_{g,i} V_{g,i}'$$

onda

$$L_{k, iz} = P_s V_h' \ln \frac{P_{g,i}}{P_s} \quad (1.23)$$

Adiabatiki ideal kompressor. Gazyň gysylma prosesinde silindriň işçi giňişliginiň diwarlary bilen gysylýan gazyň arasynda ýylylyk çalşygy bolup geçmeýän ideal kompressorlara *adiabatiki ideal kompressor* diýilýär.

Adiabatiki gysylma prosesiň işi:

$$\begin{aligned}
 L_{ad} &= \int_{V'_{g,i}}^{V'_h} P dV = \frac{1}{k-1} (P_{g,i} V'_{g,i} - P_s V'_h) \\
 &= \frac{1}{k-1} P_s V'_h \left[ \left( \frac{P_{g,i}}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]. \quad (1.24)
 \end{aligned}$$

Tirsekli walyň bir aýlawynda adiabatiki ideal kompressorda gazyň gysylmagy we ýerini üýtgetmegi üçin işi (1.21) deňlemiden alnyp bilner.

$$L_{kad} = -P_s V'_h + P_{g,i} V'_{g,i} + \frac{1}{k-1} P_s V'_h \left[ \left( \frac{P_{g,i}}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

we

$$L_{kad} = -P_s V'_h + P_{g,i} V'_{g,i} + \frac{1}{k-1} (P_{g,i} V'_{g,i} - P_s V'_h),$$

ýa-da ýönekeýleşdirmelerden soň

$$L_{kad} = \frac{k}{k-1} P_s V'_h \left[ \left( \frac{P_{g,i}}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (1.25)$$

we

$$L_{kad} = \frac{k}{k-1} (P_{g,i} V'_{g,i} - P_s V'_h). \quad (1.26)$$

Adiabatiki ideal kompressorda gysylmanyň ahyryndaky temperatura, ýagny iteklenme temperatura,  $T_{gi}$

$$T_{gi} = T_s (P_{gi}/P_s)^{(k-1)/k} \quad (1.27)$$

Politropiki ideal kompressor. Politropa boýunça gazyň gysylmasy bolup geçýän ideal kompressora *politropiki ideal kompressor* diýilýär.

Tirsekli walyň bir aýlawynda politropiki ideal kompressorda gazyň gysylmasy we ýerini üýtgetmegi üçin işi adiabatiki ideal kompressoryň işine meňzeşlikde alnyp bilner:

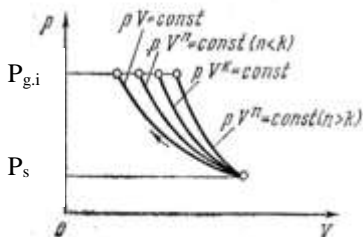
$$L_{kpol} = \frac{n}{n-1} P_s V'_h \left[ \left( \frac{P_{g,i}}{P_s} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (1.28)$$

$$L_{kpol} = \frac{n}{n-1} (P_{g,i} V_{g,i}' - P_s V_h'). \quad (1.29)$$

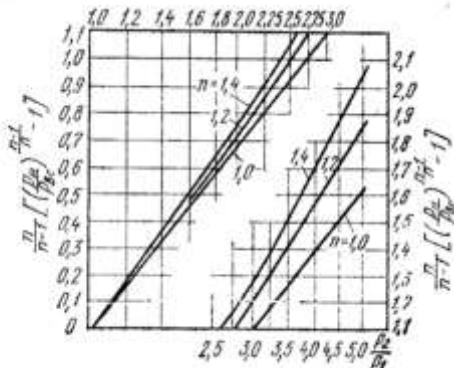
Politropiki ideal kompressoryň gysyp iteklenme temperaturasy  $T_{gi}$  indiki formula boýunça kesgitlenip bilner.

$$T_{gi} = T_s (P_{gi}/P_s)^{(n-1)/n} \quad (1.30)$$

Politropa görkezijiniň ýokarlanmagy bilen gazyň gysylma we ýerini üýtgetmesiniň işi  $L_k$



9-njy surat. Ideal kompressoryň indikator diagrammasyna politropa görkezijiniň täsiri



10-njy surat. Ideal kompressoryň gysylma we gazyň geçiş işiniň kesgitlemek üçin

Politropa görkezijiniň ýokarlanmagy bilen gazyň gysylma we ýerini üýtgetmesiniň işi  $L_k$  ýokarlanýar (9-njy surat; 10-njy surat).

Politropa görkezijini kemeltmäge umtylmaly, ýagny gysylýan gazdan alynýan ýylylygyň mukdaryny ýokarlandyrmaga umtylmak zerur.

Basyşyň gözäli ýokarlanmasy näçe ýokary bolsa, aýlawyň işiniň ululygyna gysylmanyň politropa görkezijisiniň täsiri şonça ýokary. Muny 10-njy surat örän gowy şekillendirýär. Bu ýerde  $(n/n-1)[(P_{gi}/P_s)^{(n-1)/n} - 1]$  ululygyň basyşyň göräli ýokarlanmasyndyndan  $\epsilon$  we gysylmanyň politropa görkezijisinden  $n$  baglylygy görkezilen.  $\epsilon=3$  bolanda adiabatiki ideal kompressoryň işi izotermiki ideal kompressoryň işinden 17 %, haçanda  $\epsilon=5$  bolanda bolsa 27 % ýokary.

## 1.10. Real bir basgançakly kompressor

*Real kompressory öwrenmegiň aýratynlygy.* Öňki sapakda seredilen ideal kompressoryň işindeň real kompressoryň işi köp tapawutlanýar. Hakyky (real) kompressorda birwagtda kompressoryň öndürijiligine 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 baglanşykly, 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 tapawutlandyrýan, hakyky kompressoryň öndürijiligine 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 (shemalaşdyrılan) 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 baglansygyň aýdyňlygy ýitirilýär, şeýle hakyky proses ýönekeý we aýdyň matematiki beýana eýe bolan şertli (shemalaşdyrılan) proses bilen çalşyryrlar. Bu ýagdaýda shemalaşdyrılan 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 öndürjiligin 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 öndürjiligine dürli faktorlaryň täsiriniň bagly dällik prinsipi we hakyky prosesleriniň shematizasiýasynyň usuly – hakyky bir başgançakly we köp başgançakly kompressorlara seredilende ulanylýar. Şeýle çemeleşme hasaplamanýň netijeleriniň hakykydan käbir gyşarmasyna getirýär, emma ýalňyşlyklar inžener hasaplamalar üçin ýol bererli bolup durýär.

### **1.11. 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

geçirijisindäki gazyň basyşyna seredeniňde ýokary bolýar. Kompresorlaryň 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 göwrümde 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 kontaktlaşanda gyzýar. Şeýlelikde, sorulmanyň sowma geçirijisine seredeniňde, silindrde sorulmanyň ahryndaky gazyň temperaturasy ýokary bolýar. Eger-de sorulma prosesi pursadynda gyzdyrylma ýok bolsa, onda bu ýagdaý-da sorulma prosesiň ahrynda silindrdäki gazyň dykzylygy kiçi bolar. Degişlilikde, sorulma prosesinde gazyň gyzdyrylmasy näçe ýokary bolsa, sonça-da silindre gazyň sorulmasy az. Sorulma prosesinde gazyň gyzdyrylmasy kompressoryň sarp edýän kuwwatynyň ýokarlanmasyna 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 çäklendirýän 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 silindrdäki gazyň basyşy kiçi. Bu bolsa öz gezeginde kompressoryň öndüriljiligine täsir edýär. Gysyp iteklenme wagtynda gysyp itekleýji klapanlardaky garşylyklarda basyşyň ýitgileri sebäpli silindrdäki gazyň basyşy gysyp itekleýji sowma geçirijisindäki basyşa seredeniňde ýokary bolýar.

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

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

Kompressorda gazyň akyp geçmegi bilen baglanyşyklykda başga-da birnäçe ýitgiler bar. Olary deňişli kitaplarda giňişleýin öwrenmek mümkin. Bu ýerde esasy ýüze çykýan ýitgiler getirilen.

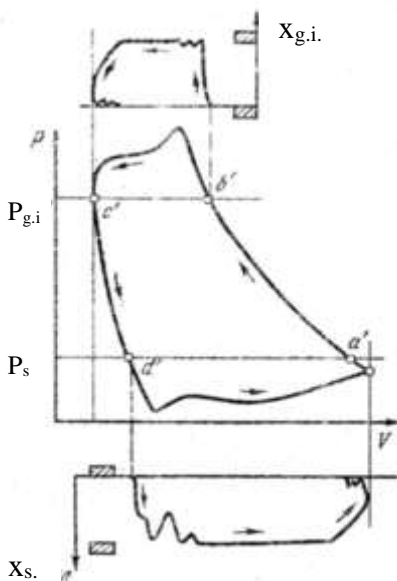
## **1.12. Real kompressoryň indikator diagrammasy.**

### **Real kompressorda işçi prosesleriň aýratynlygy**

Real kompressoryň indikator diagrammasy, sorujy we gysyp itekleýji klapanyň hereketiniň diagrammasy 11-nji suratda görkezilen. Sol bir diagramma tirsekli walyň aýlaw burçy boýunça açyk görnüşde 12-nji suratda görkezilen. 11-nji suratda we 12-nji suratda 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 klapa klapandaky basyşyň peselmesiniň alamatynyň üýtgemesi pursadynda ýapylmaly (11-nji surata we 12-nji surata ser.), ýagny  $a'$  nokatda – sorujy klapa üçin we  $c'$  nokatda – gysyp itekleýji klapa üçin.

Şeýlelikde, ideal sazlanan sorujy klapa  $d'$  nokatda açylýar,  $a'$  nokatda ýapylýar. Ideal sazlanan gysyp itekleýji klapa  $b'$  nokatda açylýar we  $c'$  nokatda ýapylýar. Şuňa baglylykda 11-nji suratda we 12-nji suratda sorulma prosesi  $d'-a'$ ; gysylma prosesi  $a'-b'$ ; gysyp iteklenme prosesi  $b'-c'$  we yzyna

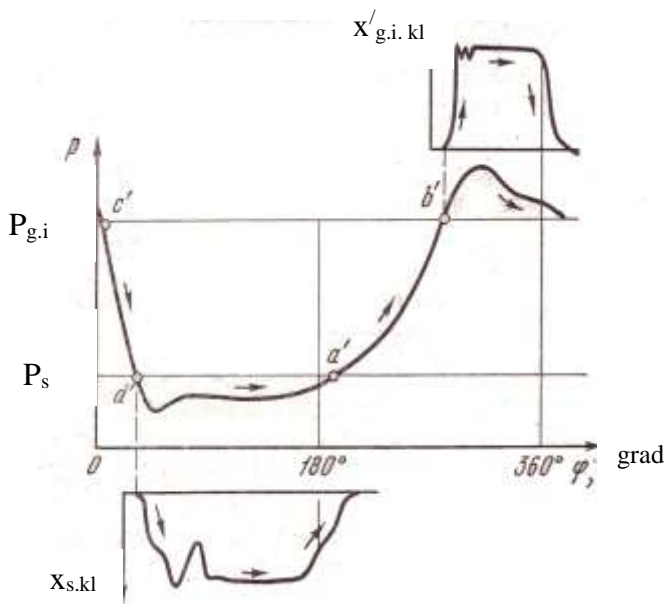


11-nji surat. Hakyky kompressoryň ýapyk indikator diagrammasy

ginelme prosesi  $c'-d'$  egride şekillendirilen.

Hakykatda klapany ideal sazlap bolmaýar. Şonuň üçin, düzgün boýunça klapanyň 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, klapanalarda gidrawliki garşylyklaryň üýtgemesi bilen şertlenen, sebäbi klapanyň plastinasynyň aşak düşme we ýokary galma prosesinde klapanyň geçiş kese-kesiginiň meýdany üýtgeýär. Klapanyň üsti bilen gazyň gysyp iteklenmesineň sarp edilýän



12-nji surat Hakyky kompressoryň açyk(ýaýbaňlandyrylan) indikator diagrammasy

gazyň energiýasynyň ýylylyga öwürilmegi netijesinde, şeýle hem klapanyň we silindriň gyzgyn diwarlaryndan gazyň gyzmagy netijesinde sorulýan gazyň temperaturasy ýokarlanýar. Şonuň üçin sorulma prosesiniň ahyrynda silindrdäki gazyň temperaturasy, ýagny sorujy klapanalaryň ýapylýan pursadyndaky gazyň temperaturasy sorulma sowma geçirijisindäki gazyň temperaturasyndan ýokary.

Gysylma prosesi. Bu proses sorujy klapanyň ýapylan pursadyndan başlanýar we gysyp itekleýji klapanyň açylan pursadynda gutarýar. Gysyp itekleýji klapanyň açylan pursadynda silindrdäki gazyň basyşy  $P_{gi}$  basyşy seredeninde ýokary, sebäbi gysyp itekleýji klapanyň açylmagy üçin basyşyň üýtgemesi (bökmesi) zerur (klapanyň çäklendirijä plastinanyň ýelmeşmeginiň we pružiniň täsirini klapanyň plastinasynyň inersiýa güýjüni ýeňmek üçin). Gysylma prosesiniň birinji döwründe silindriň işçi giňişligindäki gazyň orta temperaturasy silindriň diwarynyň orta temperaturasyna seredeninde 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 ýokarlanylýar 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 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 prosesiň 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 däldigi 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.

### **1.13. 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:

$$\lambda = V_e / V_h \quad (1.31)$$

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

Real kompressoryň öndürijiligi ideal kompressoryň öndürijiliginiň haýsy bölegini tutýandygyny berijilik koeffisienti görkezýär. Berijilik koeffisienti  $\lambda$  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 klapanalaryň ýapylmagynyň gijikmesi. Bu goşmaça sebäpler käbir ýagdaýlarda real kompressoryň öndürijiligine ýeterlik täsir edip biler. Emma sorujy geçiriji trubalaryň we klapanalaryň dogry gurluşynda olaryň täsiri ujypsyz.

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



Hakyky kompressoryň öndürjiligiň ululygyna ähli faktorlaryň bilelikdäki täsirini berijilik koeffisienti  $\lambda$  hasaba alýar. [1.31 deňlemä serediň]. Kompresor gurnalanda (şeýle hem ulanmanyň käbir ýagdaýlarynda) öndürjilige täsir edýän esasy faktorlaryň her birini bilmek wajyp. Esasy faktorlaryň öndürjilige täsiri özara baglanyşykly, ýagny, biriniň üýtgemegi beýleki faktorlaryň täsiriniň intensiwligine bildirýär.

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

$$\lambda = \lambda_o \lambda_{dr} \lambda_y \lambda_j \lambda_c \quad (1.32)$$

bu ýerde  $\lambda_o$ -göwrüm koeffisienti, gysyp iteklenmeden soň porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlikde galan gazyň giňelmesi sebäpl, hakyky kompressoryň öndürjiligiň kemelmesine hasaba alýar;  $\lambda_{dr}$  –drossel koeffisienti, sorujy klapan arkaly gazyň geçmesinde basyşyň peselmesi sebäpli öndürjiligiň kemelmesini hasaba alýar;  $\lambda_y$  – gyzdrylma koeffisienti, sorulma prosesi wagtynda gazyň gymzasy sebäpli öndürjiligiň kemelmesini hasaba alýar;  $\lambda_j$  –jebislik(berklik) koeffisienti, işçi giňişligiň jebis dældigi sebäpli öndürjiligiň kemelmesini hasaba alýar;  $\lambda_c$ -çyglylyk koeffisienti, sorulýan gazda suw buglaryň barlygy sebäpli öndürjiligiň kemelmesini hasaba alýar.

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

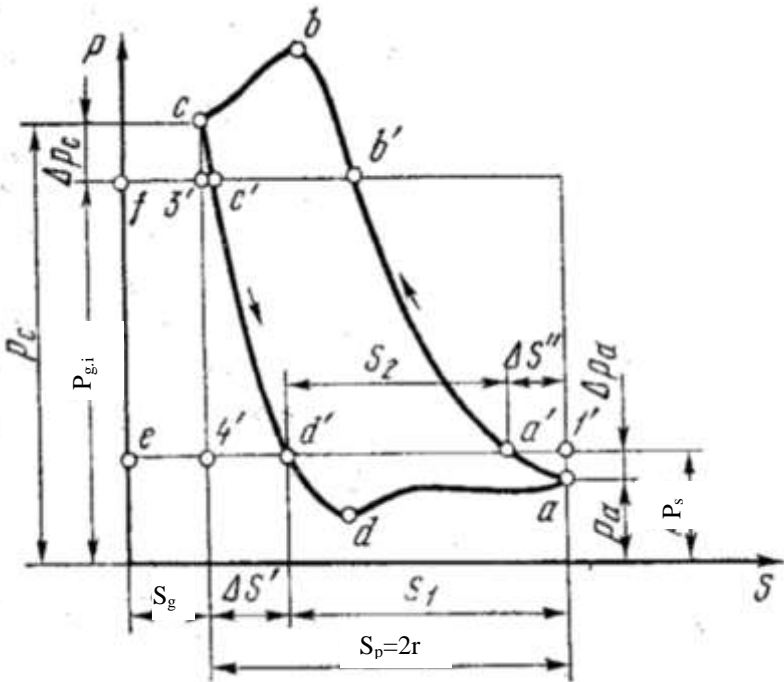
#### **1.14. Kompresoryň öndürjiligine porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň täsiri**

Göwrüm koeffisienti. Porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň hasabyna hakyky kompressoryň öndürjiligiň kemelmesi  $\lambda_o$  göwrüm koeffisienti bilen häsiýetlendirilýär. Ol

indikator diagrammada  $S_1$  we  $S_p$  kesikleriniň gatnaşygyny aňladýar (13-nji surat):

$$\lambda_0 = S_1/S_p \quad (1.33)$$

bu ýerde  $S_1$ -porşeniň täsiri ýetmeýän giňişliginiň aşaky çägininiň we sorulma basyşyna  $P_s$  gabat gelýän çyzyk bilen yzyna giňelme prosesiniň çyzygynyň kesişme nokatlarynyň arasynda ýerleşýän kesik



Sur.11. Hakyky kompressoryň indikator diagramması

Göwrüm koeffisienti indiki formula boýunça hem kesgitlemek mümkin:

$$\lambda_0 = \frac{S_p - \Delta S'}{S_p} \quad (1.34)$$

Göwrüm koeffisienti  $\lambda_0$  kesgitlemeklik porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüm sebäpli porşeniň ädiminiň  $\Delta S'$  „ýitirlen“

bölegini kesgitlemeklige syrykdyrylýar. Bu bölekde kompressoryň silindrine gaz sorulmaýar.

Porşeniň ädiminiň "ýtirlen" böleginiň ululygy:

$$\Delta S' = S_{d'} - S_g$$

Bu deňlemede  $S_g$  ululyk belli,  $S_{d'}$  ululyk bolsa ahyrky parametrleriň politropasyny ulanmak bilen yzyna giňelme prosesini deňlemesi boýunça hasaplanyp bilner.

$$P_{d'}/V_{d'}^m = P_c V_c^m,$$

bu ýerde  $P_{d'} = P_s$  we  $V_c = V_g$ ,

Ornuna goýmany geçirip, alarys:

$$P_s V_{d'}^m = P_c V_g^m,$$

ýa-da porşeniň ýerini üýtgetmesine geçip:

$$P_s S_{d'}^m P_p^m = P_c S_g^m P_p^m,$$

we

$$P_s S_{d'}^m = P_c S_g^m,$$

$S_{d'}$  we onuň üstünde  $\Delta S'$  tapyp, alarys:

$$\lambda_0 = 1 - \alpha_g \left[ \left( \frac{P_c}{P_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (1.35)$$

ýa-da

$$\lambda_0 = 1 - \alpha_g \left[ \left( \frac{P_{g,i} + \Delta P_c}{P_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (1.36)$$

$P_c$  ýa-da  $\Delta P_c$  basyşlary kesgitlemek ep-esli kynçylyklary döretýär, esasan täze kompressorlar taslanýlýan döwründe.

Hasaplamany ýeňilleşdirmek üçin  $P_c/P_s$  gatnaşygy  $P_{g,i}/P_s$  gatnaşyk bilen çalyşmak mümkin, ýagny, gysyp iteklenme sowma geçirijisinde  $P_{g,i}$  basyşyň we gysyp iteklenme prosesini ahyryndaky  $P_s$  basyşyň arasyndaky tapawudy hasaba alman.

Onda

$$\lambda_0 \cong 1 - \alpha_g \left[ \left( \frac{P_{g,i}}{P_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (1.37)$$

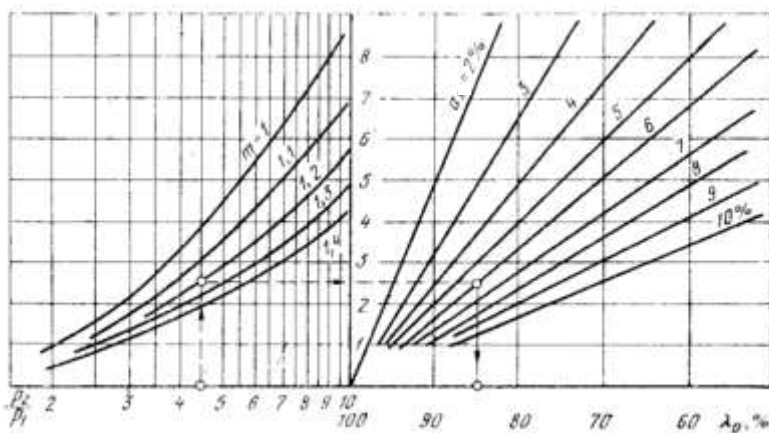
$P_c$ -i  $P_{g,i}$  çalşanymyzda ýalňyşlyk ujypsyz. Mysal üçin, porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň  $\alpha_g=0.05$  bahasynda we  $m=1.1$  bolanda  $P_c$ -ni  $P_{g,i}$  çalyşmak sebäpli ýalňyşlyk  $\sim 2.5\%$  düzýär.

Gysyp iteklenme prosesinde basyşyň ýitgisi hasaba alynmadyk ýagdaýynda  $\lambda$  koeffisientiň bahasy, bu ýitgi hasaba alnan ýagdaýyndan ýokary baha eýe.

Shemalaşdyrylan indikator diagramma boýunça  $P_c$  basyşy ( $\lambda_0$  kesgitlenende)  $P_2$  basyş bilen çalyşmak mümkin:

$$\lambda_0 \cong 1 - \alpha_g \left[ \left( \frac{P_2}{P_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (1.38)$$

(1.35) – (1.38) deňlemeleriň çözüdini nomagramma (14-nji surat) boýunça tapmak mümkin.



14-nji surat.  $\lambda_0$  kesgitlemek üçin nomogramma

Eger-de taslama hasaplamalary geçirilende porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi düzüjileriň absolýut bahasy belli bolmasa, onda  $\lambda_0$  ululyk kesgitlenende, göräli porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümini  $\alpha_g$  indiki çäklerde almak mümkin:

- I. basgançakda – 0.02–0.1;
- II. basgançakda – 0.03–0.1;
- III. basgançakda – 0.05–0.12;
- IV. basgançakda – 0.05–0.12;
- V. basgançakda – 0.08–0.15;
- VI. basgançakda – 0.1–0.18

### 1.15. Bir başgançakly hakyky kompressoryň indikator kuwwaty

Tejribe berlenleri arkaly hakyky kompressoryň indikator kuwwadyny kesgitlemek. Termodinamikadan belli bolşy ýaly, P-V diagrammada ýapyk aýlawly prosesi aňladýan egrileriň içinde çäklendirilen meýdan bu aýlaw wagtynda sarp edilen işe proporsional. Şuňa meňzeşlikde hakyky birbasgançakly kompressoryň indikator diagrammasyndaky meýdana proporsional işi we kuwwady kesgitlep bolar. Bu işe we kuwwada *indikator iş* we *kuwwat* diýip atlandyrylar.

Hakyky kompressoryň indikator kuwwady – bu ters ginelme prosesinde energiýanyň gaýtarylmasyny hasaba almak bilen gazyň gysylmasy we akyp geçmegi üçin zerur bolan kuwwat.

Eksperimental alynan indikator diagrammadan orta indikator basyşy tapyp, kompressoryň silindri üçin indikator kuwwady indiki deňlemeýden alýarys:

$$N_{\text{ind}} = P_{\text{ind}} F_p S_p n_o = P_{\text{ind}} V_h \quad (1.39)$$

Iki hereketli silindrlər ýa-da birnäçe silindrlil kompressorlar üçin indikator kuwwat ähli gysylma boşluklaryň indikator kuwwatlarynyň jemi görnüşinde kesgitlenilýär.

Kompressor taslanylanda indikator kuwwady kesgitlemegiň usullary. Täze kompressor taslanylanda gurnajy (konstruktor) hakyky indikator diagramma eýe bolmaýar.

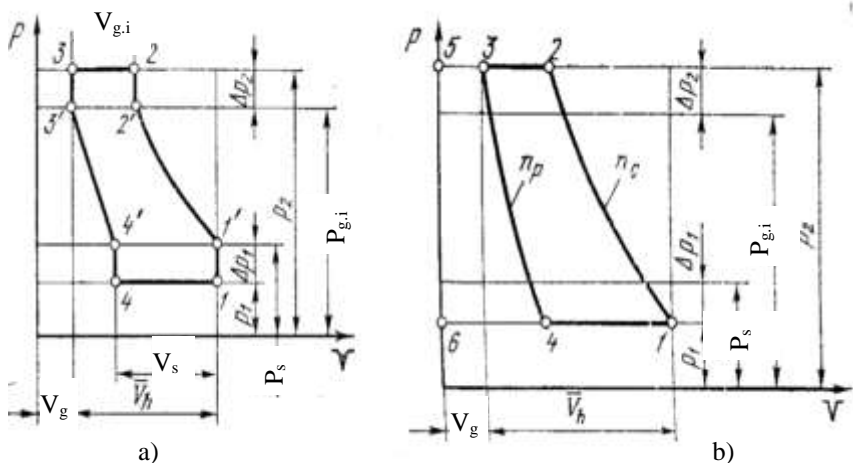
Taslama döwürlerinde indikator kuwwady hasaplamagyň indiki usullary peýdalanylýar:

1) ýönekeýleşdirilen shemalaşdyrylan indikator diagrammany ulanmak (15-nji (b) surata seret);

2) shemalaşdyrylan indikator diagrammany ulanmak (15-nji (a) surata seret);

3) diagrammanyň diňe esasy böleginiň ekwiwalent politropalarynyň shematizasiýasyny we klapanlarda energiýanyň ýitgileriniň anyklanylýan hasaplamalaryny ulanmak.

Iki ekwiwalent politropalaryň we iki hemişelik basyşyň çyzyklarynyň (birinji usulda— $P_2$  we  $P_1$ , ikinji usulda we üçinji usulda  $P_{g,i}$  we  $P_s$ ) arasynda ýerleşýän indikator diagrammanyň meýdanyna gabat gelýän işi kesgitlemek bu ähli usullar üçin umumy bolup durýar. Dogurdan hem, bu işi kesgitlemek üçin baglylyk ähli üç ýagdaýlarda birmeňzeş. Bu baglylyk boýunça işiň hasaplamalaryndaky tapawut basyşyň degişli bahasyny formula goýmak.



15-nji surat. a) – hakyky kompressoryň diagrammasy; b) – ýönekeýleşdirilen diagramma

shemalaşdyrylan indikator shemalaşdyrylan indikator

Ýönekeýleşdirilen shemalaşdyrylan diagramma boýunça bir basgançakly hakyky kompressoryň indikator kuwwatyny kesgitlemek. Ýönekeý hereketli kompressoryň indikator işini kesgitlemäge seredeliň, ýagny, bir işçi giňişlikli silindr.

15-nji (b) suratda getirilen belgileri ulanyp, kompressoryň indikator kuwwadynyň 1-2-3-4 meýdanlar arkaly häsiýetlendirilýändigini tassyklamak mümkin, ony 1-2-5-6 we 4-3-5-6 meýdanlaryň tapawudy görnüşde görkezmek mümkin.

Onda

$$L_{ind} = \int_1^2 V dP - \int_4^3 V dP. \quad (1.40)$$

bu ýerden tirsekli walyň bir aýlawynda indikator iş

$$L_{ind} = P_1 V_1 \frac{n_{gys} - 1}{n_{gys} - 1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n_{gys} - 1}{n_{gys}}} - 1 \right] - P_1 V_4 \frac{n_{giñ} - 1}{n_{giñ} - 1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n_{giñ} - 1}{n_{giñ}}} - 1 \right] \quad (1.40)$$

bu ýerde  $V_1 = (1 + a_g) V_h$ ;

$$V_4 = V_g \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n_{giñ}}} = a_g V_h' \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n_{giñ}}}.$$

Ornuna goýmany geçirip, deňlemäni indiki görnüşde özgerderis.

$$L_{ind} = P_1 V_h' \left\{ (1 + a_g) \frac{n_{gys} - 1}{n_{gys} - 1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n_{gys} - 1}{n_{gys}}} - 1 \right] - a_g \frac{n_{giñ} - 1}{n_{giñ} - 1} \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n_{giñ}}} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n_{giñ} - 1}{n_{giñ}}} - 1 \right] \right\}$$

we soňra

$$L_{ind} = P_1 V_h' \left\{ (1 + a_g) \frac{n_{gys} - 1}{n_{gys} - 1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n_{gys} - 1}{n_{gys}}} - 1 \right] - a_g \frac{n_{giñ} - 1}{n_{giñ} - 1} \left[ \frac{P_2}{P_1} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n_{giñ}}} \right] \right\}.$$

Taslama hasaplamalarynda kuwwaty we işi kesgitlänlerinde, gysylmanyň we yzyna giňelmäniň ekwiwalent politropa görkezijileri birmeňzeş we adiabatik prosesniň görkezijisine deň:  $n_{giñ} = n_{gys} = k$ . Tirsekli walyň bir aýlawy üçin kompressoryň indikator işini kesgitlemek üçin aňlatma bu ýagdaýda ýönekeýleşýär:

$$L_{ind} = P_1 V_n' \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \left\{ 1 - a_g \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} - 1 \right] \right\} \quad (1.41).$$

Şeýlelikde, hakyky kompressoryň indikator işi yzyna giňelme prosesi wagtynda porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüme gazdan gelýän energiýany göz önüne tutýan  $\theta_i = 1 - a_g [(P_2/P_1)^{1/k} - 1]$  düzediş koeffisiente köpeldilen ideal kompressoryň indikator işine deň.

Hakyky kompressoryň indikator kuwwatyny  $N_{ind}$  (1.41) deňlemenden alynan formula boýunça hasaplaýarlar:

$$N_{ind} = (P_s - \Delta P_1) V_h \theta_i \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_{g,i} + \Delta P_2}{P_s - \Delta P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]. \quad (1.42).$$

Bu ýerde  $\theta_i$  düzediş koeffisientiň  $\lambda_0$  göwrüm koeffisienti bolmaýandygyny belläp geçmeli, sebäpli  $\theta_i$  kesgitlenende ekwiwalent politropa ulanylýar,  $\lambda_0$  kesgitlenende ahyrky parametrleriň politropalary ulanylýar.

### 1.15. Hakyky kompressoryň hereketlendirijisi üçin zerur iş

Kompressoryň sarp edýän kuwwadyny düzüjiler.

Kompressoryň walyna berilýän  $N_e$  kuwwat, jem görnüşinde ýazylyp bilner:

$$N_e = N_{ind} + N_{sür} + N_{kom} \quad (1.42)$$

bu ýerde,  $N_{ind}$  – indikator kuwwat, ýagny porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde galan gazyň yzyna giňelme prosesinde energiýanyň gaýtarylmasyny hasaba almak bilen gazyň geçmesine we gysylmasyna sarp edilýän kuwwat;  $N_{sür}$  – mehaniki sürtülmäni ýeňip geçmek üçin hökmany kuwwat;  $N_{kom}$  – tirsekli wala birikdirilen kömekçi mehanizmleriň hereketlendirijisi üçin zerur kuwwat (sowadyjy wentilýatora, lubrikatora, ýag nasosa we ş.m.)

Kompressoryň hereketlendirijisi üçin özüniň walynda



$N_{dw}=N_e-\Delta N_{ber}$  kuwwata eýe bolan hereketlendiriji zerur.  
 bu ýerde  $\Delta N_{ber}$  – kompressordan dwigatele energiýa geçirilende düwünlerde ýitirilýän kuwwat (mufta, reduktor we ş.m.).

### 1.16. Bir basgançakly kompressoryň peýdaly täsiri koeffisienti

Peýdaly täsir koeffisient baradaky umumy maglumatlar.  
 Belli bolşy ýaly, PTK (peýdaly täsiri koeffisient) iki maşynyň energetik artykmaçlygyny deňeşdirmek üçin ulanylýar.

PTK  $\eta$ –maşynyň energetiki hilini bahalandyrmak üçin ulanylýan göräli kriteriýa, etalon kompressoryň kuwwatynyň (işiniň) hakyky kompressoryň kuwwatyna (işine) gatnaşygyny görkezýär.

$$\eta=N_{et}/N_h \quad (1.43)$$

bu ýerde  $N_{et}$  – etalon kompressoryň kuwwaty,  $N_h$  – hakyky kompressoryň kuwwatynyň bir görnüşi.

Kompressoryň energetik artykmaçlygyny bahalandyrmak üçin hakyky kompressoryň kuwwaty  $N_h$ , indiki görnüşde görkezilip biler:  $N_h=N_{et}+\Delta N$  (bu ýerde  $\Delta N$  – etalon bilen deňeşdirilende hakyky kompressoryň kuwwatynyň ýitgileri). Onda (1.43) deňlik indiki görnüşde ýazylyp biler:

$$\eta=N_{et}/(N_{et}+\Delta N) \quad (1.43 \text{ a})$$

PTK (1.43 a) görnüşde göz önünde tutup, kuwwatyň haýsy ýitgileri boýunça kompressoryň energetik artykmaçlygynyň bahalandyrylýandygyny kesgitlemek ýeňil.

Doly ýa-da effektiv PTK. Doly ýa-da effektiv PTK has giňden ulanylýar:

$$\eta_{iz}=L_{id.k.iz}/L_e=N_{id.k.iz}/N_e \quad (1.44)$$

$$\eta_{ad}=L_{id.k.iz}/L_e=N_{id.k.iz}/N_e \quad (1.45)$$

bu ýerde  $N_{id.k.iz}$  we  $N_{id.k.ad}$  – hakyky kompressor bilen deňeşdirilýän ýaly, şol bir şertlerde işleýän izotermik we adiabatik gysylmadaky ideal kompressoryň kuwwaty,  $N_e$ –waldaky kuwwat, ýagny, kompressoryň sarp edýän kuwwaty.

Effektiv (doly) PTK indiki görnüşde kesgitlenip bilner:

$$\eta_{iz}=N_{id.k.iz}/(N_{id.k.iz}+\Delta N_{h.k.iz}); \quad (144a)$$

$$\eta_{ad}=N_{id.k.ad}/(N_{id.k.ad}+\Delta N_{h.k.ad}); \quad (145a)$$

bu ýerde  $\Delta N_{h.k}$  – etalon kompressoryň kuwwaty bilen deňeşdirilende hakyky kompressoryň kuwwatynyň ýokarlanmagy.

Doly ýa-da effektiw PTK ähli kompressorlaryň doly energetik artykmaçlygyny bahalandyrýar  $\eta_{iz}$  we  $\eta_{ad}$  arasynda birmeňzeş aragatnaşyk bar. Bu gatnaşyk (144) we (145) deňlemelerden alnyp bilner.

Bir basgançakly kompressorlarda PTK doly bahalary  $\eta_{iz}=0.6\div 0.7$  we  $\eta_{ad}=0.8\div 0.95$  deň. Uly dyklykly gazlar gysylandaky PTK bilen ýeňil gazlar gysylandaky deňeşdirilende ahyrkynyň PTK-niň doly bahasy ýokary.

Indikator ýa-da içki PTK. Içki prosesler diýip atlandyrylýan hil nukdaý nazar bilen kompressoryň artykmaçlygyny bahalandyrmak üçin, ýagny termodinamiki we gazodinamiki hadysalary bahalandyrmak üçin indikator ýa-da içki PTK ulanylýar. Bu ýagdaýlarda etalon kompressor hökmünde haýsy ideal kompressoryň ulanylýandygyndan baglylykda izotermiki ( $\eta_{iz\ ind}$ ) we adiabatiki ( $\eta_{izi\ ind}$ ) indikator PTK tapawutlandyrylar.

Ideal izotermiki kompressoryň kuwwatynyň hakyky kompressoryň indikator kuwwatyna gatnaşygyny ýa-da degişli gatnaşygyny izotermiki indikator PTK diýip atlandyrylar:

$$\eta_{iz\ ind}=N_{ind.k.iz}/N_{ind.h.k} \quad (146)$$

Ideal adiabatik kompressoryň kuwwatynyň hakyky kompressoryň indikator kuwwadyna gatnaşygyna ýa-da degişli işiň gatnaşygyna adiabatik indikator PTK diýip atlandyrylar:

$$\eta_{ad\ ind}=N_{id.k.ad}/N_{ind.h.k} \quad (147)$$

Hazirki bir basgançakly porşenli kompressorlarda PTK düzýän bahasy -  $\eta_{ad\ ind}=0.88\div 0.95$  we  $\eta_{iz\ ind}=0.7\div 0.8$ .

Mehaniki PTK. Käbir ýagdaýlarda, haçanda energetiki ýitgiler boýunça kompressoryň hereketlenýän mehanizmleriniň gurluş aýratynlyklaryny bahalandyrmak gerek bolanda, mehaniki PTK  $\eta_{meh}$  ulanylýar. Mehaniki PTK-de etalon

kompressoryň kuwwaty deregine hakyky kompressoryň indikator kuwwatyny kabul edýäris. Hakykatdanda, eger-de kompressoryň mehanizmlerinde kuwwatyň ýitgileri bolmasa, onda kompressor diňe indikator kuwwaty sarp ederdi. Hakyky kompressoryň walyndaky kuwwat jem görnüşinde ýazylyp bilner:

$$N_e = N_{ind \cdot h \cdot k} + N_{sür.} \\ \eta_{meh} = N_{ind \cdot h \cdot k} / N_e \quad (148)$$

ýagny, mehaniki PTK-hakyky kompressoryň indikator kuwwatynyň waldaky doly sarp edilýän kuwwata bolan gatnaşygy.

Mehaniki PTK doly we indikator PTK bilen indiki gatnaşyklar arkaly baglanşykyly:

$$\eta_{iz} = N_{id.k.iz} / N_e = (N_{id.k.iz} / N_{ind.h.iz}) (N_{ind.h.iz} / N_e) = \eta_{iz.ind} \eta_{meh} \quad (149)$$

$$\eta_{ad} = N_{id.k.ad} / N_e = (N_{id.k.ad} / N_{ind.h.iz}) (N_{ind.h.iz} / N_e) = \eta_{ad.ind} \eta_{meh} \quad (150)$$

Hakyky kompressoryň sarp edýän kuwwatynyň  $N_e = N_{ind \cdot h \cdot k} + N_{sür}$  görnüşde getirmek mümkindigi sebäpli, mehaniki PTK indiki görnüşde ýazmak mümkin:

$$\eta_{meh} = N_{ind.h.k} / (N_{ind.h.k} + N_{sür}) = 1 / [1 - (N_{sür} / N_{ind.h.k})] \quad (151)$$

Tejribe arkaly alynan derňewleriň görkeziji ýaly bir basgançakly kompressoryň  $\varepsilon$  kiçelende sürtülme kuwwaty  $\Delta N_{sür}$  känbir üýtgemeyär. Indikator kuwwat  $\varepsilon$  baglylykda üýtgeýär, özi hem  $\varepsilon$  näçe kiçi bolsa, şonça-da  $N_{ind \cdot h \cdot k}$  has kiçi. Şeýlelikde, kompressoryň mehaniki PTK onuň agramlyk derejesinden bagly.

Häzirki kompressorlarda mehaniki PTK ululygy  $\eta_{meh} = 0.8 \div 0.95$  çäklerde ýerleşýär.  $\eta_{meh}$  kiçi bahasy kiçi hereketli kompressorlara degişli, ulusy-uly maşynlara.

### 1.17. Bir basgançakly porşenli kompressoryň esasy ölçeglerini kesgitlemek

Porşenli kompressorryň esasy parametrleri we ölçegleri. Esasy parametrlere we ölçeglere indiki ululyklar

değişli: silindriň diametri  $D$ ; porşeniň doly ädimi  $S_p$ ; ştoğyň diametri  $d_{st}$ ; tirsekli walyň aýlaw ýygylygy  $n_o$ .

Esasy ölçegler  $D$ ,  $S_p$ , we  $d_{st}$ , şeýle hem esasy parametr  $n_o$  silindriň işçi boşlugynyň häsiýetnamasy bolup durýar we bellenen göwrümi kesgitleýär.

Parametrleriň ikinji bölümi – kesgitleýji parametr. Olara indiki ululyklar deňişli: porşeniň täsiri ýetmeýän göräli (otnositel) göwrüminiň ululygy  $a_g$ , porşeniň orta tizligi  $c_m$ ; porşeniň ädiminiň silindriň diametrine gatnaşygy  $\psi = S_p/D$ ; porşeniň maksimal tizlenmesi  $j$  ýa-da oňa proporsional tizlenmäniň parametri  $S_p n_o^2$ ; klapanlardaky geçiş meýdanyň porşeniň meýdanyna gatnaşygy. Bu parametrler hakyky kompressoryň işini kesgitleýär (öndürililik, sürtülýän detallaryň iýilmesi we ş.m.).

Hakyky porşenli kompressoryň esasy ölçeglerini kesgitlemek üçin kompressoryň işleýiş şertini häsiýetlendirýän parametrleri bilmek zerur: sorulma basyşy  $P_s$ ; gysyp iteklenme basyşy  $P_{g.i}$ , sorulma temperaturasy  $T_s$ ; sorulýan gazyň düzümi; sowadylma şerti we başg.

Sanalyp geçilen parametrleriň köpüsi bize öňden mälim. Emma porşeniň orta tizligini  $c_m$ , porşeniň ädiminiň silindriň diametrine gatnaşygyny  $S_p/D$ , aýlaw ýygylygyny  $n_o$  we  $S_p n_o^2$  parametri, şeýle hem olaryň biri-birine täsirini we tutuş kompressoryň işine täsirini has aýdyň seretmek maksadalaýyk.

Porşeniň orta tizligi. Belli bolşy ýaly porşenli kompressoryň porşeni deňölçegsiz hereketlenýär: porşeniň täsiri ýetmeýän nokatda ol nula deň bolan mgnowen tizlige eýe, porşeniň täsiri ýetmeýän giňişliginiň aşaky we ýokary çäginin arasyndaky kesgitli kadasynda porşeniň tizligi maksimal baha ýetýär. Porşenli kompressoryň hasaplamalarynda şertli ululyk ulanylýar – porşeniň orta tizligi  $c_m$ .

Porşeniň orta tizligi  $c_m$  (m/s) – porşenli kompressoryň has wajyp parametrleriniň biri. Ol indiki deňleme boýunça hasaplanýar:

$$c_m = H n_o$$

bu ýerde H–tirsekli walyň bir aýlawynda porşeniň geçýän ýoly.

$H=2S_p$  bolýandygy sebäpli:

$$c_m=2S_p n_o \quad (1.52)$$

Üznüksizlik deňlemesini ulanyp, porşeniň mgnowen tizligi  $c_m$  arkaly gaz akymynyň islendik kese-kesiginde gazyň mgnowen tizligini  $\omega_g$  kesgitlemek mümkin:

$$c_p F_p = \omega_g f \quad (1.53)$$

bu ýerde  $F_p$  – porşeniň meýdany;  $f$ –geçiş kese-kesigi.

Gazyň geçiş ýolynyň islendik kese-kesiginde gazyň tizligi edil porşeniň tizligi ýaly kanun boýunça üýtgeýär diýip şertli hasap edýärler.

Gazyň geçiş ýolynyň kese-kesiginde gazyň orta tizligini  $\omega_m$  porşeniň orta tizligi boýunça hasaplaýarlar.

$$\omega_m = c_m F_p / f \quad (1.54)$$

Häzirki porşenli kompressorlarda porşeniň orta tizliginiň bahasy aşakda getirilen.

Öndürilijili $0.01 \text{ m}^3/\text{s} (0.6 \text{ m}^3/\text{min})$ çenli kompressorlar	1-2.5
Stasionar kompressorlar	3-5.0
Göçme kompressor maşynlary	4.0-7.0

Porşeniň maksimal tizlenmesi  $j_{\max}$  we  $S_p n_o^2$  parametr.

Porşenli maşynlaryň kinematikasyndan belli bolşy ýaly  $j_{\max}$  porşeniň maksimal tizlenmesi:

$$j_{\max} = \omega^2 r (1 + \lambda_R) \quad (1.55)$$

bu ýerde  $\omega$ –tirsekli walyň aýlawynyň burç tizligi,  $1/\text{s}$ ;  $r$ –kriwoşipiň radiusy;  $\lambda_R$  – kriwoşipiň radiusynyň  $r$  şatunyň uzynlygyna  $L_\varphi$  gatnaşygy.

Häzirki bar bolan kompressorlarda  $\lambda_R = 1/3.5 \div 1/6$  sebäpli, birinji ýakynlaşmada  $\lambda_R \approx 1/5$  hasap etmek mümkin,  $r = S_p/2$  we  $\omega = 2\pi n_o$  bolýandygyny hasaba alyp porşeniň maksimal tizlenmesini indiki görnüşde ýazarys:

$$j_{\max} \approx (2\pi n_o)^2 (1 + 0.2) S_p/2 = A S_p n_o^2 \quad (1.56)$$

Şeýlelikde,  $S_p n_o^2$  paramert  $j_{\max}$  proporsional we kompressoryň hereketlenýän mehanizmlerine täsir edýän yza-öňe hereketlenýän bölümleriň inersiýa güýjiniň has ýokary bahasyny häsiýetlendirýär.

Porşeniň maksimal tizlenmesini kriwoşipiň  $j_{kr}=\omega^2 r$  tizlenmesiniň üsti arkaly takmyny aňlatmak mümkin:

$$j_{\max} \approx 1.2 j_{kr} \quad (1.57)$$

Şeýlelikde, bu ýerden  $j_{\max}$  we  $S_{pn_o}^2$  ululyklaryň merkezden daşlaşýan inersiýa güýji hem häsiýetlendirýändigini gelip çykýar.

Tirsekli walyň aýlaw ýygylgy. Aýlaw ýygylgy saýlap almak kompressor maşynlary taslamakda has çylşyrymly döwürleriň biri. Tirsekli walyň saýlanyp alynan aýlaw ýygylgyndan silindriň (degişlilikde, ähli maşynyň) ölçegleri, kompressory taýýarlamagyň metal sygymy (degişlilikde, düşýän gymmaty) we kompressoryň has agramly düwürleriniň uzak ömürliligi bagly.

Kompressoryň häsiýetlendirýän has wajyp işçi koeffisientler (berijilik koeffisient we PTK) hem walyň aýlaw ýygylgyndan bagly (16-njy surat). 16-njy suratdan görnüşiniň ýaly doly PTK, indikator PTK we berijilik koeffisientiniň maksimal bahasyna gabat gelýän aýlaw ýygylgynyň üç optimal  $n_{o1}^*$ ,  $n_{o2}^*$ ,  $n_{o3}^*$  bahasy bar. Kompressor üçin doly PTK maksimal bahasyna gabat gelýän tirsekli walyň aýlaw ýygylgyny saýlamak hökman, sebäbi bu ýagdaýda has tygşytly işe ýetilýär. Kompressoryň işleýiş şertini we gysylýan gazyň hilini häsiýetlendirýän parametrleriniň üýtgemegi walyň aýlaw ýygylgynyň optimal bahasynyň üýtgemegine getirýär.

Walyň aýlaw ýygylgynyň saýlanan bahasy kompressoryň gurluşyna we onuň düwürlerine (klapanlaryň gurluşyna, porşen halkalaryň sanyna) we ony gurnamagyň talaplaryna täsiri edýär.

Belli bolşy ýaly walyň aýlaw ýygylgynyň ýokarlanmagy bilen  $\eta_{meh}$  kiçelýär, sebäbi bu ýagdaýda sürtülme kuwwaty aýlaw ýygylgyga görä çalt artýar.

Walyň aýlaw ýygylgynyň silindriň ölçeglerine täsiri. Hemişelik işçi göwrümde aýlaw ýygylgyň artmagy bilen silindriň ölçegleri D we  $S_p$  kemelmeli, sebäbi.

$$V_h = (\pi D^2 / 4) S_p n_o = \pi / 4 D^3 \psi n_o \quad (1.58)$$

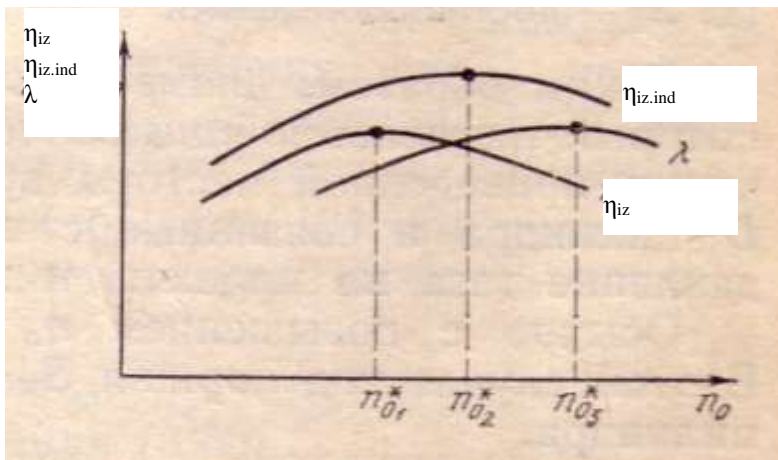
Bu ýerden

$$D = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi} \cdot \sqrt[3]{\frac{V_h}{\psi n_0}}}$$

ýa-da hemişelik işçi göwrümde

$$D = B_1 (\psi n_0)^{-1/3},$$

bu ýerde  $B_1$  – hemişelik ululyk.



16-njy surat. PTK we berijilik koeffisientiň tirsekli walyň aýlaw ýygylgyndan baglylygy

Şeýlelikde, silindriň diametri getirilen aýlaw ýygylgy diýip atlandyrylýan  $\psi n_0$  toplumdan bagly. Getirilen aýlaw ýygylgy  $\psi n_0$  artanda silindriň diamerti  $D$  we onuň bilen bagly ululyklar (kompressoryň uzynlygy, porşendäki gazyň basyşy we baş.) kiçelýärler.

Köplenç  $n_0$  ýokarlanmagy bilen  $\psi = S_p / D$  bahasy kiçelýär. Bu ýagdaýda porşeniň ädimi  $S_p$  çalt kiçelýär (silindriň diametrine seredeniňde).

Walyň aýlaw ýygylgynyň porşeniň orta tizligine täsiri.

Silindriň göwrümini kesgitlemek üçin deňlemäni indiki görnüşde özgertmek mümkin.

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^3 \psi n_0 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^3 \psi^3 n_0^3}{\psi^2 n_0^2} = A_1 \frac{S_p^3 n_0^3}{(\psi n_0)^2} = A_2 \frac{c_m^3}{(\psi n_0)^2}$$

Bu ýerden

$$c_m = A_3 \sqrt[3]{V_h (\psi n_0)^2},$$

ýa-da  $V_h = \text{const}$  bolanda

$$c_m = B_2 (\psi n_0)^{\frac{2}{3}}, \quad (1.59)$$

bu ýerde  $A_1, A_2, A_3, B_1$  we  $B_2$  – hemişelik ululyklar.  $V_h$ -iň we  $\psi$ -iň üýtgemeýän bahasynda orta tizligiň porşeniň ädiminiň kemelmesine garamazdan, aýlaw ýygylgyň ulalmagy bilen artýandygy (1.59) aňlatmaktan gelip çykýar.

Häzirki kompressorlar üçin  $\psi$  bahasy aşakda getirilen:

Wertikal, V-we W-görnüşli

kreýskopfsyz kompressorlar

0.45-0.8

Kreýskopfly kompressorlar

0.35-0.75

$\psi=0.27$  we ondan hem kiçi bahaly kreýskopfly kompressorlar belli.

## 1.18. Köp basgancakly gysylma.

### Köp basgancakly kompressor

*Esasy düşüňjeler.* Senagatyň dürli pudaklarynda, esasynda himiýada, örän ýokary basyşlara çenli gazyň gysylmasy ulanylýar. Mysal üçin, ammiagyň sintezinde 32.0–70 MPa çenli gazyň gysylmasy talap edilýär; polietilen öndürilende –350 MPa çenli. Käbir ýagdaýlarda 70–80 MPa çenli howany gysmak zerur. Şeýle basyşa çenli gysylan howa, mysal üçin, magdan gazyp alyjy senagatynda howa partlaýjy patronlarda ulanylýar.

Öňki bölümlerden belli bolşy ýaly ýokary basyşlara çenli gazy gysmak üçin bir basgançakly kompressory ulanmak bolmaýar. Şonuň üçin, köp basgançakly kompressorlar senagatda giň ýaýrama eýe boldylar. Köp basgançakly kompressorda gazyň gysylmasy yzygiderlikde birnäçe bir



basgançakly kompressorlarda ýerine ýetirilýär. Gazy yzygider gysýan bir basgançakly kompressorlara *kompressoryň basgançaklary* diýip atlandyrylýar.

Gysylmanyň bir basgançagyndan beýlekisine geçende gaz sowadylýar. Doly we doly däl basgançakara sowadylmany tapawutlandyrýarlar. Doly basgançakara sowadylmasynda, ähli basgançaklarda sorulma temperaturasy birmeňzeş, ýagny, basgançaklaryň arasyndaky gaz I basgançakdaky sorulma temperatura çenli sowadylýar. Doly däl sowadylma hadysasynda II, III, we indiki basgançaklarda sorulýan gaz, I basgançakda sorulýan gaza seredeniňde has ýokary temperatura eýe. Ýokary basyşyň basgançagyň we I basgançagyň sorulma temperaturasynyň tapawydyňy *sowadylmak* diýip atlandyrylýar. Köp basgançakly kompressorlar üçin kompressoryň göräli ýokarlanmasyny  $\epsilon_k$  we basgançaklarda basyşyň göräli ýokarlanmasyny  $\epsilon_{bas.i}$  tapawutlandyrmak zerur.

Eger-de kompressoryň gysyp iteklenme basyşy  $P_{g.i}$ , kompressoryň sorulma basyşy  $P_s$ , I we II basgançagyň arasyndaky nominal basgançakara basyş  $P_{mI}$ , II we III basgançakara basyş  $P_{mII}$  we başgalar, onda  $z$  basgançakda alarys:

$$\epsilon_k = P_{gi}/P_s ;$$

$$\epsilon_{bas.I} = P_{mi}/P_s ; \epsilon_{bas.II} = P_{mII}/P_{mI} ; \epsilon_{bas.III} = P_{mIII}/P_{mII} ;$$

$$\epsilon_{bas.z} = P_{gi}/(P_m(z - 1)); \text{ we } \epsilon_k = \epsilon_{bas.I} \cdot \epsilon_{bas.II} \cdot \epsilon_{bas.III} \dots \epsilon_{bas.z} ;$$

ýagny, basgançaklarda basyşyň göräli ýokarlanmalarynyň köpeltmek hasyly kompressorda basyşyň göräli ýokarlanmasyna deň.

Köp basgançakly gysylmany ulanmagyň esasy sebäpleri aşakda seredilen.

### 1.19. Nazary köp basgançakly gysylma

*“Nazary köp basgançakly kompressor“ düşünjesini kesgitlemek. Öň bir basgançakly kompressoryň derňewini*

ýeňilleşdirmek üçin biz “ideal bir basgançakly kompressor” düşünjesini girizdik. Edil şol maksatlar üçin nazary köp basgançakly gysylmany amala aşyran “nazary köp basgançakly kompressor” düşünjesini girizýäris.

Nazary köp basgançakly kompressory kesgitleýji esasy ýol bermeler indiki görnüşde kesgitlenilýär.

1. Nazary köp basgançakly kompressor gazyň gysylmasynyň yzygiderligi amala aşyrylýan ideal bir basgançakly kompressoryň birnäçe hataryndan durýar.

2. Basgançaklaryň arasynda gazyň sowadylmasy doly ýagny, ähli basgançakda sorulma temperatura birmeňzeş we I basgançakdaky sorulma temperaturasyna deň.

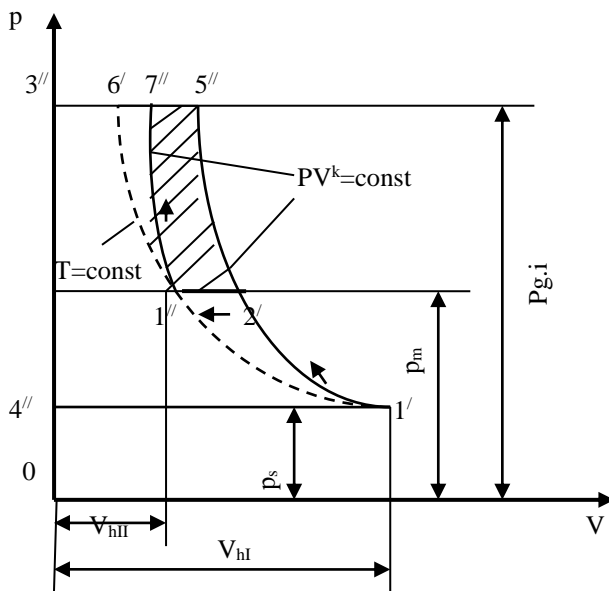
3. Basgançakdan basgançaga gysylan gazyň berilmesi we onuň sowadylmasy ýitgisiz basyşda bolup geçýär, ýagny, indiki basgançakda sorulma basyşy öňki basgançagyň gysyp iteklenme basyşyna deň.

4. Ähli basgançaklar üçin gysylmanyň politropa görkezijisi hemişelik we birmeňzeş. Köplenç nazary köp basgançakly kompressoryň gysylmasynyň politropa görkezijisini adiabata görkezijä deň kabul edýärler.

5. Gysylmanyň ähli basgançaklarynda gazyň şol bir mukdary gysylýar, ýagny, gazyň ýitgisi ýa-da basgançakdan geçende gazyň alynmasy ýok.

*Köp basgançakly teoretiki kompressoryň indikator diagrammasy.* P-V koordinatalarda (17-nji surat) nazary köp basgançakly gysylmanyň şekillendirilişine seredeliň. Ilki bilen gysylmany iki basgançakda seredýäris (17-nji surat)  $4' - 1'$  çyzyk I basgança sorulma prosesini şekillendirýär. I basgançakda gazyň gysylma prosesi  $1' - 2'$  çyzyk bilen aňladylýar, ol agiabatada bolup durýar (4 we 5 ýol berilme). Basgançakara basyşa  $P_m$  ýetip, gaz I basgançagyň gysylmasyndan basgançakara sowadyja gelýär we 2 ýol berilmä laýyklykda hemişelik basyşda (ýitgisiz) (3 ýol berilme)  $T_s$  ( $1'$  nokatdaky temperatura) temperatura çenli sowayar. Basgançaklaryň arasyndaky sowadylma  $2' - 1''$  prosesde

görkezilen. II basgançakda gysylma  $1''$  nokatda başlanýar. Bu nokatda gazyň temperaturasy  $1'$  nokatdaky temperatura deň (2 ýol berilme),  $1''$  nokatdaky gazyň basyşy I basgançagyň gysyp iteklenme basyşyna deň (3 ýol berilme). II



17-nji surat. Köp basgançakly nazary gysylma (iki basgançakly)

basgançakda gysylma  $1''$  -  $2''$  adiabat boýunça bolup geçýär (4 we 5 ýol berilme).  $2''$  -  $3''$  çyzyk II basgançakdaky gazyň iteklenme prosesine gabat gelýär.

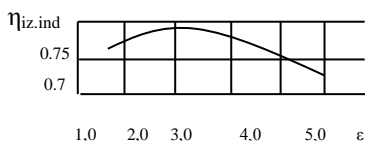
$P_s$  basyşyndan  $P_{g.i}$  basyşa çenli gazyň bir basgançakly ideal gysylmasy ýagdaýynda gysylmanyň adiabatik prosesinde ideal bir basgançakly kompressoryň işiniň aýlawy (sikli)  $4'-1''-5''-3''$  çyzyklar bilen aňladylardy.

## 1.20. Bir basgançakly gysylmadan köp basgançakly gysylma geçmegi sebäpleri

*Bir basgançakda gazyň basyşynyň ýokarlanmasynyň temperatura çägi.* Bir basgançakly kompressorda gazyň

basyşynyň göräli ýokarlanmasynyň  $\varepsilon$  ululygynyň kompressoryň howpsuz işi bilen şertlenendigi ideal porşenli kompressoryň mysalynda görkezilipdi, sebäbi  $\varepsilon$  ýokary bahasynda bir basgançakly gysylmanyň ahyrynda gazyň ýokary temperaturasy alynýar we çalyň ýaglaryň dargama we onuň ýanmaklyk mümkinçiligini döretýär. Aýdylanlary häsiýetlendiriji  $\varepsilon = P_{g,i} / P_s$  - dan bir basgançakly gysylmada  $\Delta T = T_{g,i} - T_s$  temperaturanyň ýokarlanmasynyň baglylygy 4.2-nji suratda [16] görkezilen.

Değişlilikde, ýokary basyşly gazy almak üçin gazy  $\varepsilon_{bas}$  ýol bererli bahalarynda işleýän yzygider birnäçe kompressoryň basgançaklarynda gysmaly, bu gysylma ýagdaýynda,



18-nji surat. Izotermiki indikator PTK basyşyň göräli ýokarlanmasyndaky baglylygy

gysylmanyň her basgançagyndan soňra gazy sowatmak zerur.

Köp basgançakly gysylmada iş boýunça utuş. Köp basgançakly gysylmada gazyň gysylmasy we geçmesi üçin energiýanyň sarp

edilişi bir basgançakly kompressora seredeninde az. Ideal nazary kompressordaky bir basgançakly gysylmadan iki basgançakly nazary gysylma geçilende gazyň gysylmasyna we geçmesine sarp edilen işde utuş alynýar. Ol  $2' - 1'' - 2'' - 5'' - 2'$  meýdana proporsional (17-nji surata seret)

*Köp basgançakly gysylmada kompressoryň göwrüm koeffisiýentiniň ýokarlanmasy.* Belli bolşy ýaly, göwrüm koeffisiýent, deşililikde kompressoryň öndürilijiligi basyşyň göräli ýokarlanmasynyň artmagy bilen azalýar. Eger-de kompressoryň berijilik koeffisienti  $\lambda > 0,7$  bolsa, onda bu ýagdaýda kompressory ulanmak maksadalaýyk hasap edilýär. Şonuň üçin ýokary bahany almak üçin I basgançagyň  $\varepsilon_{bas}$  koeffisientini göwrüm koeffisientiniň we berijilik koeffisientiniň

nukdaý nazaryndan amatly hasaplamak mümkin bolanda köp basgançakly gysylma geçmek maslahat berilýär.

Köp basgançakly gysylma geçilende göwrüm koeffisientiniň ýokarlanmasy I basgançagyň silindriniň deňşililikde, ähli kompressoryň ölçegini gysgaltmaga mümkinçilik berýär.

*Basgançakda basyşyň göräli ýokarlanmasynyň kesgitli bahasynda PTK maksimal ululygynyň barlygy.* Sorujy we gysyp itekleýji klapanlarda we sowma geçirijisinde energiýanyň ýitgilerini hasaba almak bilen basgançakda basyşyň göräli ýokarlanmasyndan  $\varepsilon_{\text{bas}}$  izotermiki indikator PTK baglylygy 18-njy suratda görkezilen.  $\varepsilon_{\text{bas}} > 3$  bolanda  $N_{\text{iz.ind}}$  pese düşmesi ideal izotermiki kompressoryň we politropiki kompressoryň indikator işiniň arasynda tapawudyň yzygider ýokarlanmasy bilen şertlenen.

$\varepsilon_{\text{bas}} < 3$  bolanda  $N_{\text{iz.ind}}$  pese düşmesi hakyky kompressoryň gysyp itekleýji we sorujy klapanlarda we sowma geçirijilerinde energiýaýanyň ýitgileriniň ülüşiniň artmagy bilen şertlenen.

## 1.21. Gysylma basgançagyň sanyny saýlamak

Basgançakara basyşyň amatly bahalary  $p_{\text{mi}}^*$  kesgitlenilenden soňra sorag ýüze çykýar, kompressoryň amatly  $\varepsilon^*_{\text{I}}$ ,  $\varepsilon^*_{\text{II}}$ ,  $\varepsilon^*_{\text{III}}$  we ş.m. işlemegi üçin näme etmeli.

Nazary köp basgançakly gysylmanyň basgançagynda basyşyň göräli ýokarlanmasy, deňşililikde, seredilýän basgançakda basgançakara basyş seredilýän we indiki basgançakda porşeniň häsiýetlendirýän göwrümleriniň gatnaşygyna deň.

Bu ýagdaýa iki basgançakly kompressoryň mysalynda seredeliň. Eger-de II basgançakda häsiýetlendirilýän göwrüm I basgançakda häsiýetlendirilen göwrümden 3 esse kiçi bolsa, onda I basgançakda basyşyň göräli ýokarlanmasy  $\varepsilon_{\text{I}}=3$ . Hakykatdan hem, gysylma şol bir  $T_s$  temperaturada başlanýar,

onda I basgançagyň gysylmasynyň başynda we II basgançagyň gysylmasynyň başynda gazyň parametrleriindäki aňlatmada özara baglanyşykly  $p_{sI}V_{hI} = p_{sII}V_{hII}$ .

Ideal kompressorlaryň öndürilijiligi häsiýetlendirilýän göwrümlere deň, ýagny,

$$p_{sI} \bar{V}_{hI} = p_{sII} \bar{V}_{hII} \quad \text{we} \quad p_{sI} V_{hI} = p_{sII} V_{hII}.$$

Nazary köp basgançakly gysylmada  $p_{sII} = p_{sI}$  hasaba alyp, alarys

$$p_{sI} V_{hI} = p_{sII} V_{hII} \\ \text{ýa-da } \varepsilon_I = p_{g.i.} / p_{sI} = V_{hI} / V_{hII} \quad (1.60)$$

ýagny, nazary köp basgançakly kompressoryň I basgançagynda basyşyň göräli ýokarlanmasy I we II basgançaklarda häsiýetlendirilýän göwrümleriň jemine deň.

*Gysylma basgançagyň sanyny saýlamak.* Ýokarda belleniip geçilişi ýaly gysylmanyň basgançak sanynyň artmagy gysylmanyň jemleýji işinde yzygider utuş gazanmaga we ähli basgançaklarda gazyň geçmegine mümkinçilik berýär we bu utuş basgançagyň sanynyň yzygider artmagy bilen yzygider kemeler.

Başga tarapdan, hakyky bir basgançakly kompressorda basgançagyň sanynyň artmagy bilen klapanlarda, basgançakara sowadyjylarda we kommunikasiýalarda gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmeklige kuwwatyň ýitgileri artýar.

*Gysylma basgançagyň sanyny saýlamak boýunça hödürnamalar.* Nazary köp basgançakly gysylma üçin indiki baglanyşyklaryň kanunalaýyklygy belli:  $\varepsilon_k = \varepsilon_I \varepsilon_{II} \varepsilon_{III} \dots \varepsilon_z$  we  $\varepsilon_{bas} = \varepsilon_I = \varepsilon_{II} = \varepsilon_{III} = \dots = \varepsilon_z = \sqrt[n]{\varepsilon_k}$ .

Gidrawliki ýitgileriň barlygy sebäpli hakyky kompressorda basyşyň göräli ýokarlanmasy biraz ýokary, şonuň üçin

$$\varepsilon_{bas} = K_p \sqrt[n]{\varepsilon_k}, \quad (1.61)$$

bu ýerde  $K_p = 1.1 - 1.2$  deň bolan koeffisient.

Gysylma basgançagyň sanyny ahyrky deňlemeden almak mümkin

$$z = \lg \varepsilon_k / \lg(\varepsilon_{bas} / K_p). \quad (1.62)$$

Adatça  $\varepsilon_{bas}$  bahasy 2.5-den 5.0 çenli aralykda bolýar.

### **1.22. Porşenli kompressoryň hasaplamalarynda gazyň realdygyny hasaba almak**

Porşenli kompressory hasaplamagyň ýokarda getirilen temalardaky inženerçilik usullarynda ideal gaz gysylýar diýilip çak edilen we onuň ýagdaýynyň deňlemesi  $Pv=RT$  deňlemede kesgitlenilen. Hakykatdan hem, köp ýagdaýlarda gysylýan gaz özüniň alamatlary boýunça idealdan köp tapawutlanmaýar diýlen çaklama, şeýle alynanda kanunalaýyk. Emma ýokary basyşlarda gazlaryň alamatlary ideal gazyň alamatlaryndan tapawutlanýar, we bu ýagdaýda  $Pv \neq RT$  ýüze çykýar. Şeýle ýagdaýda bu gazlara *real gazlar* diýilýär. Gowşak gyzdyrylan buglar hem  $Pv=RT$  deňlemä boýun egmeýär.

*Ideal gazyň alamatlaryndan real gazyň alamatlarynyň gyşarmasy.* Synag maglumatlarynda belli bolşy ýaly, gazlaryň alamatlary köp ýa-da az derejede ideal gazyň alamatlaryndan tapawutlanýar. Kompressoryň taslamasynda we hasaplamasynda real gazlaryň gysylmasynyň ideal gazyňkydan gyşarmasy aýdyň ýüze çykýar.

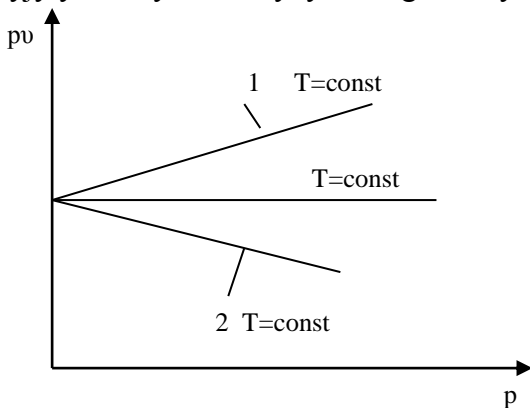
“Gazlaryň gysylmagy” düşünjesini beýän etmek üçin gysylyjylygy boýunça tapawutlanýan gazlaryň termiki gysylmasyna seredeliň. Belli bolşy ýaly, ideal gazlar Boýl-Mariottyň kanunyna boýun egýär, oňa laýyklykda  $T=\text{const}$  bolanda  $p v=\text{const}$ .

19-njy suratda  $T=\text{const}$  bolanda  $Pv=\text{const}$  köpeltmek hasyly doýgun gorizental çyzykda görkezilen; bu çyzyk ideal gazyň izotermiki gysylmasyna gabat gelýär. 1 çyzyk az gysylýan gazlaryň izotermiki gysylmasyna, 2 çyzyk gysylyjylygy ideal gazyňkydan ýokary bolan gazyň izotermiki gysylmasyna degişli.

$p_1$  –den  $p_2$  çenli basyşyň izotermiki ýokarlanmasyna seredeliň. Goý,  $p_2/p_1=2$  bolsun. Ideal gazyň  $P_0$  köpeltmek hasylynyň üýtgeýänligi sebäpli, basyşy 2 esse artdyrmak üçin gazyň göwrümini 2 esse kiçeltmeli.

Real gazlaryň gysylyjylygy basyşdan we temperaturadan baglylykda ideal gazyň gysylyjylygyndan uly ýa-da kiçi bolup biler (20-nji surat).

*Real gazlaryň gysylyjylyk häsiýetnamalary.* Gazlaryň gysylyjylyk häsiýetnamasynyň has giňden ýaýrany gysylyjylyk



19-njy surat. Real gazyň gysylyjylygynyň ideal gazyň gysylyjylygyndan gyşarmasyny düşündirmek

koeffisienti  $\xi$  bolup durýar, onuň bilen real gazlar üçin ýerlikli bolan  $p_0 \neq RT$  deňleme, indiki deňlige öwrülýär

$$P_0 = \xi RT \quad (1.63)$$

(1.63) deňlemeden alarys

$$\xi = P_0 / RT \quad (1.64)$$

Real gazlar üçin  $\xi$  bahasy hemişelik däl, gazyň basyşyndan, temperaturasyndan we onuň jynsyndan bagly we 1-den kiçi ýa-da uly bolup biler. Ideal gazlar üçin  $\xi=1$ .

Real gazyň gysylyjylygynyň ideal gazyň gysylyjylygyndan gyşarmasyny gysylyjylyk derejesi  $\rho$  bilen häsiýetlendirmek mümkin.

$$\rho = P_0 / P_{00} \quad (1.65)$$



bu ýerde  $P_0$  – standart atmosfera basyş, kPa ( $p_0=101.3$  kPa);  $v_0$  –  $P_0$  we  $T_0=273K$  bahalarda udel göwrüm.

Gyslylyjlyk derejesi gazyň basyşyndan, temperaturasyndan, we jynsyndan bagly.  $\rho$  indiki görnüşde görkezmek kabul edilen  $\rho=C_1+C_2P+C_3T$ , bu ýerde  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  – koeffisientler.

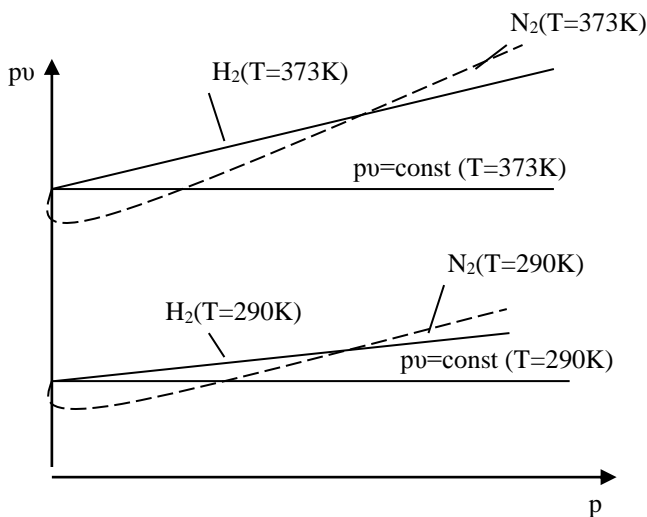
$\rho$  we  $\xi$  arasynda baglanyşyk bar.  $p_0$  we  $v_0$  parametrlerde gazyň ýagdaýy  $P_0v_0=\xi_0RT_0$  deňleme bilen baglanyşykly, gazlaryň ähli görnüşleri üçin  $\xi_0\approx 1$ , onda

$$\xi = \frac{Pv}{RT_0} \cdot \frac{T_0}{T} = \frac{Pv}{P_0v_0} \cdot \frac{T_0}{T} = \rho \frac{T_0}{T} = \rho \frac{273}{T}. \quad (1.66)$$

Kompressor gurluşygynda hem ideal gazlardan real gazlaryň gyslylyjlygynyň gyşarmasyny deňeşdirmek üçin gyslylyjlygyň gyşarma görkezijisi  $\beta$  ( $m^2/H$ ) ulanylýar:

$$\beta = \frac{T}{273} \cdot \frac{\xi - 1}{P}. \quad (1.67)$$

Ggyslylyjlygyň gyşarma görkezijisi  $\beta$  gazyň basyşyndan, temperaturasyndan, we jynsyndan baglylykda üýtgeýär.



20-nji surat. Basyşdan we temperaturadan  $p_v$  baglylygy.

### **1.23. Kompresoryň shemasy we gurkuşy. Esasy üleşleriň (detallaryň) konstruksiýasy**

Sowadyjy maşynlaryň kompressorly sowadyjy jisimi kondensasiýa basyşa çenli gysmak we onyň aýlawyny üpjün etmek üçin niýetlenen. Kompresorlaryň 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, spirally kompressorlar, osly kompressorlar. Kompresorlar  $Q_0$  sowuköndürjiligi we  $N$  sarp edýän kuwwaty boýunça üç topara bölünýär: 1) kiçi –  $Q_0 \leq 9.3$  kWt;  $N \leq 5$  kWt; 2) orta –  $Q_0 = 9.3 \div 58$  kWt;  $N \leq 5 \div 20$  kWt; 3) uly –  $Q_0 \geq 58$  kWt;  $N \geq 20$  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 ( $t_0 = -30 \div -110^\circ\text{C}$ ).

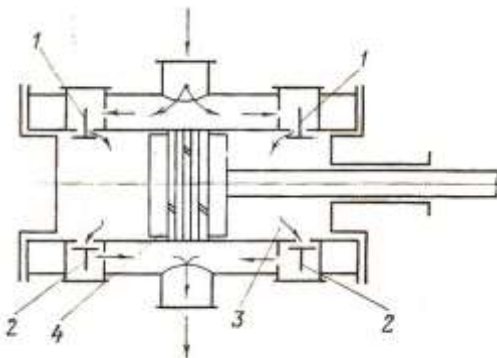
Sowadyjy maşynlarda köplenç porşenli kompressorlar ulanylýar. Olar 250 kWt çenli sowuköndürjilikli sowadyjy maşynlara hyzmat edýär we bu ýagdaýda has oňat ykdysady-tehniki görkezijä eýe. Konstruktiw ýerine ýetirilişi boýunça porşenli kompressorlar köp görnüşli: silindrleriň ýerlişişi boýunça olar gorizonta, wertika, burçlaýyn ( $V$ ,  $W$ –görnüşli), radial görnüşe; silindr arkaly buguň geçiş usuly boýunça–göni akymly (sorulmadan gysylma çenli buguň hereketi bir ugurda), we göni akymly (buguň hereketiniň üýtgeýän akymynda); kriwoşip-şatun 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 oturdyan elektrik

hereketlendirijisi 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), aýyk karterli we silindrden şok çykanda onuň salnikli berkidilmegi (kreýskopfly iki taraplaýyn täsirli). Hereketlendirijiniň görnişi boýunça kompressor mufta arkaly kompressoryň waly bilen elektrohereketlendirijiniň walynyň gös-göni birleşmegi, remen berijilik arkaly elektrohereketlendirijili we elektrohereketlendiriji bilen bir walda ýerleşen görnüşlerde bolýar.

*Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressorlar.* Iki taraplaýyn täsirli kreýskopfly göni akymсыz kompressorlar  $Q_0=465\div1400\text{kWt}$  eýe. Silindriň ýerleşşi boýunça olar gorizonta1 bir çyzykly, gorizonta1 iki çyzykly, gorizonta1 oppozit (silindrleri biri-biriniň garşysynda ýerleşen).

#### 1.24. Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressorlar

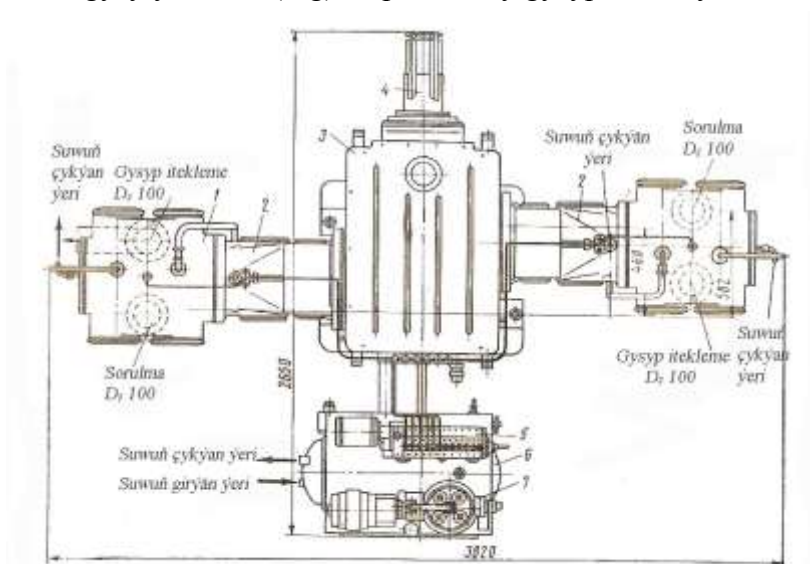
Iki taraplaýyn täsirli kreýskopfly göni akymсыz kompressorlar  $Q_0=465\div1400\text{kWt}$  eýe. Silindriň ýerleşşi boýunça olar gorizonta1 bir çyzykly, gorizonta1 iki çyzykly,



21-nji surat. Gorizonta1 kompressoryň täsir esasy

gorizontal oppozit (silindrleri biri-biriniň garşysynda ýerleşen).

Ikitaraplaýyn täsirli gorizontal kompressoryň täsir esasy 21-nji suratda 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 klap (çep) açylýar we sowadyjy jisimiň bugy silindriň çep giňişligine sorulýar. Porşen yza hereketlenende klap 1 (çep) ýapylýar we silindrdäki bug gysyp itekleýji trubageçirijidäki basyşdan uly basyşa çenli gysylýar. Bu basyşda bug gysyp itekleýji klap 2 (çep) arkaly kondensatora gysyp iteklenýär. Silindriň çep giňişliginde bug gysylanda, sag tarapda ol 1(sag) sorujy klap arkaly sorulýar, soňra gysylýar we 2 (sag) klap arkaly gysyp iteklenýär.

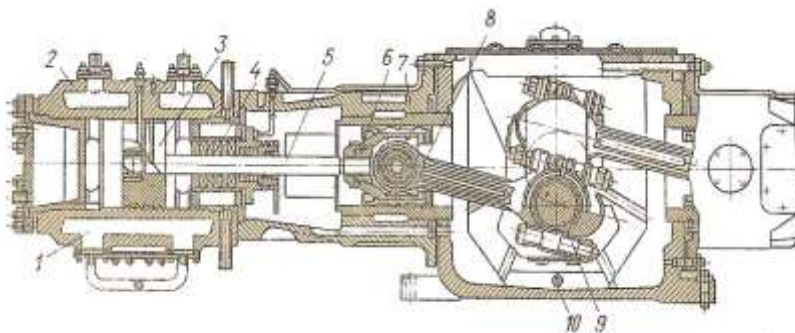


22-nji surat. Ammiakda işleýän gapma-garşylykly kompressor:

1-silindr; 2-kreýskopfy gönükdiriji; 3-esas; 4-tirsekli wal; 5-lubrikator; 6-ýag üçin süzgüç-sowadyjy; 7- ýag sorujy

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 –  $50^{\circ}\text{C}$  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; ýaglaýys agregaty.

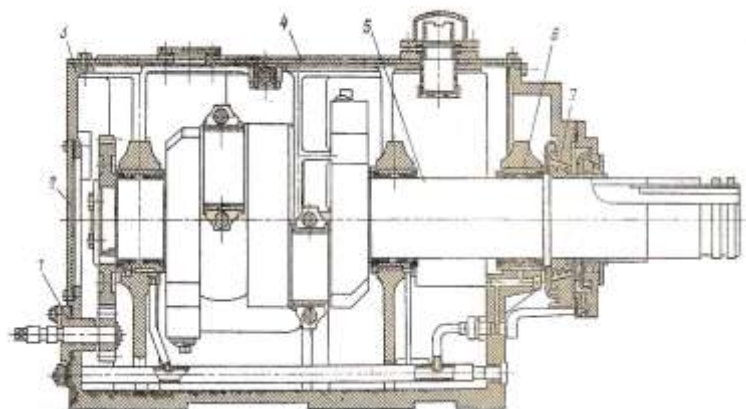


23-nji surat. AO-600 kysymly kompressoryň gapdal kesigi:

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

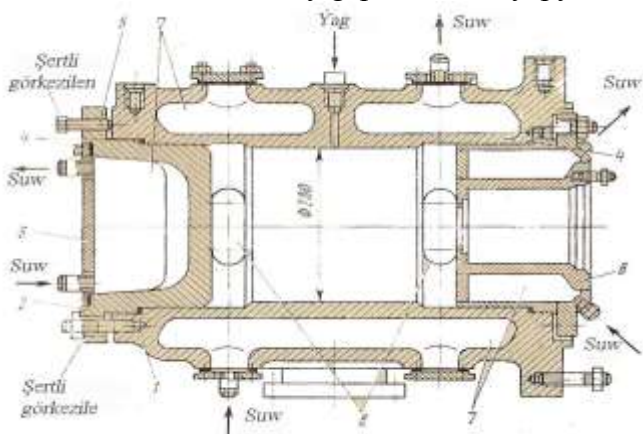
*Kompressoryň ramasy.* Kompressoryň ramasy – esas detal, onda kriwoşip-şatun mehanizm ýerleşen. Rama silindr we ähli kömekçi detallar berkidilýär. Ol bug gysylanda detallarda döreýän ähli güýçleri kabul edýär, şonuň üçin berk we agramly bolmaly. Rama (24-nji surat) SÇ18 kysymly çöýundan taýýarlanylýan, içinden gapyrgalanan, guýma gutyny emele getirýär. Rama fundamente iki paşmaklary bilen daýanýar, olarda fundament boltlar üçin yş goýulan. Ramanyň kese-kesiginiň diwarynda 5 walyň 6 podşipnikleri goýulýar, gapdal diwarda – gönüburçly flanes, oňa kreýskopfy ugrukdyryjylar berkidilýär. Elektrik hereketlendiriji tarapyndan ramanyň gapdal yşy çöýun gapak bilen ýapylan, onda elektrik

hereketlendirijiniň detalyna ýagyň düşmeginiň önüni alýan



24-nji surat. AO-600 kompressoryň rama boýunça keselegine kesigi

walyň 7 berkidijisi ýerleşýär. Garşy tarapdaky gapdal yş bitewi gapak 2 bilen ýapylýar, onuň aşagynda walyň öwrümi 1 ýerleşýär. Ýokardan rama esasy gapak 4 bilen ýapylan.



25-nji surat. AO-600 kysymly kompressoryň silindri:

1-silindriň daşy; 2-öň gapak; 3-suw giňişligiň gapagy; 4-aralyk dyky; 5-gysyjy bolt; 6-yzky gapak; 7-suw arkaly sowatmak üçin giňişlik; 8-göz

*Kreýskopfy ugrukdyryjy.* Ugrukdyryjy – bu çoýunly guýma, oňa çalşylýan çoýun gilza oturdylýar. Kpeskopfy ugrukdyryjy dört göze eýe, olar arkaly barmaklary basylyp çykarmak, kreýkopf bilen ştoýnyň birleşmesiniň abatlanmasy we salnige ideg etmek amala aşyrylýar.

*Silindr.* Silindrde porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlikde galan gazyň giňelmesi, bugardyjydan buguň sorulmasy, buguň gysylmagy we onuň kondensatora iteklenmegi bolup geçýär. Silindrlər sorujy we gysyp itekleýji klapanalaryň ýerleşmegi üçin göze eýe. Gapak silindr bilen şpilkalaryň kömeginde berleşýär. Silindrlər klapana gözleriň radial ýerleşmesinde çoýundan guýulan (25-nji surat). bir basgançakly we iki basgançakly kompressorlaryň ýokarky basgançaynyň silindri suw arkaly sowadylma eýe.

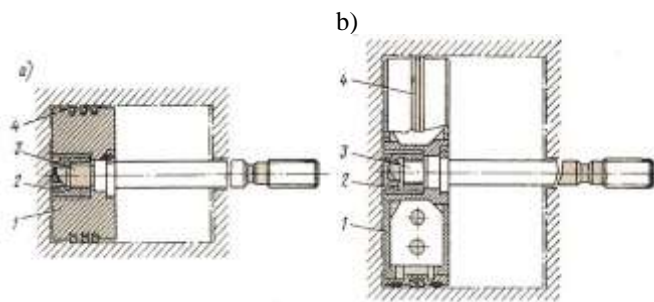
*Kompressoryň silindrinde porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlik.* Hereketlenýän mehanizmleriň detallarynyň ýylylyk giňelmesini kompensirlemek üçin, şeýle-de kompressor taýýarlanylanda we ýygnaýlanynda emele gelen nätakyklyklar sebäpli porşen hiç haçan silindriň gapagyna berk barmaýar, uly bolmadyk yş galýar,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

*Sorujy we gysyp itekleýji klapanal.* Kompressoryň silindrine buguň sorulmagy üçin sorujy klapana, silindrden kondensatora buguň gysyp iteklenmegi üçin gysyp itekleýji klapana niýetlenen. Klapanyň ýagdaýyndan kompressoryň göwrüm berijiligi bagly: eger-de klapanal 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 klapanal.* Şeýle klapanal gysyp iteklenme we sorulma basyşyň tapawudy ýokarlanan ýagdaýynda awariýanyň

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

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



26-njy surat. Gapma-garşylykly kompressoryň porşeni.

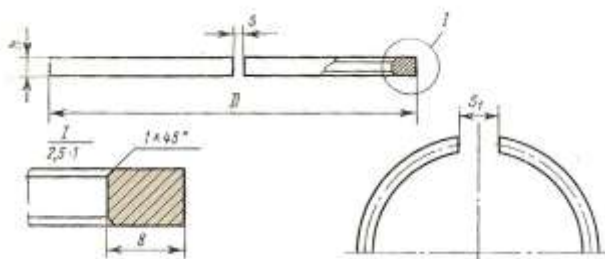
a) bütewi; b) kebşirlenen; 1-porşen; 2-porşen gaýka; 3-ştok; 4-porşen halkalar.

*Porşen* silindrde bugy gysmak üçin gulluk edýär; typýan diskli porşenler ulanylýar. Porşen bir basgançakly we iki basgançakly kompressoryň ýokary basyşynyň silindri üçin tutuş (26-nji surat, a - ýagdaý), pes basyşyň silindri üçin – ýarym – kebşirlenen konstruksiýada (26-nji surat, b - ýagdaý) taýýarlanylýar. Porşeniň iki konstruksiýa hem babbitli daýanç üste eýe. Porşen ştok bilen polat porşen gaýka arkaly birikdirilýär.

Berkidiji halkalary oturtmak üçin porşende kanalyklar goýulýar.



*Porşen halkalary* silindriň üstüne berk ýapyşmaklygy netijesinde silindriň içki üstüniň we hereketlenýän porşeniň



27-nji surat Porşen berkidiji halkalar

$s$  – silindre halka oturdylanda birikmedäki ýylylyk ys;

$s_1$  – erkin ýagdaýda birikmäniň ölçegi

arasynda berkligi döretýär we gysylma giňişlikden buguň akyp geçmegine päsgel berýär.

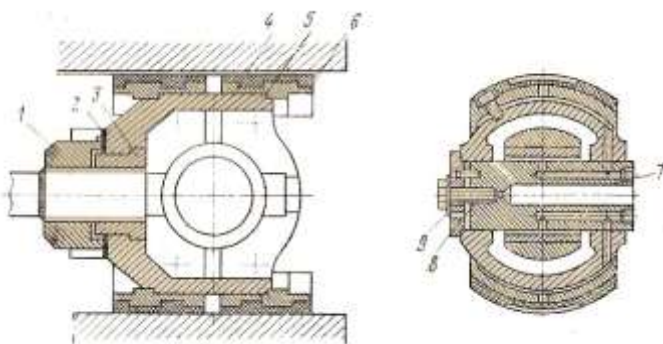
Porşen halkalaryň işindäki defektler kompressoryň öndürjiligine, kuwwatyna we ygtybarlylygyna täsir edýär. Porşen halkalar dilikli taýýarlanylýar we erkin ýagdaýda olaryň diametri silindriň diametrinden uly. Şonuň üçin, silindrde ýerleşmek bilen, halka materialyň tebigy maýyşgaklyk täsirinde silindriň diwaryna basyş edýär, mundan başga-da, çalgý üçin silindre berilýän ýag, halkalaryň berkligini has ýokarlandyrýan gatlagy emele getirýär. Halka göni dilige eýe (27-nji surat). Halkanyň ýylylyk giňelmesini sazlamaklyk üçin iş ýagdaýynda porşeniň diametriniň 0.005–0.0007 ululygynda diligiň ysý 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.

Ştok, kreýskopf bilen porşeni baglanyşdyryjy. Ol berk bolmaly.

Kreýskopf satun bilen göniçyzykly hereketi amala aşyran porşeniň ştogyny birleşdirýär. Kreskopf (28-nji surat) – ýapyk görnüşli çykarylýan polzunly 6, kreýskopfyň daşy

(korpussy) 5 polat guýmadan edilýär, polzunlar – alýumin splawdan. Daşyň we polzunyň arasynda polat prokladkalar goýulýar, olaryň kömegi bilen kreýskopfyň oky ugrukdyryjynyň okyna utgaşdyrylýar. Kreýskopf satun bilen barmagyň (palsyň) 7 kömegi bilen birleşýär.

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

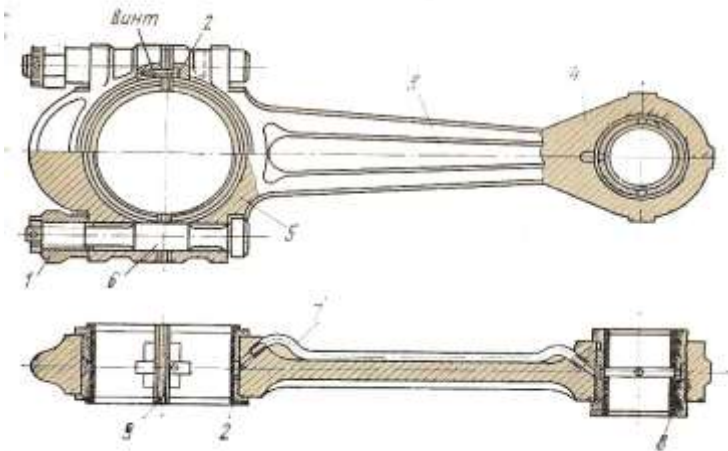


28-njy surat. Gapma-garşylykly kompressoryň kreýskopfy: 1-kontgaýka; 2-stopor şaýba; 3-içki gaýka; 4-prokladka; 5-kreýskopfyň korpussy; 6-polzun; 7-barmak; 8-nurbat; 9-şaýba

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.

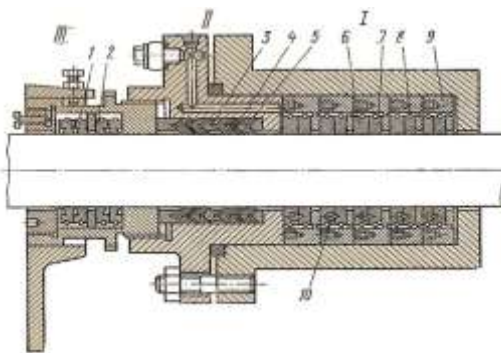
Düýp wal elektrik hereketlendirijiden aýlaw hereketi kabul edýär we şatun bilen birleşýär. Ol berk, gaty bolmaly, olaryň sürtülýän üstleri iýilmeklige durnukly bolmaly. Konstruktorlyk tarapdan wallar tirsekli taýýarlanylýar.

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



29-njy surat. Gapma-garşylykly kompressoryň şatuny

howanyň sorulmagynyň önüni alýar. Salnikli berkitme özünde I salnigi, II öňsalnigi we III ştogyny ýag aýyryjysy (30-njy surat). Salnik baş çöýün kameradan 9 durýar, olaryň her birinde iki görnüşli berkidiji halka ýerleşýär, deňişlilikde 7 we 6. Halkalar jübüt-jübütde 9 kameralara oturdylýar. Alty bölege kesilen 7



30-njy surat. Gapma-garşylykly kompressoryň salnigi

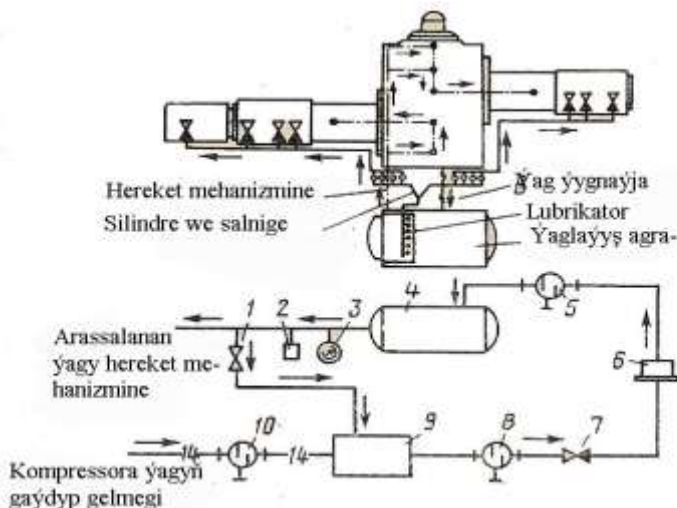
halkalar silindriň giňişliginden hasaplanylanda kamerada birinji ýerleşen. Halka 6 üç bölege bölünen we 7 halkalaryň kesiklerini çatyklaryny ýapar ýaly ýerleşýär. Biri-birine görälikde halkalaryň ýerleşmesi 10 stiftler arkaly fiksirlenýär. Her bir halka töweregi boýunça bilezik pružin 8 arkaly gurşalýar, ol halkanyň we ştogyň arasynda öňisyrä berkitmäni döretýär. Berkidiji halkny ştoga gysýan esasy güýç halkalaryň we ştogyň 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 kanalyjyklar bar. Halkalaryň şeýle konstruksiýasy salnigiň öz-özünden sazlanylmasyny üpjün edýär: ştok gyzanda we onuň giňelmesinde pružin dartylyp süýünýär we halka giňelýär, ştok sowanda pružin gysylýar we halkany ştoga radial gysýar, şeýle ýagdaý ştogyň 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, ştogy berkidiji –salnik. Kreýskopfly kompressorlarda ýaglamagyň iki özbaşdak ulgamy: kriwoşip-satun mehanizmiň, silindr we salnigiň.

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

Ýag ýygnaýjy 9 kebşirlenen gapak bilen ýokarsyndan berk ýapylyan 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

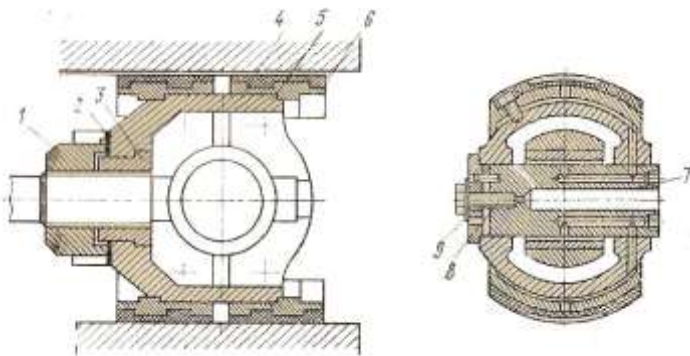
boýunça, ýag – trubaara giňişlikde hereketlenýär, ýag ýygnaýjynyň egredilen gapagynda ýerleşýär we iki şpilka arkaly saklanylýar. Ýag ýygnaýjynyň ýokarky üstüne mufta we elektrik hereketlendiriji bilen bilelikde şesternaly nasos,



31-nji surat. Gapma-garşylykly kompressoryň ýaglanyş shemasy

8 deşik süzgüji, lubrikator, reduktor we elektrik hereketlendiriji gurnalýar. Gysyp itekleýji ýag trubageçirijide artykmaç ýagy zyňyjy(aýyryjy) klapen 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 klapanlardan 1 jemlenýär. Kriwoşip-şatun mehanizm (walyň düýp we şatun podşipnikleri, kreýskopfyň barmaklary we polzunlary) şesternaly nasosyň (32-nji surat) basyşyndan ýaglanýar. Nasos ýag ýygnaýjydan ýagy alýar we ony ýagy sowadyjy arkaly düýp podşipniklere we kreýskopfy ugrukdyryjylara berýär. Podşipniklerden tirsekli walyň kanallary boýunça ýag kriwoşip mehanizmlere barýar we şatunyň boýundaky trubka boýunça kpeýskopfyň barmaklaryna barýar. Ýag ýaglanyş ýerinden akyp ýag ýygnaýja gaýdyp

gelýär. Hereket mehanizmiň ýaglanýş basyşy  $(1.47-2.45) \cdot 10^5$  Pa çäklerde saklamak zerur.

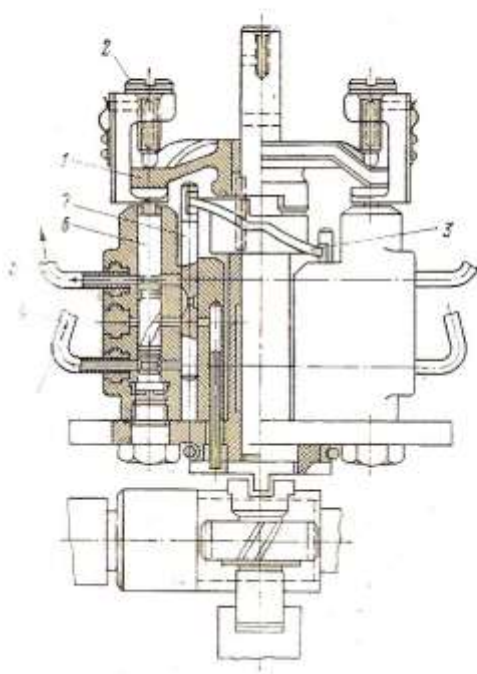


32-nji surat. Şesternaly ýag sorujy:

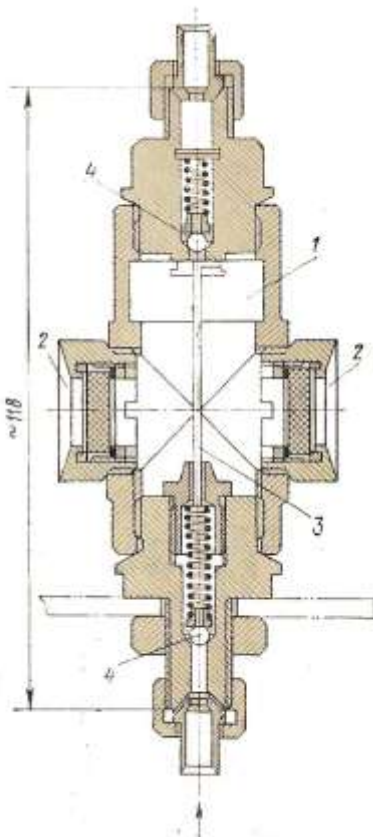
- 1 - sorujynyň gaby; 2 - hereketlendirilýän şesterna;
- 3 - hereketlendirilýän walik; 3 - hereketlendiriji walik;
- 5 - hereketlendiriji şesterna; 6 - gapak

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 (33-nji surat) sorujy elementler wertikal walyň daşynda ýerleşen, oňa iki profilirlenen disk oturdylan. Olaryň ýokarkysy 1 sorujynyň 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 gözüniň ýerleşşi şeýle, plunžeriň aşak birinji ädiminde ýag rezerwuardan aşaky aýyryjy 4 boýunça damjany görkezijä berilýär, damja görkezijä gelen ýagyň aşaky 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 (34-nji surat) ulanylýar. Pleksiglesden iki serediş gözenejklere 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 klapanlar 4 oturdylan.



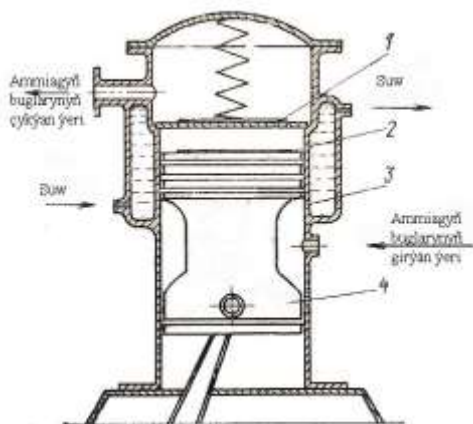
33-nji surat. Lubrikator.



34-nji surat. Damja görkeziji göz

## 1.25. Porşenli bir basgançakly kreýskopsyz kompressorlar

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

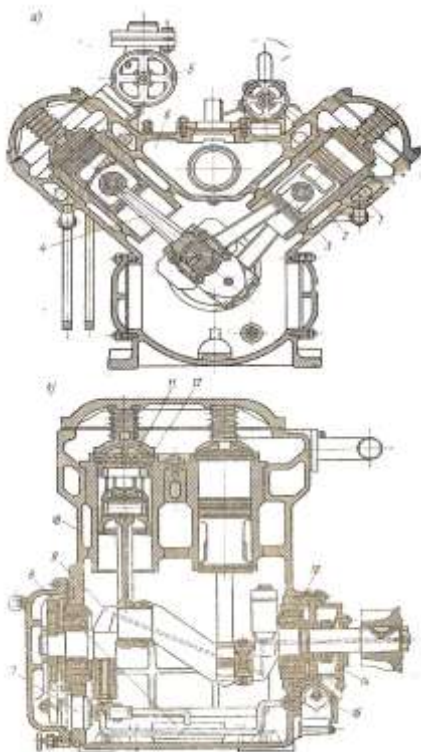


35-nji surat.. Wertikal göni akymly kompressoryň hereketi

Kompressorlar blok-karterli, bir basgançakly, göni akymly 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 iki silindrli, wertikal; AY-200 dört silindrli, V –görnüşli, silindrleriň arasyndaky burç  $90^{\circ}$ ; AYY-400 – sekiz silindrli, silindrleriň arasyndaky burç  $45^{\circ}$ ; AY-300 – dört silindrli silindrleriň arasyndaky burç  $75^{\circ}$ . Kompressoryň kysymyndaky harplar indikini aňladýar: A – ammiakda işleýän, W- wertikal Y- V- görnüşli, YY- W-görnüşli, harply belgilenmeden soňky san kompressoryň sowuköndürjiligin müň kkal/sag ( $t_0=-15^{\circ}\text{C}$ ,  $t_k=+30^{\circ}\text{C}$  -da) görkezýär.





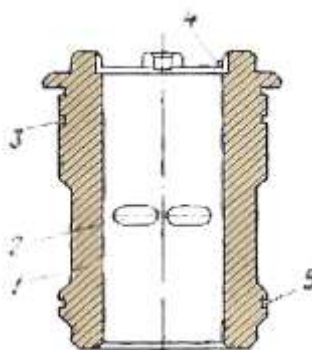
36-njy surat. Ammiakda işleýän AY-200 kysymly kreýskopsyz kompressor:

a)-keseligine kesigi; b)-gapdal kesigi; 1-suw köýnegi; 2-silindriň gilzasy; 3-porşen; 4-şatun; 5-gysyp itekleýji wentil; 6-sorujy giňişlik; 7-şesternaly sorujy; 8-ýagyn gödek arassalanmasynyň süzgüji; 9-tirsekli wal; 10-blok-karter; 11-gysyp itekleýji klapa; 12-sorujy klapa; 13-daýanç podşipniki; 14-salnik; 15-yş ýag süzgüji.

36-njy suratda AY-200 kysymly kreýskopsyz kompressor görkezilen.

Kysymyndan bagly bolmazdan ähli kompressorlar esasy bölekler eýe: blok-karter, silindrleriň gilzasy, sorujy we gysyp itekleýji klapalar, porşen halkalary bilen bilelikde porşen,

kriwoşip-şatun mehanizm, salnik, ýaglaýjy gurluşlar.



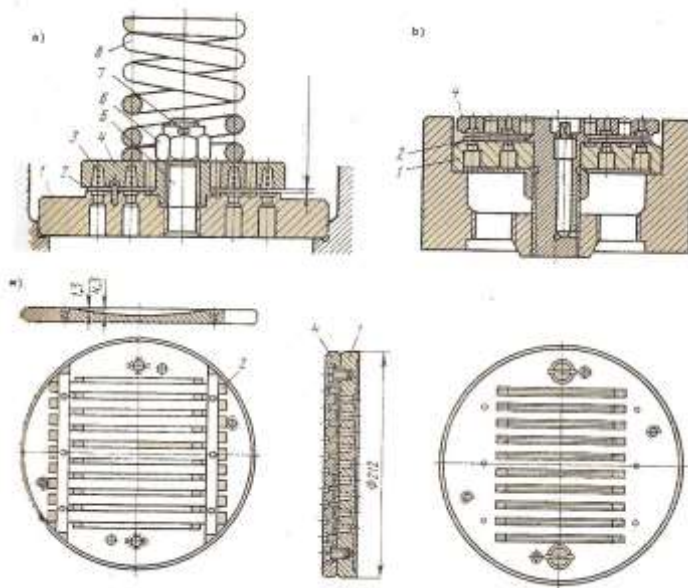
37-nji surat. Göni akymly kompressoryň silindriň gilzasy:

1-gilzanyň korpussy; 2-sorujy göz; 3,5-berkidiji prokladkalar üçin protoçkalar; 4-gysyp itekleýji klapanyň oturdylýan giňişligi.

*Blok-karter.* Ol çoýundan, 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 ýş bar (37-nji surat).

*Silindriň gilzasy.* Gilza – çoýundan 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.

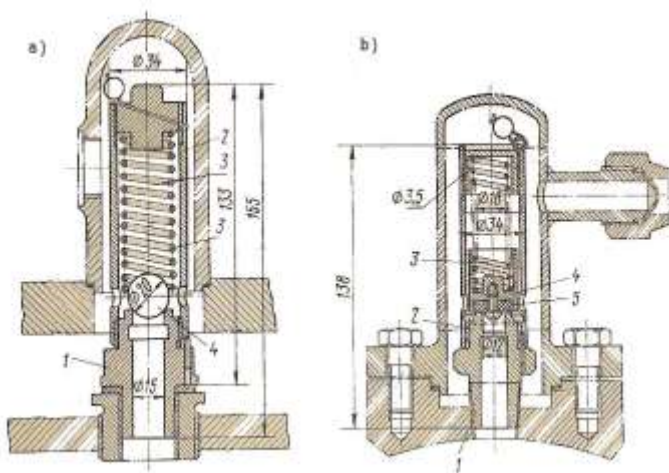


38-nji surat. Plastinkaly klapanlar:

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

*Klapanlar.* Göni akymly kompressorlarda öz-özünden hereketlenýän plastinkaly halkaly we zolakly klapanlar ulanylýar. Gysyp itekleýji klapanlar – halkaly pružinli (38-nji surat, a ýagdaý). Sorujy klapanlar pružinli (38-nji surat, b ýagdaý) we onsuz taýýarlanylýar. Ahyrky ýagdaýda klapan inersiýa güýjiň täsirinden açylýar we ýapylýar.

Halkaly klapanlardan başga-da zolakly öz-özünden hereketlenýän klapanlar (38-nji surat, w ýagdaý) giňden ýaýran.



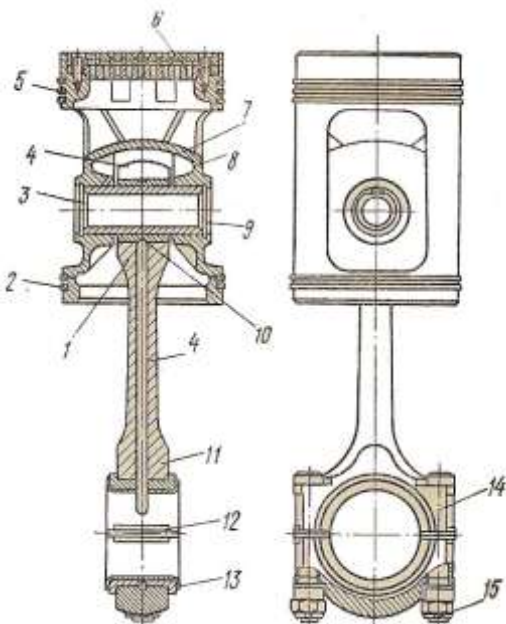
Sur.39. Gorag klapanlar

Olarda halkaly plastinanyň 2 ýerine zolakly plastinany ulanýarlar, bu klapanlarda 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 klapan silindr bilen berk birleşmeýär, buferli pružin arkaly silindriň burtigine gysylýp, ýalan gapagy emele getirýär, bu bolsa silindre suwuklyk düşende kompressory gidrawliki urgydan goraýar. Gysyp itekleýji klapanlaryň geçiş kese-kesigi buguň uly tizligine hasaplanylýar. Olar suwuklygyň çykyşyny üpjün etmeýär, şonuň üçin suwuklyk düşünde silindrde basyş artýar, onuň täsirinden buferli pružin gysylýar, ýalan gapak galýa we gysyp itekleýji klapan arkaly geçmedik sowadyjy jisim gapagyň we silindriň burtiginiň arasyndaky halkaly giňişlik arkaly gysyp itekleýji giňişlikden çykýar. Şonuň üçin ýalan gapagy howpsuzlyk gapagy diýip atlandyrylar.

*Gorag klapanlar.* Kreýskopsyz kompressorlarda pružinli öz-özünden hereketlenýän şarikli we oýmakly gorag klapanlary ulanylýarlar. Şarikli gorag klapan (39-njy surat, a ýagdaý) 1 eýerden, 2 korpusdan, 3 pružinadan we 4 şarikli klapandan durýar. Şeýle klapanlarda klapanyň metal işçi üstüniň we eýeriň arasynda basyşyň birinji zyňylmasyndan soňra doly berkitme üpjün edilmeyar. Soňky wagtlarda oýmakly klapanlar (39-njy surat, b ýagdaý) ulanylýar, olarda rezin halka arkaly klapanyň ýumşak berkidilmesi döredilýär. Oýmakly klapan 1 eýerden, 2 korpusdan, 3 pružinden, 5 rezinden taýýarlanylýan berkidiji rezin halkaly 4 klapandan durýar. Pružinany basyşyň çäk tapawudyna hasaplaýarlar, bu ýagdaýda klapan açylýar we

bugy gysyp iteklenme tarapdan sorujy tarapa geçirýär.

*Porşen.* Göni akymly kreýskopfsyz kompressorlarda tagtly gapdal üsti has ösen geçiş porşenler 8 ulanylýar, olarda sorujy klapanlar 6 ýokarky bölekde ýerleşen. Sorulma giňişligi karterden porşendäki sferik aralygy diwar 7 arkaly bölünýär.



40-njy surat. Göni akymly kompressoryň şatun - porşen topary

Ýeňilleşdirmek üçin porşenleri gapdal üstleri kesikli boş sudurly taýýarlaýarlar; kesikler şeýle-de sürtülme işini kemeltýär (40-njy surat). 5 berkidiji halkalardan başga-da

tagtly porşenlerde 2 ýag aýyryjy halkalar bar, olar karterden gelýän silindriň üstündäki artykmaç ýaglary aýyrmak üçin niýetlenen. Olar porşeniň aşaky gyrasynda oturdylýar. Ýag aýyryjy halkalaryň ýok ýa-da olaryň nädogry oturdylan ýagdaýynda ýag silindre artykmaç mukdarda düşýär, bu bolsa onuň artykmaç sarp edilmegine, klapanlarda 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 kanaljygynyndada edilen.

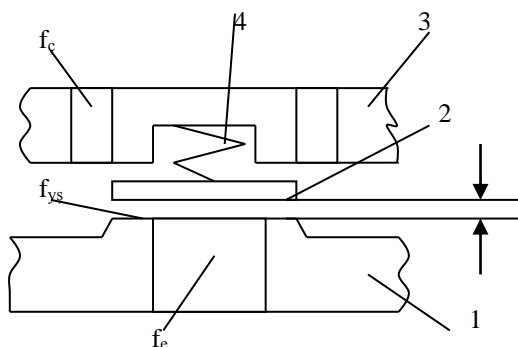
*Kriwoşip-şatun mehanizm.* Bu mehanizm walyň aýlawly hereketini porşeniň öňe-yza bolan hereketine öwürmek üçin niýetlenen. Porşen şatun bilen 9 porşen barmaklaryň kömegi arkaly gös-göni birleşýär (40-njy surata seret).

*Şatunlar 4* – depesi sökülmeýän kelleli 1(bu ýere 10 bürünç wtulka preslenen) iki tagmaly gaplanan polat we sazlaýjy aralyk gatly (prokladkaly) 12, babbittli goýulan we iki polat wkładyşly aşaky sökülýän kelleli 11. Şatunyň tutawajyny (skobyňy) steržene koronçaty gaýkada 15 iki nurbat 14 arkaly berkidilýär.

*Tirsekli wal* – polat guýmaly, iki tirsege eýe, polat deňagramlaşdyryjyda biri-birinden  $180^0$  ýerleşen. Ony yranmanyň iki düýp podşipniklerinde oturtýarlar. Yranma podşipnikleri – iki hatarly, sferik, rolikli.

## 1.26. Klapanlar. Porşenli kompressoryň öz-özünden hereketlenýän klapanlarynyň hasaplamasy

Porşenli kompressoryň klapany silindriň boşlugyny sorujy we gysyp itekleýji boşluklar bilen birikdirýän ýa-da arasyny üzýän düwün bolup durýar. Öňki temalarda aýdylyp geçilişi ýaly häzirki döwürde ulanylýan porşenli kompressorlarda köplenç öz-özünden hereketlenýän klapanlar ulanylýar. Klapanyň organynyň hereketi basyşyň tapawudy bilen kesgitlenilýär (45-nji surat).



41-nji surat. Öz-özünden hereketlenýän klapanyňgurluşy:

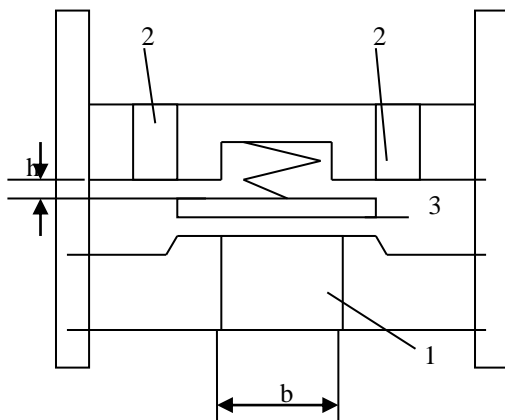
1-eýer; 2-plastina; 3-galmany çäklendiriji;  
4-pružina.

Gazyň klapanlardaky akymy, eýerdäki geçiş meýdanyň  $f_c$ , eýer bilen plastinanyň arasyndaky ýşyň geçiş meýdanyndan  $f_{ys}$  we çäklendirijidäki geçiş meýdandan  $f_c$  kesgitlenilýär. Gaz klapandan geçende gidrawliki garşylygyň hasabyna

gysylan gazyň energiýasy ýitirilýär. Klapanlarda energiýanyň ýitgisi kompressoryň walyna berilýän ähli energiýanyň 35% ýetip bilýär. Bularyň hemmesi porşenli kompressoryň klapanlaryny dogry saýlamadygynyň we gurnamalydygynyň wajypdygyny görkezýär.

Klapanlarda gidrawliki garşylyklar sebäpli ýüze çykýan energiýanyň ýitgilerini azaltmak üçin, köplenç kompressoryň silindrinde klapanlaryň köp sanysynyň ýa-da uly geçiş kesekikli klapany goýmaga çalyşýarlar. Şonuň netijesinde klapanlarda gazyň akýş tizligini azaltmak bolýar. Häzirki zaman porşenli kompressorlaryň synaglaryndan häzirki zaman

porşenli kompressorlarda öz-özünden hereketlenýän klapanlaryň dürli görnüşi ulanylýar. Pes we orta basyşly kompressorlarda köplenç plastinkaly klapanlar giňişleýin ulanylýar: halkaly, diskaly, zorakly, göni akmaklyga esaslanan, gülýaprakly. Ýokary basyşly kompressorlarda köplenç halkaly, diskaly we kömelek şekilli klapanlar ulanylýar. Klapanlaryň ähli görnüşlerini gurluşy boýunça çäklendirijilere plastinanyň urulmagy netijesinde demfirlenýän klapanlara we demfirlenmeýän klapanlara bölmek mümkin. Başga-da sürtülmeli we sürtülmesiz klapanlary tapawutlandyrmak mümkin.



42-nji surat. Klapanyň poşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi:

1-eýerde kanalyň göwrümi; 2-çäklendirijide klapanyň göwrümi; 3-klapanyň içki giňişliginiň göwrümi çäklendiriji; h-plastinanyň galmagynyň maksimal mümkin beýikligi

*Klapanlardan edilyän talaplar.*

Porşenli kompressorlaryň öz-özünden hereketlenýän klapanlary talaplaryň birnäçesine gabat gelmeli. Olardan esaslary: porşeniň täsiri ýetmeýän az boş giňişligi; geçýän gazyň akymyna az gidrawliki garşylyk; klapanyň öz wagtynda berkligi, ygtybarlyk; klapanyň ýapyk ýagdaýynda berkligi, uzak

ömürlilik we özara çalyşylyklyk.

*Porşeniň täsiri ýetmeýän kiçi giňişligi.* Porşenli kompressoryň silindrinde hemişe porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligi bar. Olar klapanlarda kannallaryň barlygy bilen şertlenendir we ol silindriň boşlygyndan klapanyň baglaýjy

organlaryna çenli gazyň geçmegi üçin hyzmat edýär. Mysal üçin, gysyp itekleýji klapa üçin klapanda porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligi bolup eýerdäki 1 kanalyň göwrümi, sorujy klapa üçin bolsa çäklendirijidäki 2 kanallaryň we 3 boşlugyň göwürümleriniň jemi (42-nji surat).

Porşeniň täsiri ýetmeýän giňişliginiň kompressoryň öndürilijini peseltýändigini öň görkezilipdi. Şeýlelikde, maksimal öndürilijili almak üçin, klapalarda porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligiň minimal bolmagyny gazanmaly. Klapa silindriň öýjüginde oturdylanda goşmaça porşeniň täsiri ýetmeýän giňişliginiň emele gelýändigini ýatda saklamaly.

Geçýän (akýan) gazyň akymyna az gidrawliki garşylyklar. Akyp geçýän gaza klapanda näçe köp gidrawliki garşylyklar täsir etse, şonça-da indikator diagrammanyň meýdany uly bolar (11-nji surat). Bu meýdanlar näçe uly bolsa, sorujy giňişlikden silindre we silindrdan gysyp iteklenme giňişligine gazyň geçmeşinde energiýanyň ýitgisi şonça-da uly bolar.

*Klapalaryň öz wagtynda açylmagy we ýapylmagy.* Ideal ýagdaýda sorujy klapa porşen yzyna hereket eden wagtynda gazyň giňelme prosesinde silindrdäki gazyň basyşy  $P_s$  basyşa deň bolanda açylmaly, gysyp itekleýji klapa bolsa, gysylma prosesinde silindrdäki gazyň basyşy  $P_{g,i}$  basyşa deň bolanda açylmaly. Klapalaryň ýapylmagy klapanda gazyň basyşynyň tapawudynyň alamaty garşylykly tarapa üýtgände gutarmaly. Klapalaryň bu ýagdaýda ýapylmagy klapa arkaly gazyň yzyna akmagynyň önüni alýar. Birinji ýakynlaşmada (klapanyň işine seretmegi ýönekeýleşdirmek üçin) klapalaryň ýapylmagynyň has amatly pursadyny sorujy klapa üçin porşeniň aşaky çägin, gysyp itekleýji klapa üçin porşeniň yokarky çägin hasaplamak mümkin.

*Klapalaryň belli wagtda (öz wagtynda) açylmagy.* Hakyky kompressorda klapanyň açylmagynyň gijikmeginiň esasy sebäpleri: plastinanyň dynç ýagdaýynyň inersiýa güýji (plastina hereket etmezinden öňürti, ýagny açylmazýndan öň



eýerde dynçlykda dur); plastinanyň eýere ýelmeşmegi; pružiniň başlangyç dartuw güýji, ýagny şu güýç bilen pružiniň plastinany itýän güýji. Plastina eýerden hereketlenip başlar ýaly bu güýçleri hökmän ýeňip geçmeli. Silindrde gazyň goşmaça giňelmesinden soň basyşyň peselmesi (sorujy klapa üçin) ýada gazyň goşmaça gysylmasynda (gysyp itekleýji klapa üçin) basyşyň ýokarlanmasy bu güýçleri ýeňip biler. Sorujy klapa d nokatda açylyp başlaýar, gysyp itekleýji –b nokatda başlaýar (11-nji surata seret). Klapanyň açylmagynyň gijikmesi energiýanyň artykmaç harçlanmagyna getirýär.

*Klapalaryň öz wagtynda ýapylmagy.* Klapanyň ýapylmagynyň gijikmesiniň esasy sebäpleri: plastinanyň inersiýa güýji, çäklendirijä plastinanyň ýelmeşmeginiň güýji we plastinanyň gazyň hereketine garşylyk güýji. Pružin klapanyň ýapylmagyna ýardam edýär. Bu bolsa pružiniň klapanda esasy ýerine ýetirýän wezipesi.

Klapanyň ýapylmagynyň gijikmesi öndürilijiligiň ýitgisine getirýär, kä ýagdaýlarda energetiki ýitgilere hem getirýär. Hakykatdan hem, eger-de sorujy klapa giç ýapylsa, gazyň bir bölegi porşen arkaly häli ýapylmadyk klapandan çykarylýar. Silindrden sorulma giňişligine gazyň çykarylmagy klapanyň ýapylýan pursadyna çenli bolup geçýär. Şeýlelikde, sorulýan we ulanyja berip bolaýjak gazyň belli bir bölegi, klapanyň wagtynda ýapylmadyk ýagdaýynda, silindrden yzyna çykarylýar. Şu ýagdaýda kompressoryň öndürilijiligi peselýär.

Gysyp itekleýji klapanyň ýapylmasynyň gijikmesinde hem şeýle ýagdaýy alýarys. Ýokary çäkten porşen aşaky çäge hereket edýär, silindriň işçi giňişligi ulalýar, we klapa ýapylýança gysyp itekleýji giňişligine silindrden geçirilen gaz yzyna silindre akyp başlar. Bu halatda kompressora sorulýan gazyň mukdary, gysyp itekleýji klapanyň öz wagtynda ýapylan ýagdaýyndakysyndan az. Gysyp itekleýji klapanyň ýapylmasynyň gijikmegi gazyň göwrüminiň ýokarlanmagyna getirýär (ol  $P_{g,i}$  basyşdan  $P_s$  basyşa çenli silindrde giňelýär),

ýagny yzyna giňelme prosesi bilen şertlenen öndürililigiň ýitgileriniň artmagyna getirýär.

Klapanlaryň ýapylmagynyň gijikmesine seretmek bilen klapanyň plastinasynyň we eýeriniň materialynyň maýyşgak häsiýetiniň bardygyny ýatda saklamaly we urgudan soňra plastinanyň eýere urulyp yzyna serpikmegi mümkin. Plastinanyň yzyna serpikmesi klapanyň ýapylmagynyň gijikmesiniň ýokarlanmagyna getirýär.

*Ýapyk ýagdaýynda berkligi.* Klapanyň berk ýapylmagy esasan taýýarlanylş hilinden bagly we naprãženiýäniň täsiri astynda eýeriň we plastinanyň deformasiýasy netijesinde bozulyp (zaýalanyp) bilner. Sorujy we gysyp itekleýji klapanlaryň ýapyk ýagdaýynda, berk ýapylmazlygynyň, kompressoryň öndürililigiň we energetiki häsiýetnamalarynyň kemelmegine getirýändigini, hakyky bir basgançakly kompressorlar öwrenilende kesgitlenipdi.

## **1.27. Klapanlar nazaryýetiniň esasy düşüňjeleri**

Klapanlar nazaryýetiniň esasy meselesi – klapanyň üstünden gazyň akmagy bilen gidrawliki garşylyklar sebäpli ýüze çykýan energiýanyň ýitgilerini kesgitlemek. Öz-özünden hereketlenýän klapanyň shemasyna (41-nji surata seret) göz aýlanyňda bu gidrawliki garşylyklary aýdyp bolýar: duýdansyz daralma, eýeriň kanalynda gaz akanda sürtülme, gazyň öwrülmesi, öwrülme netijesinde duýdansyz giňelme, soňra çäklendirijiniň kanalynda girende ýene-de duýdansyz daralma, çäklendirijiniň kanallarynda gaz akanda sürtülme, we soňra ýene-de gazyň akymynyň duýdansyz giňelmegi.

Gidrawlika dersinden belli bolsy ýaly akymyň tizligi näçe uly bolsa, şonça-da seredilýän akymyň garşysynda gidrawliki ýitgi uly. Şeýlelikde, basyşyň ýitgisini kesgitlemek üçin gazyň akymynyň tizligini bilmeli.

Klapandan geçýän gazyň mukdary degişlilikde klapanyň akym böleginiň aýry ýerli garşylyklaryndaky gazyň tizligi dürli faktorlardan bagly, şeýle hem plastinanyň ýokary galmagynyň  $x$  beýleliginden bagly (41-nji surat).

*Yşyň meýdanynyň üýtgemesini teswirlemegiň iki ýoly.* Klapanyň yşynyň meýdanynyň üýtgemesini, ýagny, klapanyň plastinasynyň ýokary galmagynyň beýikliginiň üýtgemesini teswirlemegiň iki ýoly bar:

1. Belli wagt pursadynda klapa mgnowen açylýar, ýagny, klapa eýerdäki (“ýapyk” ýagdaý) ýagdaýdan mgnowen ýokarky çäklendiriji ýagdaýa (“açyk” ýagdaý) geçýär diýip hasap edilýär we belli wagt pursadynda klapa mgnowen ýapylýar.

2. Klapa mgnowen açylmaýar we ýapylmaýar diýip çak edilýär, şeýle ýagdaýda köplenç tirsekli walyň öwrülmesiniň burçundan klapanyň plastinasynyň ýokary galmasynyň  $x$  beýikligini hasaplamak üçin klapanyň plastinasynyň dinamiki deňlemesini ulanýarlar.

*Massaly akymy teswirlemegiň iki ýoly.* Öz-özünden hereketlenýän klapanyň plastinasynyň  $x$  ýokary galmasynda energiýanyň (basyşynyň) ýitgilerini kesgitlemek üçin yş arkaly gazyň akyşynyň tizligini bilmeli. Şonuň üçin ýokarda aýdylanlardan başga-da, klapanlarda energiýanyň ýitgilerini kesgitlemegiň iki ýoly bar. Bu iki ýolyň tapawudy klapandan geçýän gazyň tizligini kesgitlemek üçin dürli iki deňlemäniň ulanylmagy bilen şertlenen.

Birinji usulda, ideal gazyň adiabatik akymyny (ýitgisiz soplo arkaly) hasaba alýan, Sen-Wenan-Wanseliň deňlemesi diýip atlandyrylýan gysylýan suwuklygyň, ýagny gazyň mukdarynyň deňlemesi ulanylýar:

$$\omega = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left[ 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

ýa-da

$$M = f \sqrt{\frac{2k}{k-1} p_0 \rho_0 \left[ \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}. \quad (1.68)$$

bu ýerde  $\omega$  – gazyň akys tizligi,  $M$  – gazyň massaly mukdary,  $\rho_0$  we  $p_0$  – gapdaky gazyň dykyzlygy we basyşy,  $p$  – soplonyň çykyşynyň kese-kesigindäki basyş,  $f$  - soplonyň çykyşynyň kese-keseginiň meýdany.

Real klapa üçin (1.68) deňleme indiki görnüşde ýazylyp bilner:

$$M = \mu f \sqrt{\frac{2k}{k-1} p_0 \rho_0 \left[ \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}. \quad (1.69)$$

bu ýerde  $\mu$  mukdar koeffisienti.

Ikinji usulda, klapandan akýan gazyň mukdaryny hasaplamak üçin, gysylmaýan sowuklyk üçin deňlemäniň ulanylmagy göz önüne tutulýar. Şuňa laýyklykda gazyň mukdary :

$$M = \alpha f \sqrt{2\rho_0(p_0 - p)}, \quad (1.70)$$

bu ýerde,  $\alpha$  - mukdar koeffisienti (umumy ýagdaýda (1.69) deňlemedäki  $\mu$  -mukdar koeffisienti we (1.70) deňlemedäki  $\alpha$  dürli bolup bilerler).

Klapandan geçýän gazyň gysylmasyny hasaba almak üçin deňlemä giňelme koeffisienti diýip almandyrylýan  $\varepsilon_g$  düzediş koeffisientini girizýärler:

$$M = \alpha \varepsilon_g f \sqrt{2\rho_0(p_0 - p)}, \quad (1.71)$$

Klapanda giňelme koeffisienti indiki deňlemeden alnyp bilner:

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{C}{k} \cdot \frac{p_0 - p}{p_0}. \quad (1.72)$$

Bu deňlemede eksperimental koeffisient  $C$  klapanyň formasynyň tapawutlyklarynyň we gazyň akyp geçýän

bölekleriniň ölçeglerini hasaba alýar we plastinanyň galmasynyň üýtgemesinde ýa-da klapandan klapana üýtgäp biler.

(1.69) deňlemäniň ýerine (1.71) deňlemäniň ulanylmagy klapany arkaly geçýän gazyň mukdaryny kesgitlemegi ep-esli ýeňilleşdirýär we şonuň üçin bu çalyşma giň ulanylma eýe boldy.

Beýan edilen materialy ýeňilleşdirmek maksady bilen häzirki temada klapanyň mgnowen açylmasyny we ýapylmasyny ulanarys, klapany arkaly gazyň mukdaryny beýan etmek üçin bolsa, düşediş –giňelme koeffisienti  $\varepsilon_g$  girizmek bilen gysylmaýan sowuklyk üçin mukdar deňlemesini ulanarys.

*Ekwiwalent meýdan.* Gidrawlikadan belli bolşy ýaly, islendik gidrawliki garşylykda basyşyň ýitgisi,

$$\Delta p = \zeta \frac{c_g^2}{2} \rho = \zeta \frac{V^2}{2f^2} \rho, \quad (1.73)$$

bu ýerde  $\zeta$  –kesgitli kese-kesige degişli garşylyk koeffisienti,  $c_g$  – garşylykda gazyň tizligi, m/s,  $\rho$  –geçýän gazyň dykzyzlygy,  $V$  – garşylyk arkaly gazyň göwrüm mukdary,  $m^3/s$ ,  $f$  – kesgitleýji kese-kesigiň geçiş meýdany,  $m^2$ .

Mukdara (sarp edilişe) görälikde bu deňlemäni çözüp suwuklygyň gysylmaýandygy barada çaklama alarys.

$$V = \frac{1}{\sqrt{\zeta}} f \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}. \quad (1.74)$$

$1/\sqrt{\zeta}$  –ululyk  $\alpha$  arkaly belgilenýär we mukdar koeffisienti diýip atlandyrylýar, ýagny,

$$\alpha = 1/\sqrt{\zeta} \quad (1.75)$$

Onda mukdary indiki görnüşde ýazmak mümkin

$$V = \alpha f \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}. \quad (1.76)$$

$\alpha f$  köpelmek hasyly  $F$  bilen aňladýarlar we ekwiwalent meýdan diýip atlandyrylýar.

$$\alpha f = F \quad (1.77)$$

bu ýerden

$$V = F \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}. \quad (1.78)$$

(1.75) we (1.76) deňlemeden alarys:

$$\Phi = \alpha f = \frac{f}{\sqrt{\zeta}} \quad (1.79)$$

(1.78) deňlemeden görnüşi ýaly, geçiş kese-kesigiň ekwiwalent meýdany düwüniň, ýagny biziň ýagdaýymyzda klapanyň geçiliş ukyplygyny kesgitleýär.

Gidrawliki garşylygyň ýok bolan we uçdaky basyşyň ähli üýtgemesiniň gazyň kinetik energiýasynyň ýokarlanmagyna gidýan şeýle yşyň meýdanyny geçiş kese-kesigiň ekwiwalent meýdany görnüşinde göz önünde getirmek mümkin.  $\Delta p$  deň bahasynda şertli yşda gazyň mukdary ekwiwalent yşy bilen çalşyrylýan düwüň arkaly gazyň mukdaryna deň.

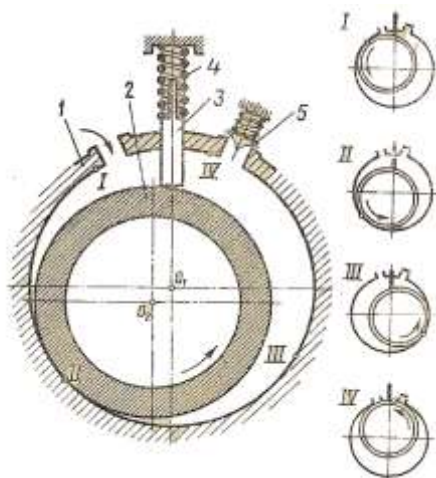
## BAP 2

### ROTORLY KOMPRESSORLAR

#### 2.1. 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.

43-nji suratda typýan rotorly (porşenli) rotorly kompressoryň shemasy şekillendirilen. Silindriň 1 gozganmaýan üsti boýunça ekssentrik 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 öwürüm 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.

43-nji surat. Typýan rotorly (porşenli) rotorly kompressoryň shemasy

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 açylýär we gysylan bug gysyp itekleýji trubageçirijä gysyp iteklenýär (IV).

Typýan rotorly sowuköndürjiligi 815 Wt bolan FGR-0.7 kysymly rotorly germetik kompressor 44-nji suratda görkezilen. Kompressor elektrik hereketlendirijisi bilen bilelikde 2 polat gaba gaplanan. 14 silindriň içinde 3 ekssentrik wertikal wala oturdylan 15 rotor ýerleşdirilen. Wal

8 we 10 iki bürünç podşpniklere daýanýar.

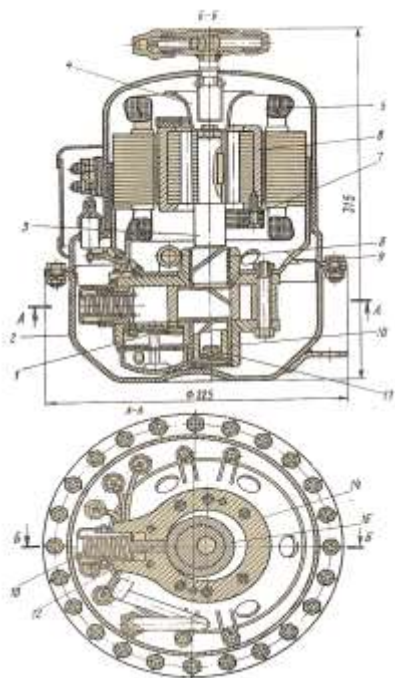
Silindriň çep böleginde rotoryň üstüne pilçani gysçan pružinli pilçe 12 ýerleşýär. Gysyp itekleýji klapa 1 aşaky gapakda ýerleşen.

Kompressor rotoryň 6 gapdalynda oturdylan

iki deňagramlaşdyryjylar 7 arkaly deňagramlaşdyrylan.

Merkezi yza eýe bolan ekssentrik walyň aşaky bölegine

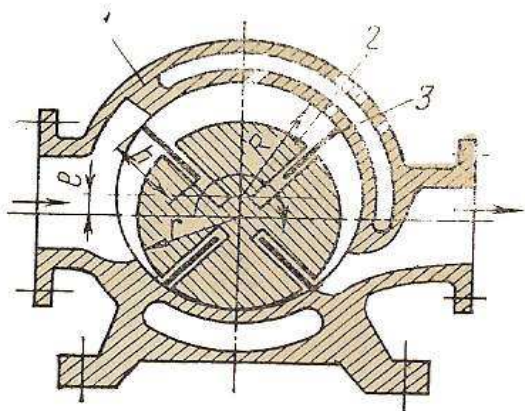
merkezden daşlaşýan ýag nasosyň wezipesini ýerine ýetiriji bir merkezi we dört radial ysly wtulka 11 gysylýp berkidilen.



44-nji sirat. R12 üçin FGR-0.7 kysymly rotorly germetik kompressor



Ýag walyň merkezi yşy boýunça ýokarky podşipnigiň orta bölegine çenli galýar, bu ýerden radial deşme arkaly spiral kanalyklara 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.



45-nji surat. Aýlanýan rotorly plastinkaly rotasion kompressoryň kesigi

Gozganmaýan silindrde ýa-da 1 daşda (korpusda) aýlanýan 2 rotorly kompressoryň shemasy 45-nji suratda 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 böleklere

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 göwrüm gysyp itekleýji göze ýetende, bug göz arkaly gysyp itekleýji trubageçirijä gysylýp çykarylýar. Rotorly plastinkaly ammiakda işleýän kompressorlary 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 klapanlaryň, kä halatlarda gysyp itekleýji klapanlaryň ýok bolmagy; oňat deňagramlylyk, bu fundamentleri ulanmazlyga, kompressorlaryň jaýyň ýokarky gatlarynda oturdylmagyna we olary daşamaklygyň desgalarynda ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Iýilmek we döwürlemeklige sezewar bolýan hereketlenýän bölekleriň mukdarynyň köp dälligi netijesinde rotorly kompressorlar “çygly ädimde” işlände hem ygtybarly. Bu kompressorlara 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 maksimal berkliklerinde üpjün etmek mümkin.

## **2.2. Rotorly sowadyjy kompressorlaryň nazaryýetiniň esaslary**

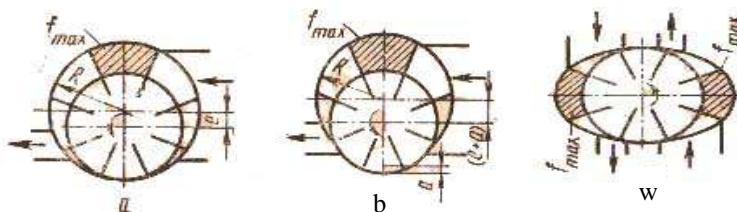
*Kompressoryň öndürijiligi.* Bir kameraly kompressoryň nazary öndürijiligi (46-njy surat, a-ýagdaý), bu ýerde öýjük bir öwürümde bir işçi aýlawy amala aşyrýar (sorulma, gysylma we gysyp itekleme), indiki aňlatmada aňladylýar

$$V_n = z f_{\max} \ln = C R \ln \quad (2.1)$$

C koeffisient plastinalaryň sanyndan kesgitlenilýär.

z	6	8	10	12
C	12.2	12.3	12.4	12.5

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



46-njy surat. Rotasion plastinkaly kompressorň shemasy

Rotoryň radius bilen iýilme (wytočka) bar bolan silindrli kompressorlar üçin (2.1) formulada  $e$  ýerine indiki ululyk goýulýar:

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

bu ýerde  $a$  – wytočkanyň çuňlugy.

Iki kameraly kompressorlarda (46-njy surat, w-ýagdaý), bu ýerde bir öwrümde iki işçi aýlaw amala aşyrylýar, nazary öndürijiligi silindriň işçi üstüniň profilinden baglylykda kesgitleýärler:

$$V_n = 2zf_{\max} \ln. \quad (2.2)$$

(2.1) we (2.2) formulalar rotoryň radiusyna gatnaşygy boýunça ýapgytlyga eýe bolan plastinkaly kompressorlar üçin hem kanunalaýyk.

Sowadyjy rotorly kompressorda öndürijiligiň ýitgileri berijilik koeffisienti  $\lambda$  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 göwrüminde gysylma giňişliginden sorulma buguň geçmegi (gysyp iteklenme gözünden aýyrylandan soňra öýjükde galan buguň göwrümi);

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

Plastinkaly kompressorlar üçin drossel ýitgiler, düzgünde bolşy ýaly, klapanalaryň 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 ýygylgyndan, sowadyş we ýaglaýyş usulyndan, gysylýan gurşawyň görnüşinden we ş.m. [13, 14].

Şunuň bilen baglylykda umumy görnüşde aýry düzüjileri kesgitlemek örän kynçylyk döretýär, we hakyky göwrüm öndürijilik hasaplanylanda adaty eksperimental maglumatlardan peýdalanylýar, emma berijilik koeffisienti hasaplamak boýunça hödürnamalar hem bar [12].

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

$$N_e = G_a l_e = G_a \frac{l_{ad}}{\eta_e}.$$

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.

$$\varepsilon_g = V_s / V_{g,i}.$$

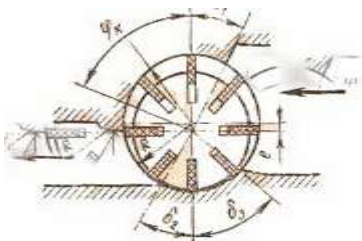
Basyşyň şu gatnaşygyna bu öýjüklerde (içki)

$$\pi_{iç} = (V_s / V_{g,i})^n.$$

Gysylmanyň geometrik derejesi  $\varepsilon_g$  gysyp itekleýji gözün gyrasynyň ýagdaýyndan kesgitlenilýär, oňa ýetende öýjük gysyp itekleýji sowma truba ýa-da öwrüm burçy  $\varphi_k$  bilen birleşýär (47-nji surat).

$$\varepsilon_g = \frac{\beta + 2 \sin \frac{\beta}{2} + \frac{e}{2R} \sin \beta - \frac{e}{2R} \beta}{\beta + 2 \sin \frac{\beta}{2} \cos \varphi_k + \frac{e}{2R} \sin \beta \cos 2\varphi_k - \frac{e}{2R} \beta},$$

bu ýerde  $\varphi_k$  – wertikaldan öýjügiň okunyň öwrüm burçy;  $\beta$  – iki ýanaşyk plastinalaryň arasyndaky burç.



47-nji surat. Rotasion kompressoryň soruýy we gysyp itekleýji gözleriniň ýerleşişiniň shemasy

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

görkezişi ýaly, hakyky kompressorda basyşyň mgnowen deňleşmesi bolup geçmeýär, öýjükde gysylma dowam edýär

[13]. 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 araçäginde 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 ( $40^{\circ}\text{C}$  çenli) temperaturanyň esasy araçäginde 2.8–4 çäklerde üýtgeýär, bu agregatlar üçin buster-kompressorlaryň geometriki gysylma derejesini 2,2–2,3 deň saýlaýarlar, bu gysyp itekleýji gözüň 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 pürkülmegi netijesinde kompressoryň sowadylýandygyna seretmezden, soruş akabasynda buguň gyzmagy 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.

Ýaglanlyşy sirkulýasion ulgamly kompressorlar üçin gysylmanyň şertli orta politropa görkezijisi (iş aýlawda bölünýän we aýyrylýan ýylylygyň balansyndan alynan),  $n=1,1 \div 1,2$ , damjaly ýaglanlyşly kompressorlar üçin  $n=1,4 \div 1,6$ .

Kuwwatyň ýitgisiniň ep-esli bölegini, esasanda kiçi massa sarp edilişli kadalarda, mehaniki ýitgiler düzýär. Rotorly kompressorlaryň sürtülme kuwwaty birnäçe faktorlardan bagly, olaryň iň esasyalaryna silindriň radiusy  $R$ , rotoryň aýlaw ýygylyg  $n$ , plastinalaryň sany  $z$  we massasy  $m$  degişli.

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

(2.1) formula laýyklykda nazary öndüriligiň  $V_n$  we aýlaw ýygylygynyň  $n_0$  berlen bahalarynda esasy geometriki ölçegler indiki gatnaşykda baglanyşykly:

$$Rel=C_1, \quad (2.3)$$

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 (2.3) deňleme indiki görnüşi alar

$$R^2l=C_2,$$

bu ýerde  $C_2$  – hemişelik ululyk.

$l/R$  gatnaşyk radial we gerdal ýşlaryň ululyklarynyň baglanyşygyny kesgitleýär, olar boýunça esasan kompressorda syzmalar bolup geçýär. Minimal gapdal (torsewyn) ýşlary

almak üçin I/R gatnaşygyň uly bahasyny almak amatly. Emma bu ýagdaýda radial yş we gysma göwürümler artýar. Aýlawly ýaglanýan kompressorlarda ahyrky kesgitleýji ululyk däl.

Tejribelikde I/R gatnaşyk 3.4-den 8 çenli saýlanylýar. I/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 üleşleri (gapak, sorujy, berkidijiler we ş.m.) birmeňsez.

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 dälidigini hasaba almaly

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

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

### **2.3. Rotorly kompressoryň konstruksiýasy we shemasy**

*Kompressoryň konstruksiýasy we shemasy.* Sowadyjy rotorly kompressorlaryň we onuň esasyndaky agregatlaryň konstruksiýasy esasan ýaglanyşyň görnüşi we sowadylyş usuly boýunça kesgitlenilýär.

*Ýaglanyş görnüşi.* Kompressoryň ýaglanyş görnüşinden we göwürüm öndürijiliginden kompressora berilýän ýagyň mukdary (sarp edilişi) bagly. Damjaly ýaglanylýan kompressorlarda berilýän ýag sürtülmäni kemeltmek üçin niýetlenen. Ýagyň mukdary kompressoryň öndürijiliginden baglylykda  $(0.3 \div 1.7)10^{-4} \text{ kg/s}$  düzýär. Sarp edilişiň uly bahasy uly öndürijiliklere degişli. Şeýle kompressorlarda köp nokatly plunžerli sorujylar ulanylýar.



Ýaglanlyşyň aýlawly ulgamynda ýagyň sarp edilişi düýpli uly we utgaşdyrylan sowatmagyň ýagdaýynda  $3 - 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  göwrüm öndürililikde  $1\text{kg/s}$  ýa-da ýagyň pürkdirilmegi arkaly sowadylýan kompressorlarda  $1\text{kg/s}$ -da  $0,35 - 0,4\text{m}^3/\text{s}$  deň bolup biler. Bu ýagdaýda ýagyň hereketi kompressoryň we ýag bölüjiniň arasynda amala aşyrylýar. Ýag bölüji gysyp iteklenmede oturdylan we şol bir wagtda ýag üçin sygym bolup gulluk edýär.

Ýag kompressora gysyp iteklenme (ýag bölüjide) we sorulma basyşlaryň tapawudynyň täsiri astynda ýa-da sorujynyň kömeginde berilip bilner. Sowadyjy kompressorlarda iş kadandan baglylykda basyşyň tapawutlarynyň düýpli üýtgäp bilýändigini sebäpli, adaty sorujylar ulanylýar. Sorujy kompressoryň gapdal gapagynda ýerleşýär we gös-göni rotoryň walynyň aýlawyndan herekete getirilýär. Ýag sorujy iş kadandan baglanyşyksyzlykda ýagyň durnukly berilmegini üpjün edýär we ýaglanýş şertleriň bozulmagyndan kompressory goramagy awtomatizirlemäge mümkinçilik berýär.

Ýaglamagyň aýlawly ulgamynda effektiv ýag bölüjileriň ulanylmagy, şeýle-de kompressora berilmezden öň ýagyň sowadylmagy talap edilýär. Baglamagyň aýlawly ulgamy damjalydan konstruktiv taýdan çylşyrymly we elementleriň köp sanysyny, şol sanda awtomatizirlemegi özünde jemleýär. Emme bu çylşyrymlaşmanyň amatly taraplary köp, ýagny sürtülmäni kemeltmekdan başga-da uly mukdarda berilýän ýag, sürtülme we gysylma ýylylygyň bir bölegini alyp gitýär, kompressoryň iş organlaryny sowatýar, onuň temperatura derejesini peseltýär. Mundan başga-da, maşynyň içinde zyýanly syzmalary kemeldip, ol ýşlary berkityär, netijede kompressoryň göwrüm we energetiki häsiýetnamalary oňatlaşýar.

Ýagyň sarp edilişiniň artmagy bilen berjilik we effektiv PTK koeffisientiniň artmagy diňe kesgitli derejä çenli bolup geçýär. Mysal üçin, RAB100A we R90 kompressorlar üçin  $3,3\text{m}^3/\text{s}$  öndürililige  $1\text{kg/s}$  ýokary ýag sarp edilinde bu ululyklaryň artmagyna gezegçilik edilmedi. Ýagyň sarp edilişiniň

indiki artdyrylmalary diňe kompressoryň temperatura güýjenmesiniň we sesiň derejesiniň peselmegine getirýär.

Ýagyň aýlanylyşynyň adaty shemasy: ýag bölüji – gödek arassalamagyň süzgüji – ýag sorujy – ýagy sowadyjy – oňat arassalamagyň süzgüji – kompressor – ýag bölüji.

Kompressoryň içinde syzmalary kemeltmek üçin ýagy gapdal yşlar arkaly bermek, şeýle-de silindriň uzynlygy boýunça birnäçe nokatlarda bermek maslahat berilýär.

*Sowatmagyň görnüşleri.* Damjalaýyn ýaglamagyň usulynda sürtülme ýylylygyň we gysylma ýylylygyň bölegini aýyrmak üçin sowadyjy köýnegi (ýag ýa-da suw arkaly sowatmak üçin) ulanýarlar. Suw arkaly sowatmak has amatly. Bu usulda ýylylygyň 50% aýlanýan suw arkaly aýyrylýar.

Käbir konstruksiýalarda sowadyjy köýnekde ýag aýlanýar (mysal üçin FES firmada (ABŞ)). Bu ýag soňra ýag bölüjide sowadylýar, özem bu ýagyň aýlaw çyzygy kompressoryň ýaglanylyşy bilen bagly däl we sowadyjy jisim bilen ýag galtaşmaýar.

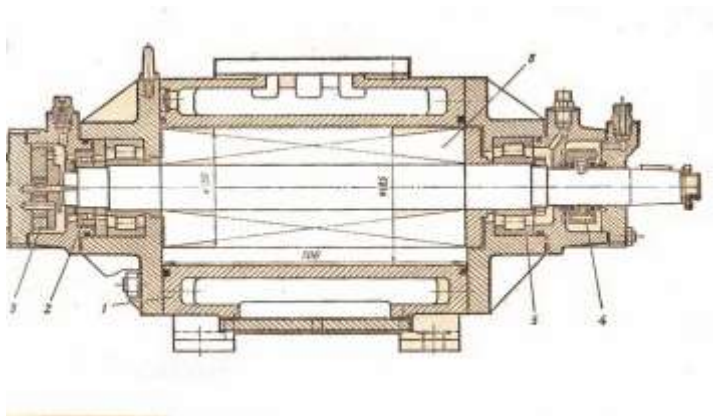
Daşary ýurtlarda sowadyjy köýnegi goýulmadyk ýag dolduryjyly kompressorlar giňden ulanylýar. Bu ýerde sowatmak gysylma giňişligine pürkdirilýän ýag arkaly amala aşyrylýar, soňra bu ýag ýagbölüjide suwuň kömeginde ýa-da beýleki usulda sowadylýar.

*Kompressorlaryň konstruksiýasy we häsiýetnamasy.* R90 kysymly buster –kompressoryň shemasy 48-nji suratda getirilen.

Ähli uzunlyklary boýunça frezerlenen polat rotor silindriň ýokarky böleginde eksentrik ýerleşen. Silindr gyradan gapak bilen ýapylan, onda rotoryň daýançlary bolup durýan radial rolikli podşipnikler ýerleşýär. Rotor gapak tarapdan ok ugurda radial-daýanç şarik-podşipnigiň kömegi bilen fiksirlenýär. Şol tarapda gös-göni rotoryň hereketlendirijisinden şesternaly ýag sorujy oturdylan.

Salnik tarapdan rotoryň gyrasyna disk berkidilýär. Onuň ýerine ýetirýän wezipesi – gyraky yşlar arkaly zyýanly syzmalary kemeltmek. Şu maksat üçin gysylma giňişligine

ýagyň berilmegi podşipnik kameralary arkaly we gyraky ýşlar arkaly berilýär. Gysylan göwürümler we radial ýşlar arkaly syzmalary kemeltmek üçin rotoryň we silindriň arasynda wytoçka niýetlenen.



48-nji surat. Kompessor R90

1 – silindr; 2,5– podşipnikler; 3 – ýag nasosy;  
4 – salnik; 6 – plastinalary bilen birlikde rotor

Kompressoryň ýaglanylmasy sorujy-aýlawlyly, sowatmak utgaşdyrylan – ýagy pürkmek we silindrdäki suw köýnegiň kömeginde amal edilýär.

Buster-kompressor bir we iki basgançakly agragatlary bloga oturtmak üçin niýetlenen, bu ýerde ony ýag ulgamyň we awtomatika goraglary zerur elementleri bilen üpjün edýärler [11].

Kompressoryň sowuköndürjiliginiň sazlanlyşy onuň işe goýberilmegi – togtadylmagy bilen amala aşyrylýar. Sazlamagň beýleki görnüşlerine gysyp iteklemeden sorulma baýpasirlemek degişli. Öýjügiň başlangyç göwürüminiň kemelmegi bilen sorujy gözün ýagdaýyny üýtgedip sazlamany amala aşyrmak mümkin.

*Esasy detallaryň konstruksiyasy.* Kompressoryň esasy detallaryna silindr, rotorlar, plastinalar we podşipnikler degişli. Plastinkaly kompressoryň silindri çöýundan, suw bilen

sowadylýan köýnekli we onsuz taýýarlanylýar. Olar uzynlygy boýunça bir we birnäçe sorujy we gysyp itekleýji gözler eýe, olar emele gelyän silindre perpendikulýar ýa-da ýapgytlaýyn ýerleşýär. Iş giňişligiň esasy talaplary: işlenilmegiň ýokary arassalygy we ýokary gatylyk (100HB ýokary).

Rotorlar esasan polatdan taýýarlanylýar. Uly maşynlarda utgaşdyrylan rotorlary ulanýarlar: plastinalar üçin gözler kesilen çöýün baraban polat wala oturdylan; plastinanyň aşagyndaky gözler aýlaw tarapa radial ýa-da ýapgytlaýyn ýerleşýär.

Ýörite smola siňdirilen, preslenen matalarda taýýarlanylýan metal däl plastinalar has giň ýaýran.

Bu materiallar ýeterlik ýokary berklige,  $160 - 180^{\circ}\text{C}$  termiki durnuklylyga, ýag bar bolanda çöýün boýunça deňeşdirerlik pes sürtülme koeffisiente ( $0.08 - 0.12$ ) eýe bolmaly, bu gös-göni sürtülme kuwwata täsir edýär we plastinanyň kiçi massasynda gözleriň ininiň ýeterlik inini saklamaga mümkinçilik berýär. Metal däl plastinalar gös-göni silindriň işçi üsti boýunça  $10 - 15$  m/s töwerek tizliginde typýär; bu ýagdaýda ýagyň bar bolan ýagdaýynda zerur serişdelere ýetilýär. Plastinalar uzynlygy boýunça rotoryň uzunlygyndan gysga ýerine ýetirilýär. Bu ýerde rotoryň we plastinalaryň çyzykly giňelmesi hasaba alynýar. Plastinanyň galyňlygy gözleriň ininden  $0,2 - 0,4$  mm kiçi.

Metal plastinalaryň ulanylmagy kompressory konstruktiv we tehnologik taýdan çylşyrymlaşdyrýar, sebäbi plastinanyň daýanyan barabanlarynyň ýa-da aýlanýan halkalarynyň ulanylmagyny talap edýär.

### **BAP 3**

## **SPIRALLY KOMPRESSORLAR**

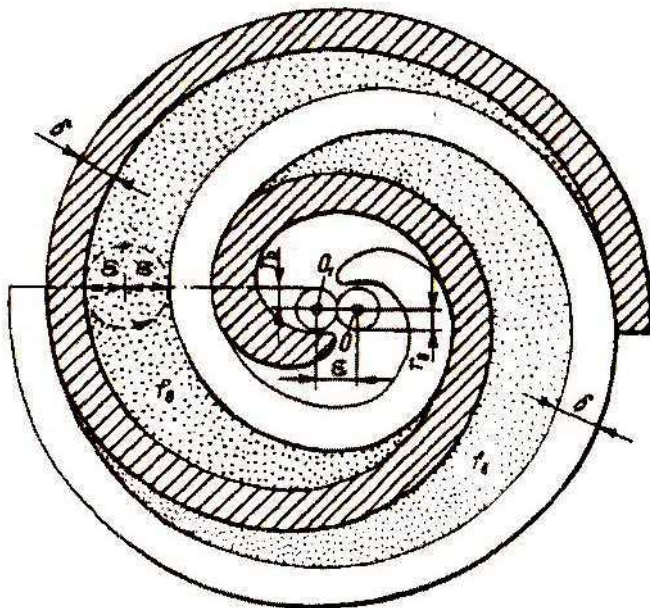
Spirally kompressorlar göwrüme täsirli bir wally maşynlara degişli. Şeýle kompressoryň ideýasy XIX asyrdan belli, emma ony amal etmek metallary işlemegiň tehnologiýasynyň ýokary derejesine ýetilenden soňra we programmaly dolandyrylýan frezer stanoklaryň ulanylmagy netijesinde mümkin boldy. Spirally kompressorlar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

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

49-njy suratda 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 (40-njy surat). Ol gozganmaýan spiralyň ujunyň golaýynda ýerleşýär. Şol bir ölçeglere eýe bolan süýşýän spiraly, gozganmaýan eksentrisitet  $\varepsilon$  we oňa görälikde  $180^\circ$  burça öwürip goýýarlar.  $\varepsilon$  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

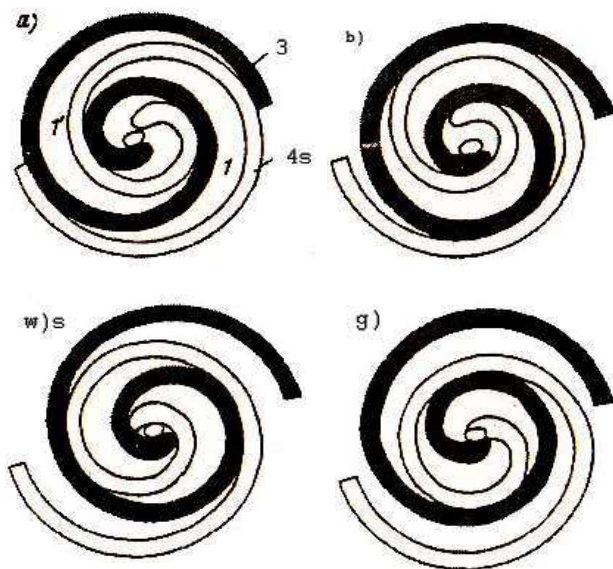
ýagdaýynda açyk giňişlik emele gelýär, bu giňişlik süýşýän spiral hereketlenende ýapylýar we göwrümiň kemelmegi bilen ýapyk giňişlikdäki gazyň merkeze süýşmegi amala aşyrylýar. Gysylma sikliň dowamlylygy gysyp iteklenýän gözüň ölçeginden we spiralyň parametrinden (towlanma burçundan) bagly



49-njy surat. Iş ýagdaýynda spirally kompressoryň süýşmeýän we süýşýän spirallarynyň gapdal kese-kesigi.  $r_0$  – spiralyňesasy töwereginiň radiusy;  $\delta$  – spiralyň gapyrgasynyň galyňlygy;  $\epsilon$  – ekssentrisitet;  $f_s$  – sorulma öýjügiň meýdany

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 öwrüminde amala aşyrylýar. Kompressoryň gabynyň we spiralyň daşky elementleriniň arasyndaky halkaly giňişlik soruş ýşy bilen birikýän soruş giňişligini emele getirýär.

Häzirki wagtda ýörite mehanizmiň kömegi bilen süýşýän spiralyň gozganmaýan spiralyň okunyň daşyndan  $\varepsilon$  radiusly töwerek boýunça hereketi amala aşyrylýar. 50-nji suratda ýörite mehanizm töwerek boýunça hereketlenende spirallaryň her bir  $90^\circ$  soň özara ýerleşşi görkezilen.



50-nji surat. Süýşýän spiralslyň her bir  $90^\circ$  soň spirallaryň ýerleşşi:  
 3 – süýşşän spira; 4 – süýşmeýän spiral;  
 a –  $\varphi=0^\circ$ ; b –  $\varphi=90^\circ$ ; w –  $\varphi=180^\circ$ ; g –  $\varphi=270^\circ$

50-nji suratdan 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 gelýändigigi görünýär: 1 we 1'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 tehnologiiki 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 ýetirmegi saklanylmaly. 50-nji suratda alynan maglumatlaryň derňewinden şeýle netije çykarmak mümkin: spirallary taýýarlamagyň we ýerleşdirmegiň nätakyklary ýapyk göwürümleriň arasynda yşlary emele getirip biler, netijede içki syzma we kompressoryň öndürijiliginiň ýitgileri emele gelýär.

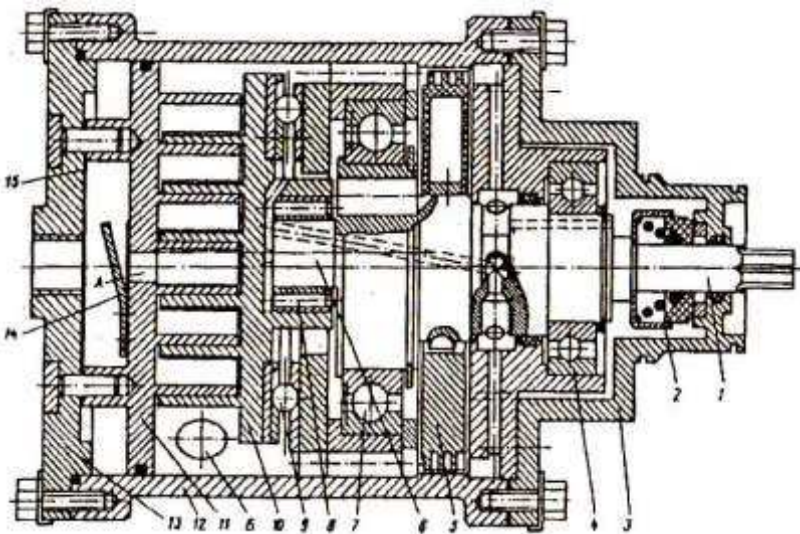
Spirally kompressorlar gury gysylmaly, ýag bilen doldurylýan we damjaly suwuklygyň (sowadyjy jisimiň) purkulýan görnüşlerinde hem bolýar. Ýerine ýetirilişi boýunça – germetik, salniksiz we salnikli; walyň ýerleşmesi boýunça gorizontal we wertikal görnüşde bolýar.

51-nji suratda ýag bilen doldurylýan spirally kompressoryň esasy konstruktiv elementleri kesikde görkezilen.

Spirally kompressoryň esasy detallary: 6 ekssentrik bilen birlikde 1 wal, olaryň oklary biri-birine berk parallel bolmaly we ekssentrisitetden  $\varepsilon$  aralykda ýerleşmeli. Wal bir okda ýerleşýän 4 we 7 iki söýeg podşipniklerde aýlanýar. 1 wal bilen birlikde walyň daşyndan 6 ekssentrik hem aýlanýar. Walyň okunyň we ekssentrigiň okunyň arasyndaky aralyk –  $\varepsilon$  ekssentrisitet – kompressoryň wajyp konstruktiv parametri bolup durýar. 6 ekssentrik 10 hereketlenýän element bilen şarnirli (içki typma podşipnik) birleşýär. Platforma we spiral aýratyn taýýarlanylýar we bir elemente ýygnylýar we *süýşýän spiral* diýip atlandyrylýar. Olaryň bir bütewi görnüşde



taýýarlanylmagy hem mümkin. Beýleki spiral özüniň platformasy 11 bilen gozganmaýan elementi emele getirýär.



51-nji surat. Spirally kompressoryň gapdal kese-kesigi:

1 – kompressoryň waly; 2 – salnik; 3 – öň gapak; 4, 7, 8 – podşipnikler;  
5 – deňagramlaşdyryjy; 6 – ekssentrik; 9 – süýşýän spiralyň garşylykly  
öwrülýän 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

Süýşmeýän we süýşýän spirallar, ýokarda belleni lip geçilişi ýaly, berk birmeňzeş ölçege eýe we ýygналanda 180° 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.

Spirally kompressorlaryň esasy artykmaçlyklary:

- ýokary energetiki effektiwlik; olaryň effektiw PTK 80-86% düzýär;

- podşipnikleriň berkliginden kesgitlenilýän ýokary ygtybarlyk we berklilik;
- oňat deňagrymlylyk; maşynda gazyň kiçi tizligi;
- ýokary çalt ýöreýjilik; 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 klapanlaryň bolmazlygy;
- islendik gazda işläp bilýär;
- detallaryň sany az, çalt iýilýän detallar ýok.

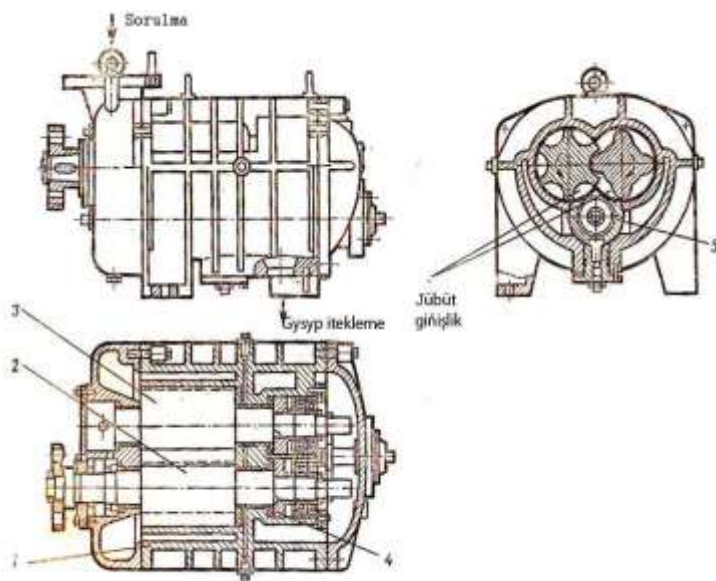
Porşenli kompressor bilen deň parametrlerde spirally kompressor indiki artykmaçlyga eýe; PTK 10...15% ýokary we berijilik koeffisienti 20...30% ýokary; ölçegi 30...40% we massasy 15...18% kiçi.

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.

## BAP 4 HYRLY KOMPRESSORLAR

### 4.1. Umumy maglumatlar

Hyrly kompressoryň işçi organy bolup, hyrly dişler kesilen we aýlawly hereketi amala aşyrýan rotorlar gulluk egýär. Hyrly kompressorlar bir, iki, we üç rotorly bolup biler. Gysylma giňişligi berkitmegiň usulyndan baglylykda gury we ýag bilen doldurylýan kompressorlary tapawutlandyryýarlar. Sowadyş tehnikasynda esasan ýag bilen doldurylýan iki rotorly



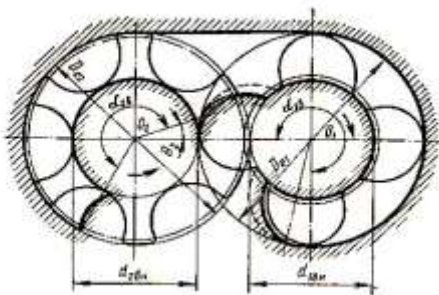
52-nji surat. Iki rotorly hyrly kompressoryň shemasy

kompressorlar ulanylýar. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorlar salnikli we salniksiz bolup biler. Hyrly iki rotorly kompressor (52-nji surat) indiki esasy detallardan durýar: daşdan (korpustan) 1, iki rotordan 2, 3, daýanç we

söýget podşipniklerinden, ok güýçlerini sazlamak üçin porşen 4, öndüriligi 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 yssyz galtaşýarlar. Hyrlar aýlananda dişleriň depeleri silindrik üstleri emele getirýär we daş (korpus) bilen hem nazary yssyz 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 hyra eýe. Kompressoryň rotorynyň uzynlygynda dişler doly towy emele getirmeyär. Sowuş we gysyp itekleýiş gözler özara diagonal boýunça ýerleşen.

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

*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



53-nji surat. Soruş gözünüň konfigurasiýasy

gözünüň gyrasy bilen birleşýänçä sorulma prosesi dowam edýär (53-nji surat).

Hereketlendiriji we herekete getirilýän rotorlaryň dişleriniň arasyndaky çukurjygyň göwrümine *jübüt giňişlik* diýilýär.

*Geçirmek.* Rotorlaryň öwrülmesiniň soňraky

prosesinde gaz üýtgedilmezden gysyp iteklenme gözünüň 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 ýşy doldurýar, şeýle-de dişiň we çukurjygyň galtaşýan üstleriniň çyzygy boýunça berkidilmesi üpjün edilýär.

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

Hyrly kompressorlar porşenli we merkezden gaçyrys kompressorlar bilen deňeşdirilende artykmaçlyga eýe. Porşenli kompressorlar bilen deňeşdirilende hyrly kompressorlatda 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 geüirilýän aralyklarynyň möhleti uly, öndürjiligi sazlamak ýenil we amatly. Emma hyrly kompressorlar energetiki effektiwligi 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 ýaglanyş ulgamynyň bolmagyny hyrly ýag bilen doldurylýan kompressoryň ýetmezçiligine degişli etmek bolar.

Hyrly kompressoryň işleýiş prosesiniň 1878ý. bäri 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 ulamlary girýär.

## **4.2. Nazaryýetiň we hasaplamanyň esaslary**

*Geometriki häsiýetnamalar.* Hyrly kompressoryň geometriki häsiýetnamalary esasan dişleriň profilinden bagly, dişler köp derejede kompressoryň energetiki effektiwligini, massa-göwrüm görkezijilerini we başg. kesgitleýär. Gyraňky kese-kesikde dişleriň profili dürli bolup biler, has ýaýranlary elliptik, asimmetrik (54-nji surat) we öwrümli. Elliptik we asimmetrik profil dişli hyryň geometriki häsiýetnamalary tablisa II.1 getirilen.

II.1-nj tablisadaky geometriki häsiýetnamalar nazary germetik ilişme üçin getirilen. Hyrlaryň nazary germetik ilişmesinde,

# hyrlaryň we daşyň ideal taýýarlanylman ýagdaýynda gysyp itekleme

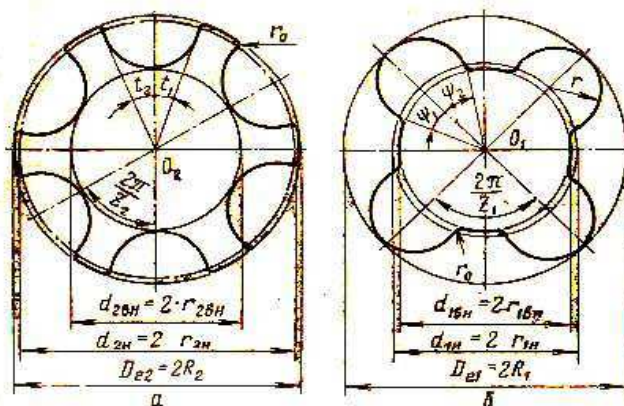
Tablisa 4.1

Parametrler	Formula	Belgileniş	Hyryň diametri, mm			
			200	250	315	250
			L/D <sub>e1</sub> =1.35			
Hyryň daşky radiusy,mm						
hereketlendiriji	$R_1=D_{e1}/2$	$R_1=R$	100	125	157.5	125
herekete getirilýän	$R_2=D_{e2}/2$	$R_2=R$	100	125	157.5	125
80Hyryň başlangyç öwrüminiň radiusy, mm						
hereketlendiriji	$r_{1n}=d_{1n}/2=(D_{e1}-2r)/2$	$r_{1n}=16R/25$	64	80	100.8	80
herekete getirilýän	$r_{2n}=d_{2n}/2=(D_{e2}-2r)/2$	$r_{2n}=24R/25$	96	120	151.2	120
Merkezara aralyk, mm	$A=r_{1n}+r_{2n}$	$A=8R/5$	160	200	252	200
Dişliň ujynyň beýikligi,mm						
hereketlendiriji						
herekete getirilýän	$r=R_1-r_{1n}$	$r=9R/25$	36	45	56.7	45
		$r_0=R/25$	4	5.0	6.3	5.0
	$r_0=R_2-r_{2n}$	$r_0=R/25$	4	5.0	6.3	5.0
		$r=9R/25$	36	45	56.7	45
Hyryň kesilen böleginiň uzynlygy,mm						
$\bar{L}=1.35$ bolanda	$L=2R\bar{L}$	$L=2.7$	270	337	425	—
$\bar{L}=0.9$ bolanda		$L=1.8$	—	—	—	325
Hyry kesmegiň ädimi,mm						
hereketlendiriji	$h_1$	$h_1=3.2R$	320	400	504	300
herekete getirilýän	$h_2$	$H_2=4.8R$	480	600	756	450
Hyryň towlanma burçy, grad						
hereketlendiriji	$\tau_{1t}=2\pi L/h_1$	$\tau_{1t}=2.7/1.6\pi$	304°	304°	304°	270°
herekete getirilýän	$\tau_{2t}=2\pi L/h_2$	$\tau_{2t}=i_{2t}\tau_{1t}$	202°40'	202°40'	202°40'	180°
Geçiriji san						
hereketlendiriji rotordan	$i_{12}=h_2/h_1=z_2/z_1=n_1/n_2$	$i_{12}$	1.5	1.5	1.5	1.5
herekete getirilýäne						
herekete getirilýänden	$i_{21}=h_1/h_2=z_1/z_2=n_2/n_1$	$i_{21}$	0.66	0.66	0.66	0.66
hereketlendiriji rotora						
Hyryň dişleriniň ok ädimi, mm						
hereketlendiriji	$b_1=h_1/z_1$	$b=b_1=0.8R$	80	100	126	75
herekete getirilýän	$B_2=h_2/z_2$	$b=b_2=0.8R$	80	100	126	75
Hyryň içki öwrüminiň diametri, mm						
hereketlendiriji	$d_{1ik}$	$d_{1ik}=1.2R$	120	150	189	150
herekete getirilýän	$d_{2ik}$	$d_{2ik}=1.2R$	120	150	189	150
Hyryň gyraňky tekizliginde dişleriň arasyndaky çukurlaryň meýdany, mm						
hereketlendiriji	$f_{1p}=0.069D_{e1}^2$	$f_{1p}$	27.6/27.7	43.1/43.3	68.4/68.8	43.14/43.39
herekete getirilýän	$f_{2p}=0.069D_{e2}^2$	$f_{2p}$	19.7/19.8	30.8/31.1	48.9/49.3	30.84/31.06
Jübüt giňişligiň jemleýji peýdaly gowrümü, sm	$V_{jg}=(f_{1p}+f_{2p})L-\Delta W_0$	$V_{jg}$	1220/1236	2390/2414	4770/4829	1645/1656

we sorulma meýdanlaryň arasynda şeýle-de jübüt giňişlikleriň arasynda jebislik (germetiklik) üpjün edilmeli. Emma hyrly kompressorlaryň hakyky konstruksiýalarda galtaşma çyzygy boýunça hyrlaryň arasynda, şeýle-de hyrlaryň we daşyň arasynda radial we gyraňky yşlar göz önüne tutulýar. Yşlaryň

ululygy indiki faktorlardan bagly: işçi elementleriň ýylylyk deformasiýasyndan, daşyň we rotoryň güýç deformasiýasyndan, rotorlaryň oka görä geçmesinden we ş.m.

Yşlaryň ululygy kompressoryň göwrüm we energetiki



54-nji surat. Gapdal kese-kesikde herekete getirilýän (a) we hereketlendiriji (b) hyrlaryň nazary asimmetrik profili

häsiýetnamalaryna, şeýle-de massa-göwrüm görkezijilerine güýçli täsir edýär.

$$\bar{L} = L / D_{e2}$$

Esasy geometriki parametrlere göräli uzynlyk, towlanma burçy  $\tau$ , hyryň ujunyň göräli beýikligi  $\bar{r}$ , hyryň dişini häsiýetlendiriji radius  $r_0$ , we dişleriň sany  $z$  degişli. Hyrly ýag bilen doldurylýan sowadyjy kompressorlaryň parametrik hataryny  $\bar{L}$ -iň iki bahasynyň esasynda gurýarlar: 1.35 we 0.9. Käbir ýewropa ýurtlarynyň konstruksiýalarynda  $\bar{L}$ -iň bahasy 2.2 ýetýär.

Kompressoryň konstruksiýasyna towlanma burçy  $\tau_{it}$  hem täsir edýär. Hereketlendiriji rotoryň towlanma burçuny 270-den 350<sup>0</sup> çäklerde saýlaýarlar.



Gazyň gysylma prosesiniň başlanýan pursadynda jübüt giňişligi doldurýan hereketlendiriji rotoryň dişleriniň ony doly boşadýan ýagdaýyndaky hyrlaryň burçlaryna burclaryň towlanmasynyň çägi diýilýär,

$$\tau_{1t,\text{çäk.}} = 2\pi - 2\pi/z_1 - 2\beta_{01},$$

bu ýerde  $z_1$  – hereketlendiriji hyrda dişleriň sany;  $\beta_{01}(\alpha_{01})$  – gysylma başlangyjynyň ýagdaýynda hereketlendiriji hyryň dişiniň depesiniň we onuň merkezi arkaly geçirilen şöhläniň we merkezleriň çyzygynyň arasyndaky burç.

Towlanma burçlaryň çäk bahadan ýokary bolmagy jübüt giňişlikleriň göwrüminiň doly däl ulanylmagyna getirýär, sebäbi gysylma pursadyň başlangyjynda gysyp iteklenme tarapdaky jübüt giňişlik ony doldurýan hereketlendiriji hyryň dişlerinden doly boşap ýetişmeýär.

Hereketlendiriji hyryň dişleriniň ujunyň göräli beýikligini

$$\bar{r} = \frac{r}{r_{1n}}$$

uly kabul etmek amatly, sebäbi bu ýagdaýda kompressoryň nazary öndürijiligi artýar. Emma  $\bar{r}_1$  artmagy rotoryň berkliginiň kemelmegine getirýär. Herekete getirilýän

hyr üçin  $\bar{r}_2 = \frac{r_0}{r_{1n}}$ , bu ýagdaýda  $D_{e1} = D_{e2}$ ;  $\bar{r}_1 = (i_{12} - 1) + \bar{r}_2$ .

Häzirki zaman kompressorlarda  $\bar{r}_1 = 0.56 \div 0.65$  we  $\bar{r}_2 = 0.0625$ .

### 4.3. Hyrly kompressoryň göwrüm öndürijiligi

*Göwrüm sowuköndürijilik.* Hyrly kompressoryň sowuköndürijiligi hakyky göwrüm öndürijilige proporsional

$$V_h = V_n \lambda,$$

bu ýerde nazary göwrüm öndürijilik

$$V_n = V_{j.g.} z_1 n_1.$$

*Jübüt giňişligiň göwrüminiň üýtgemegi.* Dişleri elliptik profilli hyrlar üçin hereketlendiriji hyryň  $\varphi_1$  öwrüm burçundan  $V_{j.g.}$  jübüt giňişligiň göwrüminiň üýtgemesiniň baglylygy 55-nji

120

halka sektorlar  $\alpha_{2w}$  we  $\alpha_{1w}$  merkezi burçlar bilen häsiýetlendirilýär.

Jübüt giňişlikleriň jemleýji göwrümleri özüniň maksimal bahasyňa  $V_{j.g.}$  hereketlendiriji hyryň öwrüm burçunda ýetýär

$$\varphi_1 = \frac{\tau_{1r}}{2} + \frac{\pi}{z_1} + \pi.$$

Şonuň üçin hyrlaryň giňişligi gaz bilen doldurlanda hereketlendiriji hyryň  $\varphi_1$  burça öwrülmesiniň dowamynda sorulma kamerasyň bilen birleşmeli.

Şeýlelikde,  $\tau_{1r} > \tau_{1t, öň}$  bolanda sorulma burçuň

$$\alpha_{1w} \geq \frac{\tau_{1r}}{2} + \pi - \frac{\pi}{z_1}$$

bolmagy zerur.

Sorulýan gazyň akymynyň tizlikli napory ulanylan ýagdaýynda

$$\alpha_{1w} = \frac{\tau_{1r}}{2} + \pi - \frac{\pi}{z_1} + \Delta\alpha_{1w}..$$

Tejribelikde dişleriň elliptik we asimmetrik profili üçin  $\alpha_{1w}=280^0$  kabul edýärler.

Herekete getirilýän hyryň sorulma hasaplama burçy

$$\alpha_{1w} = \frac{\alpha_{1w} + \frac{2\pi}{z_1}}{i_{12}} - 2\theta_2.$$

Bu deňlemede  $\alpha_{1w}$  – hereketlendiriji hyryň sorulma hasaplama burçy;  $2\theta_2$  – elliptik profil üçin herekete getirilýän hyryň çukurynyň burçy.

Dişleriň asimmetrik burçy üçin  $2\theta_2$  bahasyny herekete getirilýän hyryň çukurynyň  $t_1$  we  $t_2$  merkezi burçlarynyň jemi bilen çalyşýarlar (54-nji surat). Dişleriň asimmetrik profili üçin  $\alpha_{2w} = 233^0 30'$ , elliptik üçin  $\alpha_{2w} = 208^0$ .

Hyrlý kompressoryň gysyp itekleýji gözüniň konfigurasiýasyny we meýdanyny gysylmenyň geometriki derejesinden baglylykda kesgitlenilýär.

*Sarp edilýän kuwwat we PTK.* Hyrly kompressora berilýän kuwwat rotoryň üstüne normal güýçleri  $N_{pol}$ , gysyp iteklenme tarap ýag geçirilende döreyän normal güýçlere  $N_m$ , kompressoryň işi üstüne ýag erginiň we buguň sürtülmesiniň galtaşma güýçlerini  $N_{gm}$ , podşipniklerde, berkidiji wallarda, deňagramlaşdyryjy porşenlerde sürtülmäni  $N_{sür}$  ýeňip geçmeklige sarp edilýär.

Effektiw kuwwat

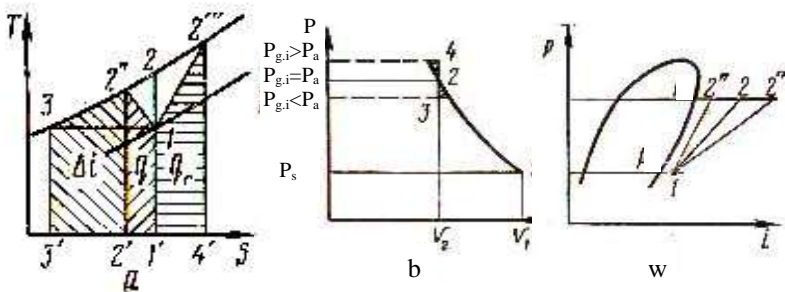
$$N_e = N_{pol} + N_{gm} + N_m + N_{sür}.$$

Içki kuwwat

$$N_{iç} = N_{pol} + N_{gm} + N_m.$$

Effektiw kuwwat eksperimental usulda hereketlendirijiniň elektrik kuwwaty arkaly kesgitlenilýär  $N_e = N_{el} \eta_{el}$ .

Indikator diagrammanyň bar bolan ýagdaýynda  $N_{pol}$  orta indikator basyş arkaly kesgitlenilýär  $N_{pol} = (V_N - V_y^1) p_i$ .



56-nji surat. Gysylma prosesi:

a) s-T diagrammada; b) v-p diagrammada;

w) i-p diagrammada.

$N_{pol}$  kuwwaty gysylmanyň orta politropa görkezijisi belli bolanda we  $p_2 = p_a$  gabat gelende (56-njy surat, b ýagdaý), indiki formula boýunça kesgitlemek mümkin:

$$m_2 \frac{\lg \pi}{\lg \pi - \lg \frac{T_2}{T_1}}.$$

$$N_{pol} = (V_N - V_y^1) p_1 \frac{m_2}{m_2 - 1} \left( \pi^{\frac{m_2 - 1}{m_2}} - 1 \right).$$

bu ýerde  $T_1$  we  $T_2$  – sorujy we gysyp itekleýji sowma geçirijisinde buguň temperaturasy, K;  $V_y^1$  – kompressoryň sorujy giňişligine gelýän ýag erginiň göwrümleýin sarp edilişi,  $m^3/s$ .

$p_2 \neq p_a$  basyş gabat gelmedik ýagdaýynda

$$N_{pol} = (V_N - V_y^1) \left( p_1 \frac{\varepsilon_g^{m_2 - 1} - m_2}{m_2 - 1} + \frac{p_2}{\varepsilon_g} \right).$$

Mehaniki sürtülmäniň kuwwaty  $N_{sür.}$  we gidromehaniki ýitgilere sarp edilýän kuwwaty  $N_{gm}$  analitiki kesgitlemek mümkin.  $N_{sür.}$  we  $N_{gm}$  jemini aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär (ýagyň alamatlary göz önüne tutulmadyk:

$$N_{gm} + N_m = 2.2 u_1^{1.4} \left( \frac{V_y}{V_N} \right)^{0.6}.$$

Kompressorda ýagy geçirmeklige sarp edilýän kuwwat

$$N_m = C G_m \frac{\Delta p_m}{\rho_m},$$

bu ýerde  $\Delta p_m$  – gysyp itekleme we sorulma basyşlaryň arasyndaky tapawut, kPa;  $\rho_m$  – iş şertlerinde ýagyň dykzylygy,  $kg/m^3$ ;  $C$  – kompressora berilende ýag erginiň deňölçegsiz paýlanmasyny hasaba alýan koeffisient;  $C=0.9 \div 0.93$ .

Effektiw PTK

$$\eta_e = \frac{G_a \Delta i_{1.2}}{N_e} = \frac{N_{ad}}{N_e}.$$

Adiabat içki PTK

$$\eta_{ad.iç} = \frac{N_{ad}}{N_{iç}}.$$

Mehaniki PTK

$$\eta_{meh} = \frac{N_{ad}}{N_e} = \frac{N_e - N_{sxr}}{N_e}.$$

#### 4.4. Berilýän ýagyň mukdary

Hyrly ýag bilen doldurylýan sowadyjy kompressora berilýän ýag esasan kompressorda bölünýän ýylylygy aýyrmak üçin zerur. Şol bir wagtda ol kompressoryň içinde yşlar boýunça ýagyň akyp geçmesini peseltýär. Kompressora berilýän ýagyň mukdary birinji şerti ýerine ýetirmekden ugur alynyp hasaplanylýar.

Kompressoryň iş giňişligine berilmeli ýagyň mukdary  $G_m$  kompressoryň energetiki balansyndan kesgitlenilýär:

$$Q_{\dot{y}} = N_{pol} + N_{gm} + N_m + N_{sür} - G_a \Delta i - Q_{d.gur} \approx \\ N_e - G_a(i''_2 - i_1) - Q_{d.gur}.$$

Kompressoryň daşy arkaly daşky gurşawa berilýän  $Q_{d.gur}$  ýylylygyň mukdary  $Q_{\dot{y}}$  ýylylygyň 6–8% düzýär.

Ýagyň mukdary

$$G_m = \frac{Q_{\dot{y}}}{c_{\dot{y}} \Delta t_{\dot{y}}}.$$

Kompressorda ýagyň temperaturasynyň ýokarlanmagy  $\Delta t_{\dot{y}} = 20 \div 40^\circ \text{C}$ .

Ýagyň göwrümli sarp edişi

$$V_{\dot{y}} = G_{\dot{y}} / \rho_{\dot{y}}.$$

$50^\circ \text{C}$  temperaturada HA 30 kysymly ýagyň dykzylygy  $863 \text{ kg/m}^3$ , HS 40 kysymly ýagyňky  $826 \text{ kg/m}^3$ .

Freonda işlenilende ýagyň mukdary ýagfreonly erginiň (ýagda freonyň hakyky konsentrasiýasyny hasaba almak we  $v$ – $T$ – $\xi$  we  $i$ – $T$ – $p$ – $\xi$  diagrammalary peýdalanmak bilen) dykzylygy boýunça hasaplanylýar.

Kompressorla berilýän ýagyň mukdary işiň her bir kadasynda onuň göwrüm we energetiki häsiýetnamalaryna düýpli täsirini ýetirýär.

#### **4.5. Kompressorlary we kompressor agregatlaryň konstruksiýasy, shymasy we häsiýetnamasy**

Kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň parametrleri boýunça hatary. Sowadyjy jisim R22 we R717 ulanylynda standart şertlerde işleýän kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň parametrleri boýunça hatary 410-dan 1680 kWt çenli sowuköndüriligiň araçäginini alýar. Kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň belgilenşi OST 26.03-1018 – 74 we OST 26.03-2013 – 79 gabat gelýär.

Kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň parametr boýunça hatarynyň belgilenilişine: kompressoryň we agregatyň görnüşü, sowuköndürililik, sowadyjy jisim, temperatura araçäk we sazlanlymagyň görnüşleri girýär.

Mysal üçin, BX350-2-1, BX350-7-2, AH130-7-7 kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň kysymy indiki görnüşde aňdyňlaşdyrmak mümkin:

BX – hyrly salnikli kompressor:

350 –  $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$  we  $t_k = 30^{\circ}\text{C}$  temperaturalarda sowuköndürililik (müň. kkal/sag –da); 2 we 7 – degişlilikde R22 we ammiak; 1,2 ýa-da 7 – temperatura araçäk we öndüriligi sazlamak; A – kompressor agregat; AH – pes temperaturaly kompressorly agregat.

Parametrik hatar  $50^{\circ}\text{C}$  – dan ýokart bolmadyk kondensasiýa temperaturada we  $10^{\circ}\text{C}$  –dan –  $115^{\circ}\text{C}$  çenli gaýnama temperatura araçäginde sowadyjy bugkompressorly maşynyň işini üpjün ediji bir basgançakly hyrly ýag bilen doldurylýan kompressor agregatyň hataryny özünde jemleýär. Parametrik hatar gurulanda indiki esasy şertler kabul edildi: basyşyň maksimal tapawudy 1.7MPa; kompressoryň hereketlendiriji walynyň aýlaw ýygylgy  $50^{-1}\text{s}$ ; 100%-den 10%

çenli öndürjiligiň ýuwaş sazlanylmagy zolotnikli gurluşyň kömegi bilen amala aşyrylýar; kompressor agregatlar gorizontall we wertikal ýag bölüjili bir ýa-da iki toplumlý bolup biler; ýag bölüjiler esasan suw bilen sowadylýan; dişleriň profili assimetrik we elliptik.

Tablisa 4.2. Temperatura araçägiň we sazlamagyň görnüşini belgilemek.

Temperatura araçäk	Sazlamak	
	El arkaly	awtomatiki
Ýokary temperaturaly ( $t_0=+10\div-10^{\circ}\text{C}$ )	0	1
Orta temperaturaly ( $t_0=-10\div-25^{\circ}\text{C}$ )	2	3
Pes temperaturaly ( $t_0=-25\div-45^{\circ}\text{C}$ )	4	5
Pes temperaturaly gysyjy kompressorlar üçin( $t_0=-25\div-85^{\circ}\text{C}$ )	6	7

*Iş şertleri.* Hyrly ýag bilen doldurylýan sowadyjy kompressor üçin iş şertler: sowulma we gysyp itekleme basyş, sorulýan sowadyjy jisimiň temperaturasy, kompressora berilýän ýagyň temperaturasy we göräli mukdary, ýagyň kysymy, gysylmanyň geometrik derejesi, basyşyň ýokarlanma derejesi, hereketlendiriji rotoryň aýlaw ýygylgy, şeýle-de aýlawyň shemasy.

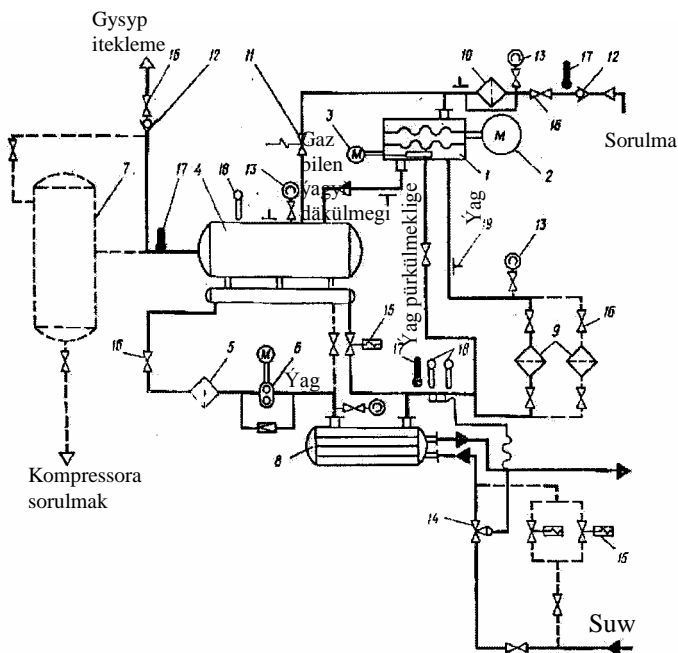
Bir basgançakly gysylmada kompressoryň iş şertleriniň çägi: sorulmada minimal basyş 5kPa, sorulmada sowadyjy jisimiň minimal temperaturasy  $-40^{\circ}\text{C}$ , gysyp iteklenmede maksimal basyş 2.1MPa, basyşlaryň maksimal tapawudy 1.7 MPa, basyşyň ýokarlanmasynyň maksimal derejesi 17, gysyp iteklenmede sowadyjy jisimiň maksimal temperaturasy  $90^{\circ}\text{C}$ , kompressora girende ýagyň temperaturasy 20-den  $50^{\circ}\text{C}$  çenli.

Kompressoryň işiniň amatly şertleri: kompressora girende ýagyň temperaturasy 30-dan  $40^{\circ}\text{C}$  çenli, sorulma prosesinde sowadyjy jisimiň temperaturasy  $+5$ -den  $15^{\circ}\text{C}$  çenli, öwrülme tizligi, ýagyň göräli mukdary.

*Kompressorly agregatlaryň tehnologi shemalary.* Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorly agregatyň tehnologi shemasy 57-nji suratda görkezilen.



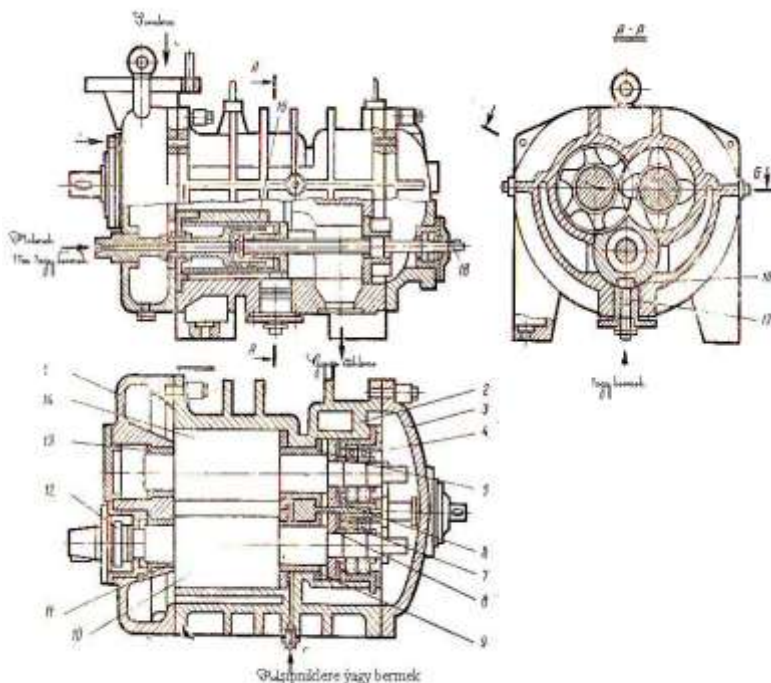
Sowadyjy jisim ters klapan 12 we gaz süzgüji 10 arkaly 1 kompressora barýar, bu ýerde gysylýar we birwagtda kompressora pürkdürilýän ýag bilen garyşýar. Kompressor we zolotnikli gurluş 2 we 3 elektrik hereketlendiriji arkaly herekete getirilýär. Kompresordan sowadyjy jisim bilen ýagyň garyndysy 4 ýag bölüjä gelýär, bu ýerde ýagy we sowadyjy jisimiň bölünmesi bolup geçýär (aýry ýagdaýlarda ikinji ýag



57-nji surat. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressor agregatyň tehnologik shemasy.

1- kompressor; 2,3- elektrik hereketlendiriji; 4- ýag bölüji; 5- gödek arassalamagyň süzgüji; 6- elektrik ýag sorujysy; 7- ýag bölüji; 8- ýag sowadyjy; 9- oňat arassalamagyň süzgüji; 10- gaz süzgüji; 11- geçiriş klapany; 12- ters klapan; 13- manometr; 14- göni hereketi sazlaýjy; 15- selonoid wentil; 17- termometr; 18- termorele; 19- gorag abzala basyşy almak üçin ýer.

bölüji 7 ulanylýar). Ýagdan bölünip aýyrylan sowadyjy jisim, 12 ters klapan arkaly gysyp itekleýji turbageçirijä barýar. Ýag bölüjiniň aşaky bölegi ýag ýygnaýjy bolup durýar. Ýag bölüjiden ýag gödek arassalaýjy süzgüç 5 arkaly 6 elektrik ýag sorujysynyň kömeginde 8 ýag sowadyja berilýär. Soňra ýag bölekleýin kompressora pürkdürilmek üçin we oňat arassalaýjy



58-njy surat. Hyrly sowadyjy kompressor WH-350:

1 – sorulma göwrümi; 2 – daş; 3 – gapak; 4,7 – radial-daýanç podşipnikleri; 5,9,11,13 – typma podşipnikleri; 6,8 – ýag porşenler; 10,14 – rotorlar; 12 – salnik; 15 – öndçirijiligi sazlaýjynyň zolotnigi; 16 – şponka; 17 – daýanç hyr; 18 – ştok.

süzgüç 9 arkaly bölekleýin podşipniklere, ýag porşenlere we hereketlendiriji ýagy berkitmäge barýar. Podşipniklerden, porşenlerden we berkidijilerden soňra ýag kompressoryň sorulma giňişligine barýar. Ýag bölüji kompressor bilen 11 klapan arkaly birleşdirilen.

Hyrlaryň nazary germetik ilişmesinde, hyrlaryň we daşyň ideal taýýarlanylýan ýagdaýynda gysyp itekleme we sorulma meýdanlaryň arasynda şeýle-de jübüt giňişlikleriň arasynda jebislik (germetiklik) üpjün edilmeli. Emma hyrly kompressorlaryň hakyky konstruksiýalarda galtaşma çyzygy boýunça hyrlaryň arasynda, şeýle-de hyrlaryň we daşyň arasynda radial we gyraňky yşlar göz önüne tutulýar. Yşlaryň ululygy indiki faktorlardan bagly: işçi elementleriň ýylylyk deformasiýasyndan, daşyň we rotoryň güýç deformasiýasyndan, rotorlaryň oka görä geçmesinden we ş.m.

Yşlaryň ululygy kompressoryň göwrüm we energetiki häsiýetnamalaryna, şeýle-de massa-göwrüm görkezijilerine güýçli täsir edýär.

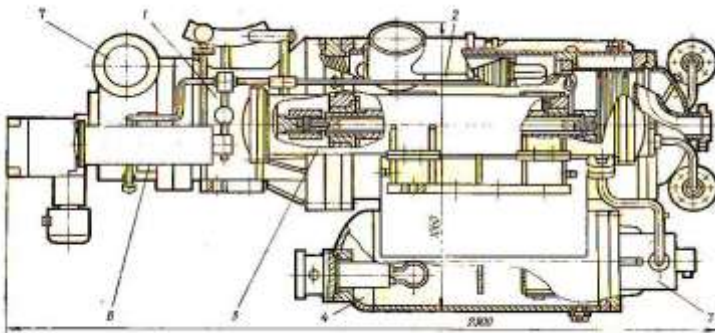
*Salnikli kompressorlaryň agregatlary.* Kompressorlaryň parametrik hatarlaryň esasynda gämi we jemgyýetçilik iýmiti kärhanalary üçin hyrly kompressor agregatlary öndürýärler.

Salnikli hyrky sowadyjy kompressor WH-350 58-nji suratda görkezilen. Kompressoryň 2 daşy, soruş bölümi (kamerasy) 1, gapak 3 we zolotnik 15 ýörite çöýundan edilen. Kompressoryň daşy ýörite kanallara eýe, ol podşipniklerden we ýag porşenlerinden guýulýan ýagy sormak üçin niýetlenen.

10 we 14 rotorlar polatdan ýerine ýetirilen we dişleriň ýörite profiline eýe. Kompressoryň detallary ýokary takyklykda taýýarlanylýar, sebäbi rotorlaryň we daşyň detallarynyň arasyndaky yşlar kiçi ölçeglere eýe. WH-350 kysymly kompressor üçin gysyp iteklenme tarapda rotoryň we daşyň arasyndaky gapdal yşlar 0,05 – 0,08mm, sorulma tarapdan – 0,42 – 0,75mm, rotoryň we daşyň arasyndaky maksimal radial yşlar – 0,057–0,193mm.

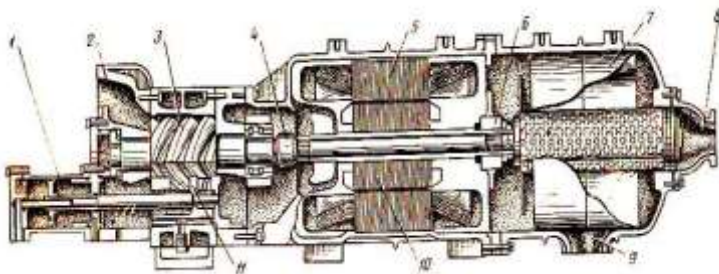
*Salniksiz kompressor agragatlar.* Orsýetde taýýarlanylýan we synagdan geçirilen salniksiz kompressor agragat 59-njy suratda görkezilen. Elektrik hereketlendiriji gysyp iteklenme tarapda oturdylan we ýag-bugly gurşawda ýerleşýär. Kompressor ýag ulgamy bilen bilelikde toplumy emele getirýär, bu topluma germetik ýag sorujy hem girýär.

“Dunham-Buch” firmanyň (ABŞ) hyrly salniksiz kompressor agregaty (60-njy surat) gysyp iteklenme tarapda oturdylan elektrik hereketlendirijä eýe. Toplumly sowadyjy maşynlarda ulanmak üçin salniksiz hyrly kompressorlar has amatly.



59-njy surat. Hyrly salniksiz ýagdolduryjyly sowadyjy kompressor agregat ( $V_N=0,125 \text{ m}^3/\text{s}$ :

1 – kompressor; 2 – elektrik hereketlendirijiniň daşy; 3 – elektrik ýag sorujysy; 4 – ýag ýygnaýjy; 5 – ýag sowadyjy; 6- ýagy arassalamagyň süzgüji; 7 – gaz süzgüji

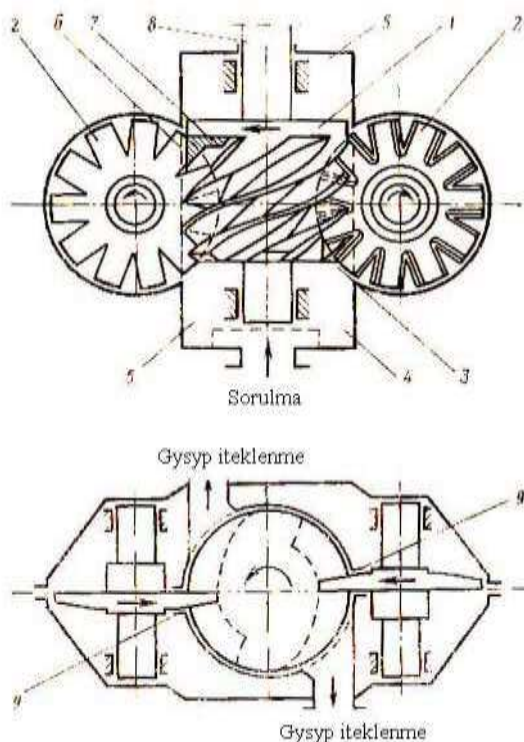


60-njy surat. “Dunham-Buch” firmanyň (ABŞ) hyrly salniksiz kompressor agregaty:

1 – gidrawliki silindr; 2 – kompressoryň soruş göwrümi; 3 – rotorlar; 4 – mufta; 5 – elektrik hereketlendirijiniň statory; 6 – elektrik hereketlendirijiniň podşipnigi; 7 – ýag bölüji massa; 8 – gysyp iteklenme sowma turbasy; 9 – ýagy aýyrmak üçin sowma turba; 10 – elektrik hereketlendirijiniň rotory; 11 – öndüriligi sazlaýjy zolotnik

*Bir rotorly kompressorlar.* Bir rotorly kompressorlar (61-nji surat) iki rotorly kompressorlar bilen deňeşdirilende indiki artykmaçlyga eýe: oka görä we radial güýçleriň doly deňagramlylygy, pes metalsygymlýlyk, sesiň pes derejesi we baş.

“Grasso-Stacom (Gollandiýa) we “Hall Thermotank Produkt Ltd” (Angliýa) bir rotorly kompressorlary we onuň esasynda sowuköndürjiligi 440-dan 1300kWt çenli kompressor agregatlary öndürýärler.



61-nji surat. Bir rotorly kompressor:

1 – rotor; 2 – berkidiji şesterna; 3 – soruş göwrümi; 4 – gaz süzgüji; 5 – kompressoryň daşy; 6 – silindr; 7 – gysyp itekleme gözi; 8 – wal; 9 – berkidiji şesternalaryň gözi

## **BAP 5**

### **MERKEZDEN DAŞLAŞÝAN KOMPRESSORLAR**

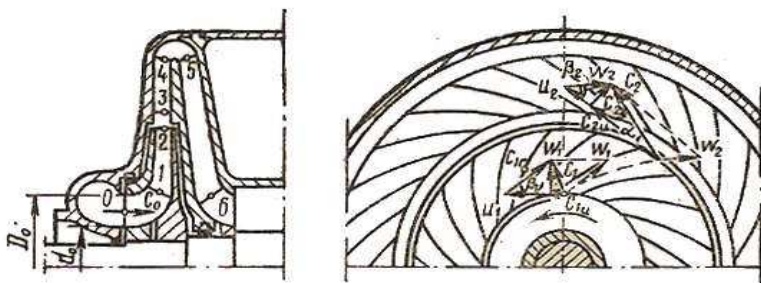
#### **5.1. Umumy maglumatlar**

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, bugardyjyny, ýaglaýyş ulgamyny, awtomatiki ulgamyny, kömekçi aparatlary (adatça bütewi agregatda) saklaýar. Ikinji topara kompressor, hereketlendiriji, ýaglaýyş ulgamy, awtomatiki ulgamy, kömekçi aparatlaryň, turbageçirijileriň we armaturalaryň toplумы girýär.

Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlar pes temperaturalaryň giň araçäginde (kondisionirleme şertinden – 120°C çenli) ulanylýar. Mysal üçin himiýa we nebiti gaýtadan işleýän senagatda sintetiki kauçuk we spirt öndürilende, gazlary suwuklandyrmakda, duzlary kristallaşdyrmakda we ş.m., senagat kärhanalaryň sehlerinde, burçlaýyn çuň şahtalarda, jemgiýetçilik uly hojalyk we söwda jaýlarynda howany

kondisionirmekde; azyk senagatynyň sowadyjy desgalarynda; ýylylyk nasos hökmünde önümçilik, jemgiýetçilik we ýaşayş jaýlary, gidroelektrik beke diň maşyn zallaryny we gulluk jaýlaryny ýylatmak üçin; dürli wezipeleri ýerine ýetirýän eksperimental desgalarda ulanylýar.



62-nji surat. 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 sowuköndürijilik üçin ulanylýar. Olaryň has kiçi sowuköndürijiligi ahyrky çarhdan çykanda sowadyjy jisimiň mineral sarp edilişiniň maksadalaýyklygyndan kesgitlenilýär. Häziki zaman freonda işleýän kompressorlar üçin bu sarp edilşi takmyny  $0,165\text{m}^3/\text{s}$  deň kabul etmek mümkin. Bu 250mm deň bolan işçi çarhyň  $D_2$  (62-nji surata seret) diametrine gabat gelýär. Onda standart şertlerde senagat görnüşindäki senagat maşynlaryň has kiçi sowuköndürijiligi R12 işlände 700kw, R11-de 160kw we R113-de 85kw düzer (howany kondisionirmek diň şertlerinde bu sanlar az üýtgar). Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynyň seriýaly öndürilişinde sowuklyk öndürijiliginiň amatly aşaky çägin başga görnüşdäki maşynlaryň (porşenli we hyrly) sowuköndürijiliginiň ýokarky çägin hasaba almak bilen

belleyärler. Sowadyjy jisimiň görnüşinden baglylykda merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynyň has uly sowuköndürijiligi standart şertlerde häzirkonstruksiýalarda 20000 kWt ýetýär.

Has giň ýaýran porşenli kompressorlar bilen deňeşdirilende merkezden daşlaşýan kompressorlar indiki artykmaçlyga eýe: birmeňzeş sowuköndürijilikde 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 deňölçeglilik, sowadyjy jisimde çalym ýagynyň ýoklygy; buguň köp basgançakly gysylmagynyň we sowuklygyň drosselirlenmeginiň aýlawyny we birnäçe gaýnama temperaturaly aýlawyny amala aşyrmak mümkinçiligi; çalt ädimli hereketlendirijä (bug ýa-da gaz turbinasy, ýokary ýygyllykly elektrohereketlendiriji) gös-göni birleşmek mümkinçiligi; giň araçäklerde sowuköndürijiligi sazlamagyň deňeşdirerlik ýönekeýligi.

Merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressoryň yetmezçilikleri esasan uly bolmadyk sowuköndürijiliklerde ýüze çykýar. Kiçi kompressor ýokary aýlaw ýygyllyga -  $0,5 \div 1,65$  mün  $s^{-1}$  ( $30 \div 100$  mün aý/min) eýe, bu ýörite hereketlendirijiniň (priwodyň) ýa-da köp basgançakly ýokarlandyryjy berijlik bilen bagly. Muňa garamazdan merkezden daşlaşýan kompressor kä ýagdaýlarda kiçi sowuköndürijiliklerde hem ulanylýar, hususanda, kompaktlyk, kiçi massa, oňat deňagramlylyk, ygtybarlylyk we başga zerurlyklary ýüze çykanda.

Howa we gaz kompressorlar bilen deňeşdirilende sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressorlar indiki aýratynlyga eýe. Sowadyjy kompressorlar kiçi göwrüm öndürijilige (adadça  $0,55$ -den  $5,5 m^3/s$  çenli) eýe, diňe käbir ýagdaýlarda sorulýan göwrüm  $20 m^3/s$  ýetýär, gysylma prosesi has çylşyrymly (her bir sekisiýada ýa-da basgançakda sowadyjy



jisimiň dürli sarp edilişi bar). Gaýnama we kondensasiýa temperaturanyň üýtgemesiniň berlen araçäginde 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 ( $M_0 = u_2/a$ ) 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.

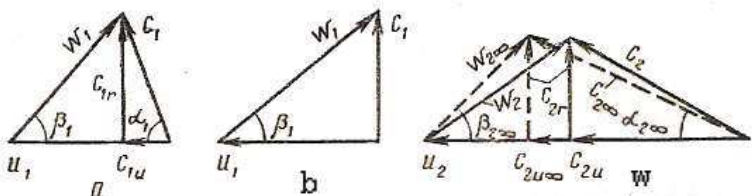
Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlar ilkinji gezek 1922ý, haçanda “Kerrier” firmasy dihlormetanda we dihloretilende işleýän bug görnüşdäki maşynlary öndürüp başlanda ýüze çykdy. Biraz soňra (1926ý.) “Broun-Boweri” firmasy tarapyndan merkezden daşlaşýan kompressorly ammiakda işleýän sowadyjy maşynlar guruldy. 30-nji ýyllardan başlap merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlarda esasan freonlary ulanyp başladylar. Häzirki wagtda, freondan başgada, şeýle-de ammiak, propan – propilen garyndy, etilen. etan we metan ulanylýar. Orsýetde R12-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 ýada birnäçe basgançaklardan durýar. Kompressoryň basgançagy işçi çarhdan, diffuzordan we ulitkadan (ýa-da ýygyndy kameradan) ýa-da ters ugrukdyryjy apparatdan (köp basgançakly maşynlardan) durýar (62-nji surat). Kompressoryň birinji basgançagyň düzümine şeýle-de sorujy kamera girýär.

Basgançaklar biri-birinden labirintlilik berkidijili 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, şeýle-de basgançagyň beýleki gozganmaýan elementlerinde diňe kinetik energiýanyň potensiala özgermesi bolup geçýär.

Işçi çarhdan gaz akanda onuň absolýút tizligi  $c$  geçirilme (aýlaw) tizligiň  $u$  we göräli tizligiň  $\omega$  wektor jemi bolup durýar (63-nji surat).



63-nji surat. 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 Eyleriň deňlemesinden kesgitlenilýär.

$$\ell_{e\infty} = u_2 c_{2u\infty} - u_1 c_{1u\infty}.$$

Çarhdan ön akymy towlaýan pilçeleriň ýok ýagdaýynda, çarhda we tizligiň giriş üçburçlygynda gazyň radial girişi  $\alpha_1 = 90^\circ$  amala aşyrylýar (63-nji surat, b ýagdaýy).

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 tizlikleriň görnüşiniň üýtgemegine we çarhdan gaza berilýän işiň kemelmegine getirýär. Bu ýagdaýda

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

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  $\beta_{2p}$  we  $z_2 - D_2$  diametrde işçi çarhyň pilçeleriniň çykyş we sany.

Adatça  $\mu$  hasaplama bahasy 0,84 – 0,88 düzýär. Sorujy görnüşdäki çarh üçin  $\mu$  bahasy K.Pfleyderiň formulasy boýunça kesgitlenilýär, os radial üçin – P.K. Kazanjanyň formulasyndan kesgitlenilýär.

Basgançagyň işiniň effektiwligi gazodinamiki PTK-de häsiýetlendirilýär.

$\ell_3$  iş gazyň gysylmagyna we geçmesine, onuň kinetiki energiýasynyň üýtgemesine we sürtülmeden we basgançagyň akyş 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:  $\psi$  – naporyň koeffisienti,  $\psi = \mu \varphi_{2\infty} \eta_h$

Akyş 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.

$$\beta_{sür} = \frac{\Delta \ell_{sür}}{\ell_e} = \frac{17.2}{10^3 b_2 \varphi_2 \varphi_{2r} \tau_2},$$

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

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

koeffisienti:

$\tau_2$  – 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 adaty 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:  $\ell$  - statiki parametrlr boýunça işiň sarp edilşi:

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

$$\text{Udel kinetik energiýanyň üýtgemesi } \Delta k = \frac{c_k^2 - c_1^2}{2} :$$

$k$  indeks basgançagyň ahyrky kese-kesigine deňişli.

1 indeks – işçi çarkyň pilçelerine girişine deňişli.

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-dan başga ähli ýitgileri hasaba alýar. Bu PTK indiki gatnaşykda baglanyşýar.

$$\eta_o = 1 - (1 - \eta_{pol}) \frac{\ell}{\ell_o}$$

$$\text{ýa-da } \frac{1 - \eta_o}{1 - \eta_{pol}} = 1 - \frac{\Delta k}{\ell_o}.$$

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:

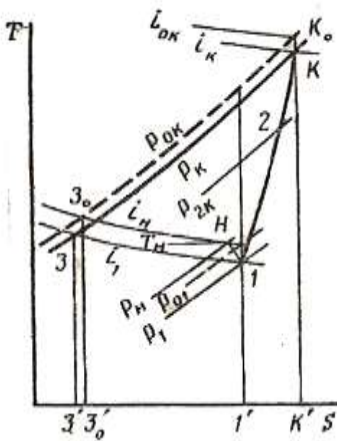
$$\eta_{ad} = \frac{\pi_k^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\pi_k^{\frac{k-1}{k\eta_{pol}}} - 1}$$

$\pi_k \leq 3$  bolanda freon üçin  $\frac{\eta_{pol}}{\eta_{ad}} = 1,01 \div 1,03$ , ammiak

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

Sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressorlar üçin  $\eta_{pol}$  hasaplama bahasy 0,72 – 0,82 düzýär.

Basgançakda gysylma prosesi s-T – diagrammada 64-nji suratda görkezilen.



64-nji surat. Merkezden daşlaşýan kompressoryň basgançagynda gysylma prosesiň s-T diagrammada şekillendirilişi.

### Kompressora

girmezden oň sowadyjy jisimiň başlangyç ýagdaýyna H nokat gabat gelýär. 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.  $\ell_{pol}$  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 gelýär, doly parametrler boýunça iş  $\ell_0 = i_{ok} - i_{gi}$ ,  $K_0 - 3_0$  izobara kesigiň aşagyndaky meýdana deň.

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

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

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

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

Statiki parametrler boýunça basyşyň ýokarlanmasynyň derejesi:

$$\pi_k = \frac{p_k}{p_1} \approx \left[ 1 + \frac{k-1}{\eta_{pol}} \psi M_u^2 \right]^\sigma,$$

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

Real gaz üçin sesiň tizligi:

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

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

*Pilçeleriň giriş burçy*  $\beta_{1p}$ .  $\beta_{1p}$  bahasy  $32^\circ$  golaý bolanda basgançagyň PTK maksimal baha ýetýär.

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

*Pilçeleriň çykyş burçy*  $\beta_{2p}$ . 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  $\beta_{2p}$  ýokary bahaly çarhlarynda naporyň koeffisienti uly, bu olaryň artykmaçlygy bolup durýar.

*Pilçeleriň sany z.* Pilçeleriň amatly sany (mukdary) işçi çarhyň kanallarynda akymyň oňat guramaçylygyny üpjün etmeli we ok köwlenmesiniň täsirini kemeltmeli. Sebäbi ok köwlenmesi sebäpli  $\mu$  sirkulýasiýa koeffisienti peselýär. PTK maksimal bahasynda gabat gelýän pilçeleriň mukdary işçi çarhyň görnüşinden bagly.

*Işçi çarhyň göräli ini  $b_2/D_2$ .* Bu gatnaşygyň kiçi bahasynda, ýagny, dar çarhlarda, akýan gazyň massasynda gatnaşygy boýunça sürtülme üsti uly, uly bolanda - akymyň tekiz häsiýeti bozulýar. Görkezilen iki ýagdaýda hem gazodinamiki PTK  $\eta_h$  peselýär.  $b_2/D_2$  amatly bahasy 0,04 – 0,06 düzýär.  $\frac{b_2}{D_2} < 0,02$  çarhlarda PTK aýratyn düýpli peselýär,

şonuň üçin şeýle çarhlary ulanmakdan gaça durmaly. Dar çarhlarda politrop we içki PTK diňe  $\eta_h$  peselmegi netijesinde kemelmäni, eýsem,  $\beta_{sür}$  we  $\beta_{geç}$  artmagy sebäpli hem kemelýär. Emma  $\psi$  napor koeffisienti şeýle çarhlarda biraz artýar.

*$M_{\omega 1}$ ,  $M_{c2}$ ,  $M_u$  sanlar.*  $M_{\omega 1}$  we  $M_{c2}$  sanlaryň artmagy we olaryň bire ýakynlaşmagy bilen tolkunly garşylyklaryň we berkitmeleriň ýerli ýokary galmasynyň ýüze çykmagy netijesinde gözenekleri ýuwmagy sebäpli ýitgiler çalt artýar.  $M_{\omega 1}$  we  $M_{c2}$  sanlaryň bahasy 0,85 – 0,90 uly bolmaly däl, kä ýagdaýlarda. pilçesiz diffuzorda  $M_{c2} > 1$  ýol berýarlar, bu ýerde berkitmeleriň bökmegi döremeýär, emma pilçesiz bölekde bu ululygy  $M_{c3} < 1$  çenli peseltýarlar.

## 5.2. Merkezden daşlaşýan kompressorlary hasaplamagyň esaslary

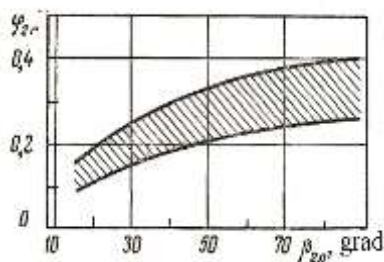
Köp basgançakly kompressoryň hasaplamasynda ilki başda sowadyjy jisimi we aýlawyň görnüşini saýlaýarlar,



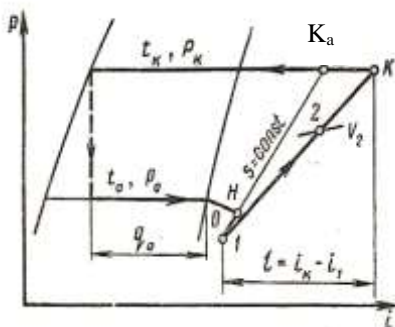
soňra basgançaklaryň sanyny belleýärler, öňisyr aarylýk basyşy oturtýarlar we basgançaklar boýunça sowadyjy jisimiň massalaýyn sarp edilişini kesgitleýärler.

Sowadyjy jisim esasan  $t_0$  we  $t_k$  berlen temperaturalardan, şeýle-de talap edilýän sowuköndüriljilikden  $Q_0$  kesgitlenilýär.

Ähli işçi çarhlaryň diametri adaty birmeňzeş kabul edilýär. Birinji basgançagyň işçi çarhlary pilçeleriniň uly burçlarynda  $\beta_{2p}$ , soňky  $\beta_{2p}$  kiçi burçlarynda ýerine ýetirilýär, soňky-sorujy görnüşde ( $\beta_{2p} = 15 \div 32^\circ$ ). Birinji basgançakdan indikä geçende gysylýan gazyň göwrüminiň ep-esli kesilmegi netijesinde ýumaş – ýuwaşdan sarp ediş koeffisienti kemeltýärler, bu esasan ahyrky basgançaklarda  $b_2/D_2$  bahasynyň has peselmegine ýol bermezlik mümkinçiligi üçin



65-nji surat. İşçi çarhyň  $\beta_{2p}$  pilçeleriniň burçundan baglylykda  $\phi_{2r}$  sarp ediş koeffisientiniň hasaplama bahasy



66-njy surat. i-p diagrammada bir basgançakly sowadyjy maşynyň aýlawy

edilýär. 65-nji surtdaky aşaky çäk pilçeli diffuzorly basgançaklara, ýokarky – pilçesize degişli.

Her bir basgançakda çarhyň görnüşini oturdyp, onuň üçin naporyň koeffisientini kesgitleýärler. Soňra aýlaw tizligi, birinji çarhyň  $D_2$  diametrini we kompressoryň aýlaw ýygylgyny tapýarlar. Mundan soňra basgançakda basyşyň ýokarlanma derejesini kesgitleýärler we ön kabul edilen aarylýk basyşyň paýlanmasynyň dogrulygyny barlaýarlar.

Hasaplama nokatda basgançagyň kabul edilen görnüşini üçin ýetilýan basgançagyň ölçegleriniň gatnaşyklarynyň, akymyň tizlikleriniň we işçi koeffisientleriniň ( $\eta_{pol}$ ,  $\eta_{ad}$ ,  $\eta_h$   $\psi$  we baş) hödürlenýän gatnaşyklaryny ulanmak bilen bir basgançakly sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressoryň hasaplamasynyň mysaly tertibi aşakda getirilen.

Sowadyjy jisim we aýlawyň (66-njy surat) görnüşini saýlanylandan soňra hasaplamany sowadyjy jisim üçin i-p ýa-da s-T diagrammanyň kömeginde hasaplamalary alyp barmak amatly.

Diagrammanyň ýok ýagdaýynda buglaryň tablisasyndan we ýagdaýyň deňlemesinden peýdalanýarlar.

H nokadyň başlangyç ýagdaýy (kompressoryň sorujy göwrümine girmezden öňürti) sorujy geçiriji trubada aşagyzyň we basyşyň ýitgisiniň ululygy boýunça kesgitlenýärler. 1 nokatda entalpiýany (işçi çarhyň pilçelerine girenden soňra) deňlemeden tapýarlar.

$$i_1 = i_H - \frac{c_1^2 - c_{g.i.}^2}{2}$$

Izoentalpiýada  $i_1$  nokadyň ýagdaýy girişdäki ýitgiden bagly. Eger-de ony hasaba almasak, 1 nokat izoentalpiýanyň  $s_{g.i.}$  izoentropa kesişmesinde ýatar. Agyr sowady jisimler üçin oňisyra hasaplamalarda  $c_1$  tizlik  $c_1 \approx (0.50 \div 0.55) M_{\omega 1} \alpha_1$  gatnaşykdan saýlanylýar, bu ýerde:  $M_{\omega 1}$  – bahasy 0,75 – 0,85 çäklerde bellenilýär we  $\alpha_1$  (sesiň tizligi) 1 nokatdaky ýagdaý boýunça kesgitlenilýär.

Ýeňil sowadyjy jisimler üçin  $c_1 \approx 0,35 u_2$ .

Soňra adiabat gysylma işi kesgitlenilýär:

$$\ell_{ad} = i_{k-ad} - i_1$$

Bir basgançakly kompressorlar üçin  $\eta_{pol}$  PTK bahasy saýlap we  $\eta_{ad}$  bahasyny kesgitläp, deňlemeden  $\psi M_u^2$  tapýarlar.

$$\psi M_u^2 = \frac{1}{a_1^2} \left( \ell_{ad} \frac{\eta_{pol}}{\eta_{ad}} + \frac{c_k^2 - c_1^2}{2} \right).$$

bu ýerde:  $c_k$  – basgançakdan çykandaky tizlik.

Işçi çarhyň (burç  $\beta_{2p}$ ) görnüşini saýlap we onuň üçin naporyň koeffisientini  $\psi = \mu\varphi_{2\infty}\eta_h$  kesgitläp,  $M_h$  bahasyny we soňra  $M_{\omega 1}$  tapýarlar

$$M_{\omega 1} = M_u \cdot \frac{\overline{D_1}}{\cos \beta_1}$$

bu ýerde:  $\frac{\overline{D_1}}{D_2} = \frac{u_1}{u_2}$

Kompressor we awiasion görnüşdäki çarhlar üçin girişde pilçeleriň  $\beta_{1p}$  amatly burçy  $30-35^\circ$  düzýär. Köplenç  $\beta_{1p} = 32^\circ$  kabul edilýär. Agyr sowadyjy jisimler üçin  $M_{\omega 1}$  bahasy  $0,85-0,90$  geçmeli däl, ýenil sowadyjy jisimler üçin aýlaw tizlik  $u_2 = M_u\alpha_1$  saýlanylan materialyň berkliginiň çägi bilen çäklendirilen ýol berilýänden kiçi bolmaly. Garşylykly ýagdaýda  $\beta_{2p}$  artdyryp işçi çarhyň görnüşini üýtgetmek ýa-da iki basgançakly gysylma geçmek zerur. Saýlanylan tizligi  $c_1$  formula boýunça barlaýarlar:

$$c_1 = \overline{D_1} u_2 \operatorname{tg} \beta_1.$$

Towlanma koeffisienti  $\varphi_{2\infty}$  ( $\psi$  üçin formulada) formula boýunça tapýarlar

$$\varphi_{2\infty} = 1 - \varphi_{2r} \operatorname{ctg} \beta_{2p}.$$

Gysylmanyň ahyryndaky  $K$  nokadyň ýagdaýyny deňlemeden kesgitleýärler:

$$i_k = i_1 + \frac{\ell_{ad}}{\eta_{ad}}$$

Gysylma prosesiniň çyzygyndaky 2 nokat işçi çarhdan çykanda sowadyjy jisimiň ýagdaýyny häsiýetlendirýär. Onuň ýagdaýyny aşakdaky deňlemäni peýdalanyp, çykyş tizlikleriň üçburçlygy gurulandan soňra kesgitlenilýär:

$$i_1 = i_1 - \ell_0 - \frac{c_2^2 - c_1^2}{2}$$

Kompressor arkaly göwrümleýin sarp edilişi  $c_0$  tizlikde 0 nokatdaky ýagdaý boýunça hasaplaýarlar ( $62$ -nji surata seret).

$$V_0 = \frac{Q_0}{q_0} v_0 = m v_0$$

bu ýerde:  $m = \frac{Q_0}{q_0}$  - massalaýyn sarp ediliş.

0 we 1 nokatlarda udel göwrümler ýakyn. Işçi çarha giriş diametr

$$D_0 = 2 \sqrt{\frac{V_0}{\pi(1 - \xi^2) c_0}}$$

Ýitgileri peseltmek üçin 0-1 ugurda akymyň tizlenmesini üpjün etmeli, şonuň üçin  $c_0 = (0,8 \div 0,85) c_1$  tizligi belleýärler.

$\xi = \frac{d_0}{D_0}$  diametrleriň gatnaşygyny 0,4 – 0,6 çäklerde saýlaýarlar. Köp basgançakly kompressorlarda  $\xi$  kiçi bahalary birinji, uly bahasy ahyrky çarhlara degişli.

Tehnologiki nukdaý nazardan pilçeleriň başlangyjynyň  $D_1$  diametri adaty  $D_1$ -deň 2-5% uly.

Işçi çarkyň daşky diametri

$$D_2 = \frac{D_1}{D_1}$$

bu ýerde:  $\bar{D}_1$  - iň bahasy 0,48 – 0,60 (uly baha birinji çarh üçin, kiçi – ahyrky üçin) çäklerde bellenilýär.

Çarhyň aýlaw ýygylgy

$$n = \frac{u_2}{\pi D_2}$$

Kompressoryň walyndaky kuwwat

$$N_e = \frac{m \ell_0}{\eta_m}$$

bu ýerde:  $\ell_0$  – basgançakda işiň doly sarp edilişi.

Girişde işçi çarhyň ini

$$b_1 = \frac{m v_1}{\pi D_1 \tau_1 c_1}$$

Çykyşda ini

$$b_2 = \frac{m v_2}{\pi D_2 \tau_2 c_2}$$

Çarhdan çykanda radial  $c_{2r}$  öň kabul edilen  $\varphi_{2r}$  bahasy boýunça kesgitleýärler.  $\tau_1$  we  $\tau_2$  koeffisientler pilçeleriň barlygy sebäpli giriş we çykyş meýdanyň kemelmesini hasaba alýar.

$$\varphi_1 = \frac{c_{1u}}{u_1} = 0 \text{ bolanda işçi çarhyň esasy parametrleri}$$

indiki gatnaşykda baglanylyşýar.

$$\frac{b_2}{D_2} = \frac{\overline{D_1^3} (1 - \xi^2) \operatorname{tg} \beta_1 k_{v_1}}{4 k_D^2 k_c \varphi_{2r} \tau_2 k_{v_2}},$$

bu ýerde:

$$k_{v_0} = \frac{v_{g.i}}{v_0}; \quad k_{v_2} = \frac{v_{g.i}}{v_2}; \quad k_D = \frac{D_1}{D_0}; \quad k_c = \frac{c_1}{c_0}$$

Gozganmaýan elementleriň hasaplamasy we kompressoryň esasy düwünleriniň konstruksiýasy ýörite edebiýatlarda getirilen.

## **BAP 6**

### **SOWADYJY KOMPRESSOR ÜÇİN YAGLAR**

Sowadyjy maşýnlarda ulanylýan ýaglar iki esasy topara bölünýär: mineral we sintetik.

Nebit önümlerinden alynan mineral ýaglar has giň ýaýran, olar fraksion düzüminden baglylykda naften, parafin, naften-parafin görnüşlere bölünýär.

Naften ýaglar mineral ýaglaryň arasynda has pes doňma temperatura eýe; parafinli ýaglar şepbeşiklik-temperatura baglylygy boýunça tapawutlanýar; ýagda ysly uglewodorodlaryň bolmagy olaryň iýilmeklige garşy hilini ýokarlandyrýar.

Sintetiki ýaglara uglerodly sintezirlenen ýaglar we dürli toparlara degişli sintetiki suwuklyklar degişli: kremniý-organiki, poliefirler, poliglikollar we başg.

Sintetiki ýaglar minerallar bilen deňeşdirilende oňat ýaglaýjylyk hile, has ýokary termiki durnuklylyga we sowadyjy jisim bilen garyndyda durnuklylyga, has oňat temperatura-şepbeşiklik häsiýetnamalara, has pes doňma temperatura, materiallara bolan az agressiwligi eýe.

Sintetiki ýaglaryň esasy ýetmezçiligi: mineral ýaglar bilen deňeşdirilende olaryň bahasy ýokary.

#### **6.1. Esasy alamatlar**

Sowadyş tehnikasynda ulanylýan ýaglaryň häsiýetnamalary tablisa **VIII-1 [13]** getirilen.

*Şepbeşiklik.* Işin we ýylylyk sürtülmesiniň ululygy, iýilme, ýslary berkitmegiň hili ulanylýan ýagyň şepbeşikliginden bagly.

Sowadyjy ýaglaryň kinematiki şepbeşikligi 50<sup>0</sup>C temperaturada kadalaşdyrylýar. MS348-75 halkara standartyna laýyklykda ýaglaryň kinematiki şepbeşikligini 40<sup>0</sup>C –da häsiýetlendirmek teklipe edilen.

Ýag temperatura  $1^{\circ}\text{C}$  üýtgände şepbeşikligiň üýtgemesini kesgitleýän temperatura-şepbeşiklik koeffisienti bilen hem häsiýetlendirilýär.

Ýaglaryň temperatura-şepbeşiklik koeffisientiniň synag arkaly kesgitlenen baglylyklary tablisa **VIII-1 [13]** getirilen.

*Şepbeşiklik indensi.*  $v=f(t)$  baglylyk şepbeşiklik indeksi ŞI bilen häsiýetlendirilýär. Ol göräli ululyk bolup, indiki formula boýunça kesgitlenilýär

$$I\dot{S} = \frac{L - v}{L - H} \cdot 100,$$

bu ýerde  $L - I\dot{S}=0$  ululykda standart ýagyň şepbeşikligi ( $37.8^{\circ}\text{C}$ -da);  $H - I\dot{S}=100$  ululykda standart ýagyň şepbeşikligi ( $37.8^{\circ}\text{C}$ -da);  $v - -37.8^{\circ}\text{C}$ -da synag edilýän ýagyň şepbeşikligi.

Şepbeşiklik indeksini  $37.8^{\circ}\text{C}$  we  $98.9^{\circ}\text{C}$ -da we standart ýagyň şepbeşikliginde berlen ýagyň şepbeşikligi boýunça hasaplaýarlar.

Sintetik ýaglaryň şepbeşiklik indeksi (adatça 120 – 200 deň) mineral ýaglaryňky (adatça 70 – 80 geçmeýär) bilen deňeşdirilende ep-esli ýokary. Naften esasdaky mineral ýaglar pes şepbeşiklik indekse eýe. Ýokary indeksli mineral ýaglar parafin esasyda döredilmeli ýa-da ýörite dolduryjylar arkaly goýulandyrylmaly.

Häzirki zaman çalt hereketli kompressorlaryň kadaly ýaglanylmagy üçin  $100^{\circ}\text{C}$  temperaturada 6-7  $\text{mm}^2/\text{s}$  pes bolmadyk şepbeşiklige eýe bolmaly, dartgynly şertlerde işlemek üçin 8-10  $\text{mm}^2/\text{s}$  golaý bolmaly. Pes dartgynly şertlerde işleýän kompressorlar HF(XΦ) 12-16 görnüşdäki pes şepbeşikli ýaglar ulanylýar. Kompressoryň ýokary temperaturadaky işinde ýagyň ýeterlik şepbeşikligini üpjün etmek üçin uly ŞI ýagy kabul etmek has maksadalaýyk.

Dykyzlyk.  $-80 \div +120^{\circ}\text{C}$  temperatura interwalda  $\pm 0.15\%$  takyklykda ýagyň dykyzlygy aşadaky deňlemede kesgitlenilýär

$$\rho_t = \rho_{20} [1 - \beta(t - 20)],$$

bu ýerde  $\rho_{20} - 20^{\circ}\text{C}$  temperaturada dykyzlyk,  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

*Gatama temperaturasy we akyjylyk temperaturasy.* Sowadyjy maşynlar üçin ulanylýan ýaglar pes gataýanlaryň hataryna degişli. Pes temperaturalarda gatama we akyjylyk temperatura ýaglaryň hereketlilikini häsiýetlendiriji bolup durýar.

Mineral ýaglaryň gatama temperaturasy naftenleri saklamagyň artmagy we parafinleriň mukdarynyň kemelmegi bilen peselýär. Mineral ýaglaryň gatama temperaturasy olaryň şepbeşikliginiň peselmegi bilen kemelýär. Has köp peýdalanylýan mineral ýaglar ( şepbeşikligi  $(30\div 36)\cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) -  $30^{\circ}\text{C}$  –dan  $-40^{\circ}\text{C}$  çenli doňma temperatura eýe. Käbir sintetik ýaglaryň gatama temperaturasy  $-100^{\circ}\text{C}$  we ondan hem pes.

*Ot alma temperatura.* Açyk otda ot alma temperatura, edil öz-özünden ýanmak temperatura ýaly, ýaglardaky ýeňil uçýan fraksiýalar bilen bagly.

Halkara talaplaryna laýyklykda sowadyjy maşynlaryň ýaglarynyň ot alma temperaturasy  $160 - 180^{\circ}\text{C}$  pes bolmaly däl.

*Termiki durnuklylyk.* Ýaglaryň termiki durnuklylygy olaryň ýokary temperaturalarda okislenmeklige garşy durmagy we fiziki-himiki alamatlaryny üýtgetmän saklamak ukyby bilen häsiýetlendirilýär.

Ýaglaryň termiki durnuklylygy fraksion düzümi arkaly kesgitlenilýär we gös-göni ot alma temperaturadan we bugaryjylyk temperaturasyndan bagly. Ýokary ot alma temperaturaly, ýokary gaýnama temperaturaly we pes bugarýan ýaglar termiki tarapdan has durnukly.

Mineral ýaglaryň arasynda oňat termiki durnukly ýaglara parafin esasdakylar degişli. Sowadyjy ýaglaryň termiki durnuklylygyny artdyrmak üçin köplenç okislenmeklige garşy goşundylar ulanylýar.

*Ýylylyk sygym.* Sowadyjy ýaglaryň ýylylyk sygymy  $1.6 - 2.2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$  aralyklarda saklanylýar. Sowadyjy ýaglaryň ýylylyk sygymyny kesgitlemek üçin aşakdaky deňleme tekliplenen:

$$c_p^t = c_p^{30} [1 + \alpha_c (t - 30)].$$



bu ýerde  $\epsilon_p^{30}$  – 30°C temperaturada ýylylyk sygym;  $\alpha_c$  – temperatura koeffisient.

*Elektrik geçirijilik.* Sowadyjy maşynlaryň elektrik geçirijiligi  $10^{-12}$ – $10^{-18}$  Cm<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup> tertipde. Mineral ýaglaryň dielektrik hemişeligi 2,26, sintetik ýaglaryňky 2.17.

*Ýylylyk geçirijilik.* Sowadyjy maşynlaryň köpüsiniň ýylylyk geçirijiligi –60-dan +120°C çenli temperatura araçäkde indiki deňlemeden kesgitlenilýär:

$$\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \alpha(t - 30)],$$

bu ýerde  $\lambda_{30}$  – 30°C temperaturada ýylylyk geçirijilik;  $\alpha$  – temperatura koeffisient.

## 6.2. Ýaglary synamak

Ýagy ulanmaga goýbermek üçin synaglaryň birnäçesi geçirilýär. Synaglar yzygider birnäçe döwürlerden durýar: tejribe, diwar we ulanma synaglary.

Tejribe synaglary ýagyň esasy fiziki-himiki alamatlaryny we spesifiki häsiýetnamalaryny kesgitlemek üçin geçirilýär. Olar görkezijiler we Döwlet standartynda tassyklan, sowadyjy maşynlar üçin ýagyň häsiýetlendiriji ululyklaryny kesgitlemegiň usullarynyň toplumyna laýyklykda geçirilýär.

Tejribe synaglaryň netijesinde ýagyň berlen häsiýetnamalara gabat gelmegi barada öňisyrä netijeler alynýar.

Diwar synaglary tejribe synaglarynyň netijelerini tassyklamak we ýagyň hyzmat ediş we ulanma alamatlaryny takykklamak üçin geçirilýär. Diwar synaglaryň meselesine hakyky şertlerde ýaglaryň durnuklylygyny tassyklamak, elektroizolýasion, berkidiji we konstruksion materiallara durnuklylygyny bahalandyrmak, sowadyjy ulgam boýunça ýagyň aýlanylyşyny bahalandyrmak, sowadyjy maşynyň ýylylyk tehniki häsiýetnamalaryna täsirini kesgitlemek we ş.m. girýär.

Ulanma synaglary jemleýji döwür bolup durýar we tejribe hem-de diwar synaglaryň netijelerini we ýagyň berlen talaplarynyň senagatda çykarylýan ýaglaryň häsiýetnamasyna we alamatlaryna gabat gelmegini tassyklamak üçin gulluk edýär. Ulanma synaglaryň netijeleri boýunça täze işlenilen ýag ýa-da ilkibaşdaky çig maly we tehnologiýasy üýtgedilen ýag Döwletstandartynyň çözgüdi boýunça ulanylmaga goýberilýär.

## **BAP 7**

### **KOMPRESSORYŇ YGTYBARLYGY**

#### **7.1. Esasy kesgitlemeler, görkezijiler**

Ygtybarlygyň ähli terminlerini, kesgitlemelerini we görkezijilerini dört topara bölýärler: obýektler, ýagdaý we hadysa, obýektleriň alamatlary (häsiýetleri), mukdar görkezijiler.

*Obýektler.* Obýektlere sowadyjy maşynlaryň özleri degişli. Sowadyjy maşynlar bejerilýän we bejerilmeýän bolup biler. Bu topara bölmegiň esasy ulanylýan ýerinde bejegini geçirmegiň mümkinçilik we ykdysady maksadalaýyklygynyň kriteriýasy goýulan.

Bu bölmeklik şertli, sebäbi, mysal üçin bejerilmeýän enjamlaryň toparyna degişli germetik kompressorlar we onuň esasyndaky sowadyjy maşynlar ýörite kärhanalarda merkezleşdirip bejerilýär. Emma aýratynlaşdyrmak usulynda geçirilen bejergiden soň ulanyja hususan täze önüm gaýtarylyp berilýär. Ol bejergä gönükdirilen önümden ygtybarlygy tarapdan hiç hili häsiýete eýe bolmaýar. Şonuň üçin kompressoryň gabynyň açylmagyny talap edýän, birinji bozulmasyna çenli işleýän bu enjamy bejerilmeýänleriň toparyna degişli edýärler.

Könelmegine getirýän agdaklyk edýän prosesin görnüşinden baglylykda bejerilýän sowadyjy enjamy öz gezeginde iki topara bölýärler: iýilýän we bozulmaklyga getirýän we poslama getirýän.

Birinji toparda kompressorlaryň uzak ömürliligi iýilme prosesi bilen doly kesgitlenilýän kompressorlar, şeýle-de kompressorly sowadyjy maşynlaryň tehniki serişdeleri, sowadyjy maşynyň esasy elementi hökmünde kompressoryň serişdelerine deň kabul edilen kompressorly sowadyjy maşynlar degişli.

Ikinji topara absorbsion we bugežektorly sowadyjy maşynlar, şeýle-de ýylylyk çalşyjy we sygymly apparatlar (olarda esasy poslama-könelen düwünler bolup durýar) degişli.

Bejerilýän önüm dikeldip bolýan we dikeldip bolmaýan elementlerden (düzünlerden we şaýlardan) durup biler. Kompressorlarda dikeldip bolýan elementler birinji nobatda esasy şaýlar (tirsekli wal, silindr), şeýle-de babbit bilen guýulan wkladyşlar we ş. m. degişli. Esasy detallaryň hatardan çykmagy kompresoryň düýpli bejerilmegine getirýär. Dikeldip bolmaýan düwünler we şaýlar (klapanlaryň plastinasy, pružinler, prokladkalar, porşen halkalar we ş.m.) zaýаланanda we döwülende gaýtadan dikeldilmeýär we täzesine çalşylýar. Şol bir detal (şay) bir kompressorda dikeldip bolmaýan görnüşde seredilip bilner. Prokladkalaryň sanynyň hasabyny sazlanýlýan we babbite guýulan wkladyş dikeldilýän önüm, bimetal wkladyş – dikeldilmeýän. Gorizontalkompressorlaryň silindri iýilende sürtülip (gyrylyp) oýulýar, we oňa wtulka preslenip bilner, blok-karterli kompressorlaryň gilzasy dikeldilmeýär, düýpli bejerilende täzesine çalşylýar.

*Ýagdaý we hadysa.* Bu topara maşynyň guratlygy, gurat dälligi, işe ukyplylygy, işe ukypsyzlygy, durmagy(bozulmagy) baradaky düşüňjeler girýär.

Guratlyk – bu ýagdaýda sowadyjy maşynyň tehniki parametrleri normatiw-tehniki resminamalaryň ähli talaplaryny kanagatlandyrýar.

Gurat dällik – bu ýagdaýda maşynyň tehniki parametrleri tehniki resminamalaryň talaplarynyň hiç birine gabat gelmeýär. Bozulmaklyga getirmeýän gurat dälligi, we bozulmaklyga getirýän gurat dälligi tapawutlandyrmak zerur.

Işe ukyplylyk – bu sowadyjy maşyny ulanmagyň berlen şertlerinde kesgitlenilen tehniki resminalaryň talaplarynyň iş parametrlerini üpjün etmek ukyby. Degişlilikde, işe ukuply kompressor gurat däl (mysal üçin, tirsekli walyň salniginden ýag akdyrýan kompressor) hem bolup biler.

Durmak (bozulmak) – bu işe ukyplylygyny doly ýa-da bölekleyin ýitirmekden durýan ýagdaý.

*Obýektleriň häsiýetleri.* Bo topara mukdar görnüşde bahalandurmak (kesgitlemek) mümkin bolmadyk, diňe hil düşüňjeler degişli.

Has umumy häsiýet (häsiýetleriň jemi) – hil, ýagny, önümiň ulanylmagynyň kesgitli şertlerinde serişdeleri has az sarp edip, berlen funksiýany önümiň ýerine ýetirip bilmek ukyby.

*Obýektleriň häsiýetleri.* Bu topara mukdarda bahalandyryp bolmaýan diňe hil düşüňjeler degişli.

Has umumy häsiýet (häsiýetleriň jemi) – hil, ýagny, önümi ulanmagyň kesgitli şertlerinde serişdeleri has az sarp etmek bilen berlen funksiýany ýerine ýetirmeklige önümiň ukuplylygy. Ygtybarlylyk görkezijiler önümiň hilini kesgitleýji wajyp tehniki-ykdysdy faktor bolup durýar. Önümiň ygtybarlylygy bir tarapdan önümiň tehniki artykmaçlygyndan, beýleki tarapdan – ulanylma prosesinde önüme tehniki hyzmat etmegiň we bejermegiň derejesinden bagly we önümi ulanmagyň ykdysady derejesini kesgirleýär.

Ygtybarlylyk – işlenilmegiň talap edilýän ýa-da talap edilýän wagt pursatlaryndaky berlen şertlerde iş parametrleri saklamak bilen önümiň berlen funksiýasyny ýerine ýetirmekligi üpjün edýän, onuň bozulmazlygy, uzak ömürliligi, bejermeklige ýaramlylygy we saklamaklygy bilen şertlenen önümiň alamatlary.

Bökdençsizlik – Önümiň mejbury arakesmesiz käbir wagtyň dowamynda işe ukyplylygyny saklamagy.

Uzak ömürliligi – bozulmaklyga ýa-da baş-da çäk ýagdaýa çenli hyzmat etmeklige we bejermeklige çenli mümkin bolan arakesmeler bilen önümiň uzak wagtlap işe ukuplylygyny saklamagy.

Bejermeklige ýaramlylyk – tehniki hyzmat etmekligi we bejermekligi geçirmek arkaly näsazlyklary we bökdençlikleri

aýyrmaklyga we duýdurmaklyga, şeýle-de ýok etmeklige önümiň laýyk gelmegi.

Bütewilik – saklanylanda we daşalanda önümiň şertli ulanma görkezijilerini saklamak alamatlary.

Sowadyjy maşynyň ýerine ýetirýän wezipesinden baglylykda önümiň ygtybarlygyny kesgitleýän islendik alamaty esasy bolup biler.

## **7.2. Ygtybarlygynyň mukdar görkezijileri**

Mukdar görkezijiler ýokarda bellänilip geçilen alamatlary häsiýetlendirýär, özem olary alamatlaryň özleri bilen deň hasaplamaly däl, mysal üçin ygtybarlygy sagatda, göterimde we ş.m.

Ygtybarlygynyň görkezijilerini bahalandyryýan sanawy sowadyjy maşynyň spesifikasiýasyny doly şekillendirer ýaly, taslama döwründe ýeňil hasaplanar ýaly, synag we ulanma netijeleri boýunça kesgitleniler ýaly, we çylşyrymly ulgamlaryň ygtybarlylyk hasaplamalarynda ulanmak üçin amatly bolar ýaly belleýärler. Mundan başga-da, görkezijiler önümiň ygtybarlygyny onuň ömürlük sikliniň islendik döwründe häsiýetlendirmeli.

Uzak möhletli işlemegiň görkezijilerini kesgitlemek üçin ilkinji maglumatlar iýilmäniň tizligi ýa-da sütünlykly detallaryň serişdeleri bolup durýar: bökdençsizligiň görkezijisi duýdansyz bozulmalaryň akymynda häsiýetlendirilýär.

Ygtybarlygynyň görkezijilerini kesgitlemek üçin maglumatlary ýygnamak aktiw we passiw eksperimentleri geçirmekligiň esasynda amala aşyrylýar.

Aktiw eksperiment bökdençsizlige zawod-taýýarlaýjynyň synag diwarlarynda we tejribe şertlerinde serişde (resurs) ýa-da ýörite synaglara esaslanýar. Aktiw eksperimentde esasan kiçi we orta sowadyjy maşynlar (priwodyň kuwwaty 15-20kВт çenli) synag edilýar.

Passiw eksperiment (düzgünde bolşy ýaly uly sowadyjy maşynlar) ulanma gözegçiliginiň gurnalmagynyň, sowuklygy ulanyjy-kärhananyň derňelmegi we sorag sahypalarynyň işlenilip taýýarlanylmagy esasynda amala aşyrylýar.

Gözegçilikli ulanma bir görnüşli maşynlary ýeterlik giň gerimde alynanda, alynýan maglumatyň anyklygynyň has ýokary derejesini üpjün edýär. Toplumlaýyn barlagyň prosesinde sowadyjy maşynyň has pes derejedäki ulanma ygtybarlygy ýüze çykarylýar, ulanmanyň we sowadyjy enjamyň tehniki hyzmatynyň derejesi anyklanylýar, önümiň ygtybarlygyk görkezijilerine ulanmanyň we tehniki hyzmat etmekligiň ulgamlarynyň şertleriniň täsir derejesi kesgitlenilýär.

Synaglaryň ähli görnüşleriniň prosesinde periodiki kompressorlaryň sürtülýän detallarynyň mikrometrilenmesi amala aşyrylýar, bozulmalar jikme-jik bellige alynýar we çalşylan detallaryň wedomosty doldurylýar.

Bellenilen bozulmalar indiki ýagdaýlardan gelip çykýar:  
bir näsazlyk ýagdaýynda bir bozulma bolup geçdi hasaplanylýar;

näsazlyk birnäçe gezek gaýtаланан ýagdaýynda bozulmanyň degişli mukdary bolup geçdi hasaplanylýar;

şol bir wagt pursadynda birnäçe näsazlyklaryň bar bolan ýagdaýynda özara baglanyşykly näsazlyklaryň bir bozulma we näsazlyklaryň baglanyşyksyz ýagdaýlarynda birnäçe bozulmalar bar.

Detallaryň we düwünleriň çalşyrylma işleriniň sanawyna girýän meýilleşdirilen işlerinde ýüze çykarylan şu detallaryň we düwünleriň bozulmalary we awariýa ýagdaýy olaryň mukdaryndan, wajyplygyndan we sanawyndan baglanyşyksyzlykda bozulma görnüşinde hasaba alynmaýar.

Detallaryň we düwünleriň çalşyrylmak işleriniň sanawyna girmeyän, meýilleşdirilen işler geçirilende ýüze çykarylan, detallaryň we düwünleriň bozulmak, awariýa ýagdaýlary, bozulan elementleriň atlarynyň mukdaryndan

baglylykda bozulmalaryň degişli sany görnüşinde hasaba alynýar.

Bozulma indiki ýagdaýlarda hasaba alynmaýar:

bozulma hyzmat ediji işgäriň gödek ýalňyşlygy sebäpli ýüze çykdy;

bozulmanyň sebäbi ulanmanyň adaty kadalarynyň bozulmagy bolup durýar;

berlen sowadyjy maşynyň düzümine girmeýän abzallaryň ýa-da gurluşlaryň näsázlyklary netijesinde dörän.

*Bökdençsizlik synaglary.* Bökdençsizlik synaglary synagyň işläp taýýarlanylýan ýörite meýilnamasy boýunça geçirilýär, onuň esasynda synagyň maksatnamasy düzülýär. Ygtybarlygyň synagynyň meýilnamasy synagyň görnüşinden baglylykda üýtgeýär (kesgitleýji ýa-da barlag).

Synagyň meýilnamasy düzgünleriň toplумы bolup durýar, oňa laýyklykda synagyň göwrümi (synag edilýän önümleriň mukdary we synagyň wagty) kesgitlenilýär, bozulan önümiň dikeldilmegi we dikeldilmezligi çözülýär, olary täzä çalyşmalymy ýa-da çalyşmaly dälmi, synag döwründe, sol sanda synagyň ahyrynda çözgütleri kabul etmegiň tertibi bellenilýär.

Synagyň meýilnamasy synagy geçirmegiň görnüşini we usulyny, kesgitlemekligi ýa-da barlamaklygy talap edýän ygtybarlygyň görkezijilerini, synag kadalaryň häsiýetnamasyny, saz işlemekligi barlamagyň usuyny, bozulmalary kesgitlemegiň usulyny saklaýar.

Ygtybarlygyň görkezijileri statistiki ululyklar bolup durýar we tötänleýin ululyklaryň paýlanylyşynyň nazary kanunlaryna boýun egýär. Sowadyjy maşynlaryň ygtybarlygynyň görkezijisiniň empiriki paýlanmasynyň aglaba köpüsiniň ýagdaýynda eksponensial, adaty ýa-da Weýbull kanunlaryna eýerýär.

Synagyň göwrümi (synag edilýän önümiň mukdary we synagyň dowamlylygy) guman edilýän kanunyň paýlanylyşyndan, görkezijisini kesgitlemegiň ynanç



ähtimallygyndan  $\alpha$  we onuň kesgitlenilmeginiň göräli nokadyndan  $\delta$  bagly. Paýlanylmagyň eksponensial we adaty kanunlary üçin synagy  $t_s$  wagtyň dowamynda  $N$  önümi synamagyň görnüş-i ýaly meýilleşdirýärler. Weýbulla paýlamak üçin synagy  $N$  önümiň her biriniň bozulmagyna çenli synamak görnüşinde meýilleşdirilýärler.

Ekspontensial kanunda bozulmaklyga çenli işlemekligi kesgitlemek üçin synagyň göwrümi (sagadyň dowamyndaky sany) indiki formuladan kesgitlenilýär.

$$Nt_s = \frac{mT_{ogur}}{r_3}$$

bu ýerde  $m$  – bozulmaklygyň garaşylýan mukdary we  $r_3$  koeffisienti kabul edilen ynanç ähtimallygyň  $\alpha$  we alynýan ululyklaryň göräli takyklyklaryndan  $\delta$  baglylykda matematiki tablisa boýunça kesgitleýärler.

Synagyň dowamlylygyny saýlanyp alynan maşynlaryň mukdaryndan baglylykda hasaplaýarlar

$$t_s = \frac{mT_{ogur}}{Nr_3}$$

Bozulmanyň intensiwligini kesgitlemek üçin synagyň göwrümini aşakdaky formula boýunça kesgitleýärler

$$Nt_s = \frac{m}{\lambda_0 r_3}.$$

bu ýerde  $\lambda_0$  – bozulmanyň garaşylýan intensiwligi.

$t$  wagtyň dowamynda bökdençsiz işlemegiň dowamlylygyny kesgitlemek üçin synalynýan nusgalaryň mukdary formula boýunça hasaplanylýar

$$N = \frac{m}{P(t)r_3},$$

bu ýerde  $P(t)$  – bökdençsiz işlemegiň garaşylýan ähtimallygy.

Paýlamagyň kadaly kanunynda bozulma çenli orta işi kesgitlemek üçin synalynýan nusgalaryň mukdaryny kesgitlemek indiki formula boýunça hasaplanylýar.

$$N = \frac{z_a \sigma_0}{\varepsilon},$$

bu ýerde  $z_a$  – berlen ynanç ähtimallyklardan baglylykda matematiki tablisa boýunça kesgitlenilýän kömekçi ululyk;  $\sigma_0$  – orta işlenilmeden bozulma çenli garaşylýan orta kwadrat gyşarma;  $\varepsilon$  – bozulma çenli orta işlenilmäni kesgitlemegiň takyklygy.

Bu ýagdaýda synagyň dowamlylygyny bozulma çenli orta işlenilmäniň garaşylýan bahasyna deň kabul edýärler.

Weýbullanyň kanuny üçin bozulma çenli ortaça işlenilmäni kesgitlemek üçin synagyň göwrümini kabul edilen ynanç ähtimallykdan we ululygy kesgitlemegiň takyklygyndan, şeýle-de wariasiýa koeffisientinden (orta kwadratik gyşarmanyň bozulma çenli orta işlenilmesiniň matematiki garaşylýan ululygyna gatnaşygy) bagly  $b$  parametrdan baglylykda matematiki tablisa boýunça hasaplaýarlar.

*Resurs synaglary.* Ol resurs synaglaryň nusgalyk maksatnamasyna laýyklykda geçirilýär. Resurs synaglaryň dowamlylygyny azyndan 8 mün sagat kesgitlenilýär. Synaga yzygider öndürilen maşynlar, synag we eksperimental nusgalar, şeýle-de olaryň düwünleri we detallary degişli. Synag üçin niýetlenilen maşynlary, düwünleri we detallary tehniki şertlere laýyklykda kabul ediş zawod barlagyny we zawod synagyny geçenleriň sanyndan saýlaýarlar.

## **BAP 8**

### **KOMPRESSORYŇ GORAG ELEMENTLERI WE ABZALLARY**

Gysyp iteklenme basyşyň aşa ýokarlanmasyndan kompressory gormak üçin ýokary basyşyň relesini ulanýarlar. Ol berlen basyşdan artyk bolanda elektrik hereketlendirijiniň toguny söndürýär. Basyşyň relesi kompressoryň we zaporly gysyp itekleýji wentiliň arasyndaky gysyp itekleýji sowma trubasyna birikdirilýär; ol gysyp itekleýji wentiliň ýapyk ýagdaýynda kompressory awariýadan goramagy üpjün edýär.

Salniksiz kompressoryň hereketlendirijisiniň goragyny statoryň sarymynyň islendik bölegine datçigi goýup amala aşyrýarlar. Datçik sarymyň temperaturasy ýol berilýän bahadan geçende hereketlendirijini togtatýar. Netijede, fazanyň bölünmesinden, hereketlendirijini sowadyjy işçijisiniň sarp edilişiniň ýeterlik dældigi ýa-da aşa ýüklenen kompressora ýylylyk akymalaryň gelmesiniň artmagy netijesinde aşa gyzmagyndan goraýar.

Gorag klapalary diňe teswirleýän göwrümi  $V_{km} \geq 0.03 \text{ m}^3/\text{s} (\geq 100 \text{ m}^3/\text{sag})$  bolan kompressorlarda ulanylýar. Ol gysyp iteklenme we sorulma basyşlaryň tapawudynyň berlen çäkden artmagyndan kompressoryň hereketlenýän mehanizmlerini goraýar. Gorag klapany buguň bir bölegini gysyp iteklenme giňişliginden sorulma giňişligine geçirýär, emma gysyp iteklenme basyşyň ýol berilýän bahadan geçmeginden kompressory goramaýar.

Pružinli öz-özünden hereketlenýär gorag klapalary, şeýle-de basyşyň tapawudy artanda diafragmasy weýran bolýan klapalar ulanylýar. Soňky bellenilip geçilen klapanda diafragma weýran bolandan soňra ýokary we pes basyşyň giňişlikleri birleşýärler. Emma awtomatlaşdyrylan sowadyjy maşynlaryň düzüminde işleýän kompressorlarda weýran bolýan diafragmaly klapalary ulanmaga ýol berilmeýär.

Dürli sowadyjy jisimlerde işlemek üçin niýetlenilen unifisirlenen porşenli kompressorlarda şol bir ölçegdäki gorag klapanlary ulanmak maksadalaýyk. Klapanlaryň kese-kesiginiň hasaplamasyny has uly molekulýar massa we kabul edilen gaýnama temperaturada we basyşyň çäklendirilen tapawutlarynda akyşyň has kiçi kritiki tizligine eýe bolan sowadyjy jisimler üçin geçirmeli. Bu şertleri  $t_0=10^0\text{C}$  ( $v_{\text{sor}}=0.0424\text{m}^3/\text{kg}$ ),  $\Delta p=1.68\text{MPa}$  (bu ýagdaýda  $t_k=76^0\text{C}$  we  $v_{\text{g.i}}=0.008\text{m}^3/\text{kg}$ ) bahalarda 150m/s tertipde akyşyň kritiki tizligine eýe bolan R12 kanagatlandyrýar. Klapandan soňra akabanyň geçiş kese-kesigi onuň kadaly işlemegini üpjün etmek üçin hiç bolmanda klapanyň kese-kesiginenden 3 esse uly bolmaly.

Metal işçi organly pružinli gorag klapanlarda köplenç basyş peselenden soňra olaryň doly berkedilmesi amala aşyrylýar, şonuň üçin ýumşak berkidijileri ulanýarlar: eýer we klapan polatdan ýerine ýetirilýär, berkidiji guşak – ýokary temperaturaly gysyp iteklenmäni saklaýjy ýaga durnukly rezinden.

Gorag klapany kompressora oturtmazdan öň sazlaýarlar we açylmagyň hem-de ýapylmagyň basyşynyň berlen tapawudynda howa arkaly synaýarlar, şeýle-de klapanyň eýerde ýerleşmeginiň dykzyzlygy synagdan geçirilýär.

500kWt çenli sowuköndürijilikli maşyn üçin sorulmanyň basyşynyň ýol berilýän bahadan peselmeginden kompressory goramak pes basyşyň relesiniň kömeginde amala aşyrylýar, ol kompressoryň elektrik hereketlendirijisini totatýar. Bir basgançakly ýokary we orta temperaturaly maşynlarda releni 120kPa sorulma basyşda togtatmaga sazlaýarlar – kompressor karterde wakuum emele gelende işlemeli däl, pes temperaturaly kompressorlarda 20kPa sazlanýlar.

Ýaglaýyş berijiligini togtatmakdan goramagy şesternaly ýag sorujylar bilen enjamlaşdyrylan ähli kompressorlarda goragy basyşyň differensial relesi ýerine ýetirýär, rele ýagyň

basyşynyň we karterdäki basyşyň tapawudy berlenden pes bolanda elektrik hereketlendirijini togtatýar.

Gidrawliki urgudan kompressory goramak (silindre suwuk sowadyjy jisimiň ýa-da ýagyň artyk mukdarynyň düşmegi) ýalan gapaklaryň kömeginde amala aşyrylýar. Bu gapak gysyp itekleýji klapa arkaly geçmedik suwuklygy aýyrmak üçin oturdylýar. Ýalan gapak hökmünde kompressorlarda gysyp itekleýji klapalary ulanýarlar. Bu klapa buferli pružin arkaly silindriň berkidiji burtigine gysylýar. Buferli pružinler basyşyň  $0.35 \div 0.45 \text{ MPa}$  tapawudynda silindriň diametriniň 0.1 beýikligine ýalan gapagyň galmagyny üpjün etmeli. Gapagyň ýygy-ýygdydan galmagy buferli pružiniň we silindriň berkidiji guşaklarynyň deformasiýasynyň emele gelmegini döretýär, netijede silindrde gysyp itekleýji giňişlikden buguň geçmegi bolup geçýär we kompressoryň öndüriligi peselýär.

Silindre sowadyjy jisimleriň buglary bilen birlikde ýagyň ep-esli mukdarynyň gelýän freonly kompressorlarda hem ýalan gapaklary ulanmak maksadalaýyk. Kiçi kompressorlarda klapanyň galmagyny çaklendirijini ýüklemek üçin ikinji has gaty pružini oturtýarlar. Şeýle goşmaça gurluşlar karterde ýagyň çalt gaýnamagynda howpsuzlygy üojün edýär.

## **BAP 9**

### **SORUJYLAR**

#### **9.1. Sorujylar barada umumy maglumatlar**

Suwuklygyň akymyny döretmek üçin niýetlenen maşyna sorujylar diýilýär. Sorujylar senagatyň ähli pudaklarynda, ulagda ulanylýar. Olar diňe bir özbaşdak maşyn ýa-da agragat hökmünde ulanylman, eýsem çylşyrymly maşynlaryň we desgalaryň düwünleri görnüşinde hem ulanylýar: energetiki gurluşlaryň, ulag maşynlaryň we ş.m.

Sowadyjy desgalaryň suw üpjünçiliginde we sowadyjy jisimleriniň aýlawynda ulanylýan sorujylar, sorujy desgalar, bu ulgamlaryň esasy düwünleriniň biri bolup durýar. Suw üpjünçiligiň ulgamlarynda sorujylar ulanyjylara suwuň berilnegini üpjün edýär. Ýyladyş we gyzgyn suw üpjünçiliginde sorujylaryň kömegi bilen gyzgyn suwlarň aýlawy amala aşyrylýar.

Sorujylaryň ösüşi umumy tehniki ösüş bilen ykjam baglanyşykly. Maşyngurluşygyň, himiýa senagatyň, sowadyjylaryň ösmegi bilen sorujylaryň dürli görnüşlerini döretmek mümkinçilikleri artdy. Häzirki wagtda sorujylar diňe suwy geçirmekde ulanylman, eýsem agressiw gurşawlary (maddalary) geçirmekde hem giňden ulanylýar.

Sorujylaryň esasy terminleri we kesgitlemeleri. DS laýyklykda sorujylar iki esasy topara bölünýär: dinamiki we göwrüm.

Dinamiki sorujylarda suwuklyk gidrodinamiki güýjüň täsiri netijesinde sorujynyň girişi we çykyşy bilen hemişe birleşýän ýapyk bolmadyk göwrümde hereketlenýär.

Göwrüm sorujylarynda suwuklyk ýapyk göwrümde göwrümiň periodiki üýtgemeginiň hasabyna geçirilýär

Dinamiki sorujylar lopastly, inersiýa we sürtülme sorujylaryna bölünýär.

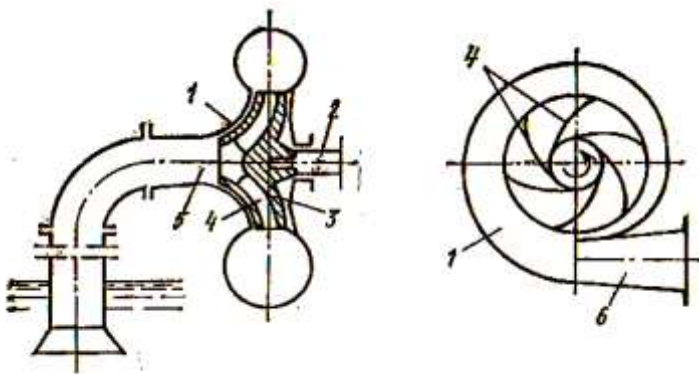
Lopastly sorujylar iki topara bölünýär: merkezden daşlaşýan sorujylar we osly sorujylar.

Sñrtülme sorujylaryna diskaly, labirintlí, hyrly we beýleki görnüşdäki sorujylar degişli. Bu sorujylarda suwuklyk sñrtülme güýjün täsiri astynda hereketlenýär.

Göwrüm sorujylaryň toparyna öňe-yza täsirli sorujylar (porşenli, plunžerli, diaflagmaly) we rotorly (şesternaly, plastinkaly, hyrly we baş.) girýär.

Köplenç sorujylar agregat görnüşinde getirilýär, ýagny özara birikdirilen sorujy we hereketlendiriji. Mundan başga-da, sorujy desga düşüňjesi bar, ýagny berlen şertlerde sorujynyň işini üpjün ediji enjamlaryň toplumy bilen bilelikde jemlenen sorujy agregat.

Sorujynyň esasy görkezijilerine sorujynyň beijiligi degişli. Wagt birliginde sorujynyň berýän suwuklygynyň göwrümüne sorujynyň berijiligi diýilýär. Berijilik  $\text{m}^3/\text{s}$  ýa-da  $\text{m}^3/\text{sag}$  ölçenilýär;  $\text{l/s}$  ölçemeklige hem ýol berilýär. Wagt birliginde berilýän suwuklygyň massasyna sorujynyň massa berijiligi diýilýär. Massa berijilik  $\text{kg/s}$  ýa-da  $\text{kg/sag}$  ölçenilýär.



67-nji surat. Merkezden daşlaşýan sorujynyň shemasy

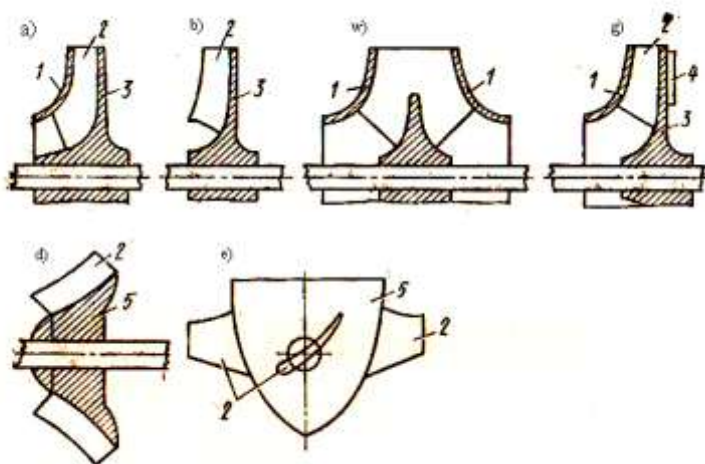
Sorujynyň esasy görkezijilerine, şeýle-de onuň döretýän basyşy we napory degişli. Basyş MPa-da, kPa-da ölçenilýär, napor geçirilýän suwuklygyň sütüninde kesgitlenilýär.

Sorujynyň esasy görkezijilerine onuň kuwwaty we PTK hem degişli.

## 9.2. Lopastly sorujylaryň täsir esaslary

Lopastly sorujylaryň toparyna merkezden daşlaşýan, diagonal we osly sorujylar degişli. Olardan has giňden ýaýrany merkezden daşlaşýan sorujylar.

Merkezden daşlaşýan sorujynyň gurluşy 67-nji suratda getirilen. Spiral forma eýe bolan sorujynyň 1 daşynyň içinde, 2 wala berk berkidilen 3 işçi çarh oturdylan. İşçi çarh öňki we yzky disklerden durýar, olaryň arasynda 4 lopastlar oturdylan. 5 we 6 sowma trubalaryň kömegi bilen sorujynyň daşy (korpusy) sorujy we napor trubageçiriji bilen birleşen.



68-nji surat. Lopastly sorujynyň işçi çarhlaary

a – suwuklyk bir taraplaýyn çykýan ýapyk görnüşli; b – ýarym açyk görnüşli; w – iki taraplaýyn çykyşly (ýapyk görnüşli);

Eger-de suwuklyk bilen dolan daşda we sorujy turbageçirijide işçi çarhy aýlasak, onda işçi çarhyň kanallarynda ýerleşýän suwuklyk, merkezden daşlaşýan güýjüň täsiri



netijesinde çarhyň merkezinden daşyna zyňylar. Netijede çahryň merkezinde selçeňlenme, daşynda ýokary basyş döreýär. Bu basyşyň täsiri netijesinde suwuklyk sorujydan naporly turbageçirijä barýar, we şol bir wagtda suwuklygyň selçeňlenmeginiň (basyşyň peselmeginiň) hasabyna soruja sorujy turbageçiriji arkaly suwuklyk gelýär. Ýeňlelikde merkezden daşlaşýan sorujy arkaly suwuklygyň üznüksiz berilmegi amala aşyrylýar.

Merkezden daşlaşýan sorujylar bir basgançakly (bir işçi çarhly) we köp basgançakly (birnäçe işçi çarhly) bolup biler. Bu ýagdaýda hem onuň işleýiş esasy üýtgemän galýar.

Osly sorujynyň işçi çarhy wtulkany emele getirýär (68-nji surat), oňa birnäçe ganat görnüşli lopastlar berkidilen. Okuň daşyndan çarh aýlananda lopastlar akyma göteriji güýç bilen täsir edýärler, bu güýjüň täsiri astynda suwuklyk oka simmetrik göwrümde hereket edýär, we çarhyň çäklerinde akymyň esasy massasy okuň ugrunda hereketlenýär. Hereket edýän suwuklyk işüi çarhdan öň biraz towlanýar. Suwuklygyň aýlawly hereketini aýyrmak üçin göwrümde işçi çarhdan köbir aralykda göneldiji apparat goýulýar, ol arkaly suwuklyk haporly turbageçirijä barýar.

### **9.3. Merkezden daşlaşýan sorujyda suwuklygyň hereketiniň nazary esaslary**

merkezden daşlaşýan sorujynyň işüi çarhyna suwuklyk aksial görnüşde berilýär. İşçi çarhda suwuklygyň akymynyň ugry okuň ugrundan radiala çenli walyň okuna perpendikulýar üýtgeýär.

İşçi çarhyň kanallaryna suwuklyk  $v_1$  tizlikde barýar, ol kanalda artýar we çarhdan çykanda  $v_2$  tizlige ýetýär.

İşçi çarhyň kanallary boýunça hereket edip, suwuklygyň bölejikleri çylşyrymly hereketi amala aşyrýarlar: aýlawly – işçi çarh bilen u töwerekleýin tizlikli we öňe gidýän –lopastlaryň üstüne görälikde  $\omega$  tizlikli. Göräli tizlik berlen nokatda lopastyň

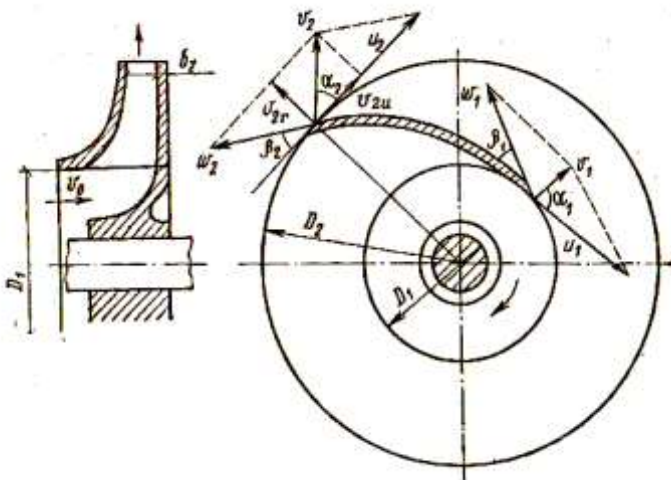
üstüne galtaşýan boýunça ugrukdyrylan, töwerekleýin tizlik  $u$  – bu nokadyň ýerleşýän ýerinde töwerege galtaşýan boýunça ugrukdyrylan. Işçi çarhdan çykanda

$$u_2 = \pi D_2 n \quad (9.1)$$

bu ýerde  $D_2$  – işçi çarhyň diametri, m;  $n$  – aýlaw ýygylgy,  $s^{-1}$ .

Suwuklygyň hereketiniň absolýut tizligi  $v$  ony düzüjileriň geometrik jemine deň:  $v' = \omega' + u'$ .

Mundan başga-da absolýut tizligi  $v$  düzüji radial we töwerekleýin tizlikleriň düşüňjesini girizeliň. Absolýut tizligiň radial düzüjileri  $v_r = v \sin \alpha$ , bu ýerde  $\alpha$  – burç.



69-njy surat. Merkezden daşlaşýan sorujynyň işçi çarhynda suwuklygyň hereketiniň shemasy

Absolýut tizligiň töwerekleýin düzüjileri  $v_u = v \cos \alpha$ .

1 sekuntda suwuklygyň massasynyň hereketiniň mukdarynyň momentiniň üýtgemesine seredeliň. Bu ýagdaýda suwuklygyň hereketine gatnaşýan massa  $m = \rho Q$  ( $\rho$  – suwuklygyň dykzlygy,  $Q$  – sorujynyň berijiligi).

Giriş kese-kesiginde işçi çarhyň okuna görälikde hereketiň mukdarynyň momenti

$$M_1 = \rho Q v_1 r_1, \quad (9.2)$$

Işçi çarhdan çykanda hereketiň mukdarynyň momenti

$$M_2 = \rho Q v_2 r_2, \quad (9.3)$$

bu ýerde  $r_1$  we  $r_2$  – çarhyň okundan giriş we çykyş tizlikleriň wektoryna çenli aralyk.

Güýçleriň momentiniň jemi

$$\sum M_g = M_2 - M_1 = \rho Q (v_2 r_2 - v_1 r_1). \quad (9.3)$$

69-njy surata laýyklykda

$$r_1 = (D_1/2) \cos \alpha_1; \quad r_2 = (D_2/2) \cos \alpha_2,$$

onda

$$\sum M_g = \rho Q (v_2 (D_2/2) \cos \alpha_2 - v_1 (D_1/2) \cos \alpha_1); \quad (9.4)$$

Işçi çarhyň lopastlarara kanallarynyň arasyny doldurýan suwuklygyň massasyna, daşky güýçleriň üç topary täsir edýär: agyrlýk güýji, hasaplama kese-kesiklerde basyşyň güýçleri we suwuklygyň sürtülme güýçleri täsir edýär.

Agyrlýk güýüleriň momenti hemişe nula deň, sebäbi bu güýçleriň egni nula deň. Hasaplama kese-kesiklerde basyşyň güýçleri hem şu sebäbe görä nula deň. Sürtülme güýjüň hasaba alynmaýanlygy sebäpli, bu güýç hem nula deň. Degişlilikde, çarhyň aýlaw okuna görälikde ähli daşky güýçleriň momenti işçi çarh arkaly geçýän suwuklyga onuň täsiriniň dinamiki momentine getirilýär, ýagny

$$\sum M_g = M_k \quad (9.5)$$

Işçi çarh arkaly suwuklyga berilýän kuwwat, ýagny  $M_k$  ululygyň göräli tizlige köpeldilmegi sorujynyň döretýän nazary basyşynyň sarp edilişe köpeldilmegine deň. Degişlilikde,

$$M_k \omega = Q p_n \quad (9.6)$$

(9.5) we (9.6) aňlatmalary hasaba almak bilen (9.4) deňlemäni indiki görnüşde ýazmak bolar

$$Q p_n = \omega \rho Q (v_2 (D_2/2) \cos \alpha_2 - v_1 (D_1/2) \cos \alpha_1); \quad (9.7)$$

Seredilýän kese-kesikde hereketiň geçiş tizlikleri (çarha girende we ondan çykanda) degişlilikde indikä deň:

$$u_1 = \omega D_1/2; \quad u_2 = \omega D_2/2.$$

Olaryň bahasyny (9.7) deňlemä goýup we onuň iki tarapyny  $Q$  bölüp alarys

$$p = \rho(u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1). \quad (9.8)$$

Gidrawlikadan belli bolşy ýaly, napor  $H = p / \rho g$  ýa-da  $p = \rho g H$ . Bu bahany (9.8) deňlemede goýup, alarys

$$H_n = (u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1) / g \quad (9.10)$$

(2.10) baglanyşyk ilkinji bolup Eýler tarapyndan alyndy we Eýleriň deňlemesi diýilip atlandyrylýar.

Sorujynyň döretýän hakyky basyşy we napory nazarydan kiçi, seböbi sorujynyň işleýşiniň hakyky şertler deňleme getirilip çykarylandaky idealdan tapawutlanýar. Soryjynyň döretýän basyşy esasan işçi çarhyň lopastlarynyň ahyrky sanynda suwuklyklaryň bölejikleriniň deňölçegli gyşarmaýanlygy sebäpli absolýut tizligiň kemelmegi netijesinde azalýar. Mundan başga-da, energiýanyň bir bölegi gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmeklige sarp edilýär. Lopastlaryň ahyrky sanynyň täsirini  $k$  düzediş koeffisiemtiň girizilmegi bilen hasaba alynýar. Gidrawliki ýitgileriň netijesinde basyşyň kemelmegi  $\eta_g$  gidrawliki PTK girizilmegi bilen hasaba alynýar. Bu düzedişleri hasaba almak bilen doly basyş

$$P = k \eta_g \rho u_2 v_{2u}; \quad (9.11)$$

doly napor

$$H = k \eta_g \rho u_2 v_{2u} / g. \quad (9.12)$$

$\eta_g$  koeffisientiň bahasy sorujynyň konstruksiýasyndan, onuň ölçeglerinden we çarhyň içki üstleriniň ýerine ýetirilişiniň hilinden bagly. Adatça  $\eta_g$  bahasy 0,8-0,95 aralyklarda ýerleşýär.

Merkezden daşlaşýan sorujynyň we lopastly sorujynyň nazary berijiligini  $Q_n$  ( $m^3/s$ ) akymyň üznüksizliginiň deňlemesinde hasaplamak mümkin

$$Q_n = F v_{or}, \quad (9.13)$$

bu ýerde  $F$  – akymyň kese-kesiginiň meýdany;  $v_{or}$  – bu kese-kesige kadaly akymyň orta tizligi.

#### 9.4. Sorujynyň döretýän basyşy we napory

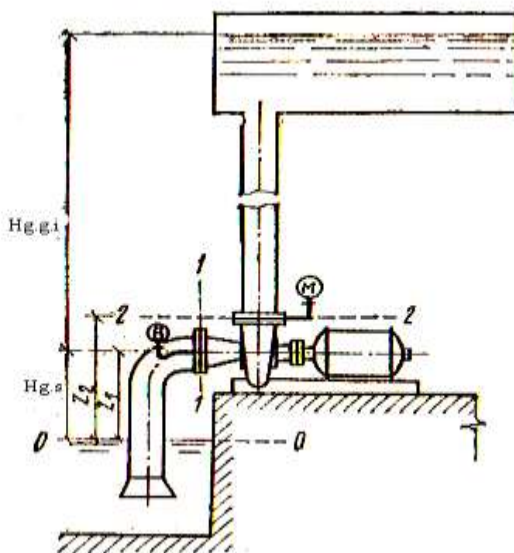
Ulgamda sorujynyň işi suwuklygyň udel energiýanyň, ýagny 1kg suwuklygyň massasyna degişli edilen energiýanyň

köpelmegini döretýär, soruja girende geçirilýän suwuklygyň doly udel energiýasy (1-1 kesik, 70-nji surat)

$$E_1 = z_1 g + p_1 / \rho + v_1^2 / 2,$$

bu ýerde  $z_1$  – deňeşdirme tekizlikden 1-1 kese-kesigiň agyrlyk merkezine çenli aralyk, m;  $p_1$  we  $v_1$  soruja girende suwuklygyň basyşy we tizligi.

Sorujydan çykanda doly udel energiýa (70-nji suratda 2-2 kesige seret)



70-nji surat. Merkezden daşlaşýan sorujynyň shemasy:

B – wakuummetr; M - manometr

$$E_2 = z_2 g + p_2 / \rho + v_2^2 / 2,$$

bu ýerde  $z_2$  – deňeşdirme tekizlikden 2-2 kese-kesigiň agyrlyk merkezine çenli aralyk, m;  $p_2$  we  $v_2$  sorujydan çykanda suwuklygyň basyşy we tizligi.

del energiýanyň köpelmegi ýa-da peýdaly udel iş

$$E_2 - E_1 = p / \rho = (z_2 - z_1) g + (p_2 - p_1) / \rho + (v_2^2 - v_1^2) / 2,$$

bu ýerden sorujynyň döretýän basyşy.

$$p=(z_2 - z_1)\rho g+(p_2 - p_1)+\rho(v_2^2 - v_1^2)/2. \quad (9.14)$$

Gidrawliki hasaplamalar üçin napor düşünjesi ulanylýar:

$$H=p/\rho g.$$

(9.14) deňlemenden agram napor indikä deň:

$$H=(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1)/\rho g + \rho(v_2^2 - v_1^2)/2g. \quad (9.15)$$

(9.15) gatnaşygyň birinji iki agzasynyň jemine manometrik napor diýilýär

$$H_M=(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1)/\rho g, \quad (9.16)$$

degişlilikde, sorujynyň napory

$$H=H_M+(v_2^2 - v_1^2)/2g, \quad (9.17)$$

ýagny, sorujynyň napory manometrik naporyň hem-de sorujynyň sorujy we gysyp itekleýji sowma turbalarynda tizlikli naporlaryň tapawudynyň jemine deň.

## 9.5. Nasosyň kuwwaty we peýdaly täsir koeffisienti

Kuwwaty – wagt birligindäki işi – berijiligiň, basyşyň ýa-da naporyň kabul edilen ölçeglerinden baglylykda birnäçe gatnaşyklarda kesgitlemek mümkin. Eger-de berijilik  $Q$  m<sup>3</sup>/s, nasosyň basyşy MPa aňladylan bolsa. Onda peýdaly kuwwat  $N_p$  (kWt) indik formuladan kesgitlenilýär:

$$N_p=1000Qp. \quad (9.18)$$

kg/s aňladylan massalaýyn berijilikde  $Q_p$ ,

$$N_p = 1000Q_p\rho/\rho \quad (9.19)$$

Eger-de sorujynyň napory geçirilýän suwuklygyň m sütüninde aňladylan bolsa, onda

$$N_p=0,001\rho gQH. \quad (9.20)$$

20°C temperaturadaky suw üçin ( $g=9.81$  m/s<sup>2</sup>)

$$N_p=9.81QH. \quad (9.21)$$

Eger-de suwuň berijiligi m<sup>3</sup>/s, napor m suw süt. aňladylan bolsa, onda

$$N_p=0.0027QH. \quad (9.22)$$

Eger-de kuwwaty l.s. aňlatmaly bolsa, onda ony indiki formuladan hasaplaýarlar:

$$N_p = \rho g Q H / 75 \quad (9.23)$$

Nasosyň kuwwaty, ýagny sorujynyň sarp edýän kuwwaty

$$N = N_p / \eta \quad (9.24)$$

bu ýerde  $\eta$  – sorujynyň PTK.

(9,24) formuladan görnüşi ýaly, sorujynyň PTK-i peýdaly kuwwatyň sorujynyň kuwwatyna gatnaşygyny aňladýar

$$\eta = N_p / N. \quad (9.25)$$

Sorujynyň peýdaly täsir koeffisienti geçirilýän suwuklyga energiýa berilende döreýän gidrawliki, göwrüm we mehaniki ýitgileri hasaba alýar. Soruja girenden we ondan çykýança suwuklyk hereketlenende gidrawliki garşylyklary ýeňmeklige sarp bolýan energiýanyň ýitgilerine *gidrawliki ýitgiler* diýilýär, ýagny sorujy apparatda, işçi çarhda we gysyp itekleýji sowma trubada. Gidrawliki ýitgiler sorujynyň gidrawliki PTK bilen bahalandyrylýar

$$\eta_g = N_p / (N_p + N_g), \quad (9.26)$$

bu ýerde  $N_p$  – sorujynyň peýdaly täsir koeffisienti;  $N_g$  – sorujyda gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmeklige sarp edilýän iş.

Göwrüm ýitgileri suwuklygyň bir böleginiň ýokary basyşyň meýdanyndan pes basyşyň meýdanyna (sorujynyň sorujy bölegine) geçmegi we salnik arkaly suwuklygyň syzmasynyň hasabyna döreýär. Göwrüm ýitgiler sorujynyň göwrüm PTK bilen bahalandyrylýar

$$\eta_0 = N_p / (N_p + N_0), \quad (9.27)$$

bu ýerde  $N_0$  – suwuklygyň geçmegi we syzmasy netijesinde ýitirilen kuwwat.

Mehaniki ýitgiler podşipniklerdäki, salniklerdäki we işçi çarhyň ýüklenme disklerindäki sürtülme ýitgileriň, şeýle-de suwuklykda işçi çarhyň daşky üstüniň sürtülme ýitgisiniň jeminden durýar. Mehaniki ýitgiler sorujynyň mehaniki PTK bilen häsiýetlendirilýär

$$\eta_m = (N_p + N_m) / N_p, \quad (9.28)$$

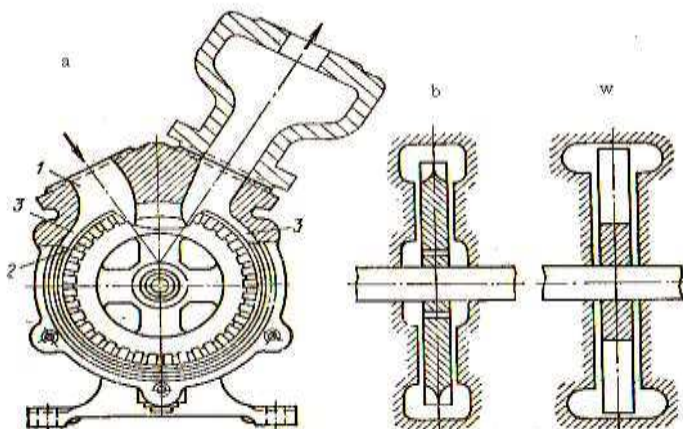
bu ýerde  $N_m$  – mehaniki ýitgileri ýeňip geçmeklige sarp edilen kuwwat.

Sorujynyň peýdaly täsir koeffisienti gidrawliki, göwrüm we mehaniki koeffisientleriň köpeldilmeine deň

$$\eta = \eta_1 \eta_0 \eta_m \quad (9.29)$$

## 9.6. Hyrly we merkezden daşlaşýan-hyrly sorujylar

Sorujylaryň bu toparynda suwuklygyň akymy sürtülme we inersiýa güýçleriň hasabyna döredilýär (mysal üçin, hyrly, wibrasiýaly, labirintlil, sorujylar). Hyrly sorujynyň täsir esaslary 71-nji suratda getirilen. Suwuklyk halkaly kanalyň 1 girişinde pilçeler arkaly tutulyp alynýar, 2 pilçelerara giňişlige düşýär we soňra ýene-de 5 halkaly kanala zyňylýar. Işçi çarhyň bir aýlawynda suwuklygyň bölejigi pilçeler arkaly birnäçe gezek tutulýar we halkaly kanallara zyňylýar. Şeýlelikde, halkanyň pilçelerara giňişligini geçende halkaly kanala girenden ondan çykýança suwuklyk energiýanyň birnäçe gezek köpelmegine getirýär. Şunuň bilen baglylykda işçi çarhyň şol bir diametrinde hyrly sorujylar merkezden daşlaşýan sorujylar bilen deňeşdirilende 2 – 4 esse napory köp döretýär. Şol sebäpli hyrly 71-nji surat. Hyrly sorujy:

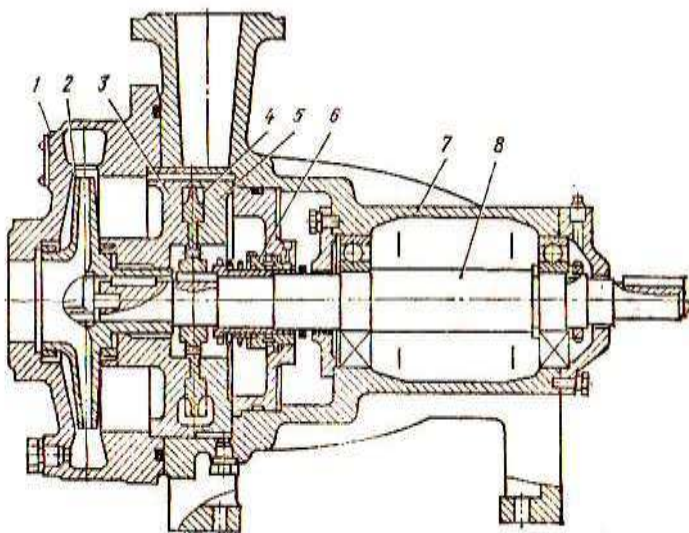




a – sowma turbalaryň oky boýunça dikligine kesigi; b – ýapyk görnüşdäki çarh; w – açyk görnüşdäki çarh

sorujylar meňzeş parametrler merkedden daşlaşýan sorujylar bilen deňeşdirilende kiçi göwrüme we massa eýe. Hyrly sorujylaryň esasy artykmaçlygy, olar öz-özünden sorujylyga eýe, şonuň üçin olaryň ulanma işleri has ýeňilleşýär.

Hyrly sorujylaryň işçi çarhy açyk we ýapyk görnüşde bolýar. Açyk çarhlarda adatça 12-den 24 çenli pilçeler, ýapykda – 18-den 30 çenli pilçeler bolýar.



72-nji surat. Merkezden daşlaşýan-hyrly sorujy:

1 – daşyň gapary; 2 – merkezden daşlaşýan çarh; 3 – daşyň oturtmasy;  
4 – hyrly çarh; 5 – daş; 6 – salnik; 7 – kronşteýn; 8 -wal

Hyrly sorujylar 25-100m naporda  $1-50\text{m}^3/\text{s}$  berijilikde öndürilýär. Soruş beýikligi 4 – 8 m çäklerde ýerleşýär. Hyrly sorujynyň döretýän naporyny indiki formuladan kesgitlemek bolar

$$H=\Psi u^2/2g \quad (9.30)$$

bu ýerde  $\Psi$  – ýapyk görnüşdäki çarhlar üçin 3,3 – 4,5 deň bolan koeffisient;  $u$  – töwerekleýin tizlik.

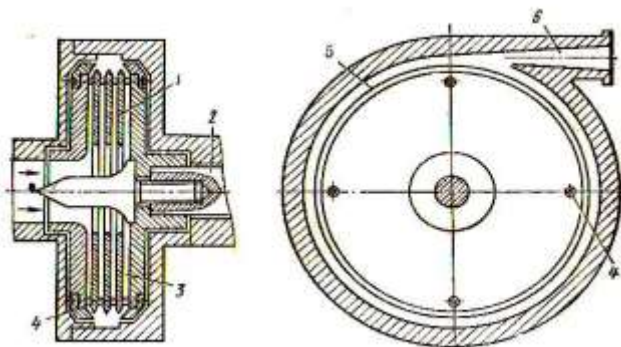
Hyrly sorujylar kiçi berijilikde uly napory döretmek zerurlygy ýüze çykanda ulanylýar.

Merkezden daşlaşýan- hyrly sorujylarda iki sany işçi çarh bar merkezden daşlaşýan we hyrly. Merkezden daşlaşýan çarh hyrlydan ön ýerleşýär, ýagny suwuklyk ilki merkezden daşlaşýan çarha düşýär, bu ýerde uly bolmadyk basyş döredilýär, bu basyş soňra hyrly çarhda ýokarlanýar. İşçi çarhlaryň şeýle utgaşdyrlmasynda kiçi berijilikde uly napor alynýar.

72-nji suratda getirilen merkezden daşlaşýan-hyrly sorujylar 14 – 36 m<sup>3</sup>/s berijilikde we 280m çenli naporda öndürilýär.

## 9.8. Diskaly, labirintlí we göwrümli sorujylar

Sürtülmeli sorujylaryýene-de bir görnüşi diskaly sorujylar. Ol 1911 ýylda teklipl edildi. Bu sorujylar gurluşy boýunça has ýönekeý we beýleki sorujylar bilen deňeşdirilende artykmaçlyga eýe. Diskaly sorujynyň gurluşy 73-nji suratda getirilen. Ol 2 wala oturdylan birnäçe 1 disklerden durýar,

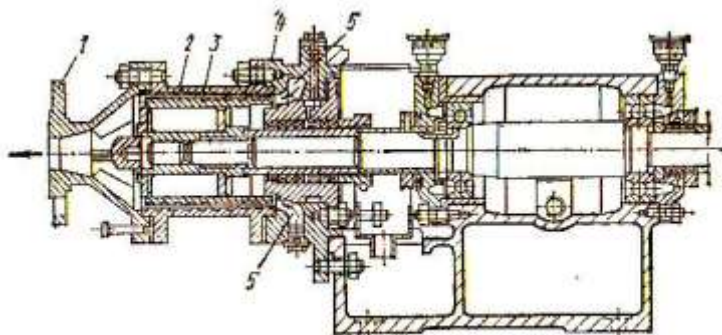


73-nji surat. Diskaly sorujynyň shemasy

diskleriň arasynda uly bolmadykinde 3 giňişlik emele gelýär. Diskleriň merkezinde suwuklygyň gelmegi üçin yşlar goýulan, diskiň daşky gyrasy boýunça birnäçe nokatlarda olar 4 birleşdirilen. Sorujynyň rotory aýlananda, diskleriň arasyndaky yşda ýerleşýän suwuklyk, sürtülmäniň hasabyna diskler arkaly aýlanýar we işçi çarhyň energiýasy geçirilýän suwuklyga berilýär. 6 diffuzorda kinetiki energiýa basyşyň energiýasyna öwrülýär.

Ýokary şepbeşikli suwuklyklary geçirmek mümkinçilikleri, konstruksiýasynyň ýönekeýligi we ş.m. bu görnüşdäki sorujylaryň esasy artykmaçlygy bolup durýar.

Labirintlil sorujylar täsiri boýunça hyrly sorujylara ýakyn. Bu görnüşdäki sorujy (74-nji surat) esasan silindrik şnekden we oboýmadan durýar. Bu elementlerde gapma-garşylykly ugrukdyrylan hyrly kanallar bar.



74-nji surat. Labirintlil sorujylar

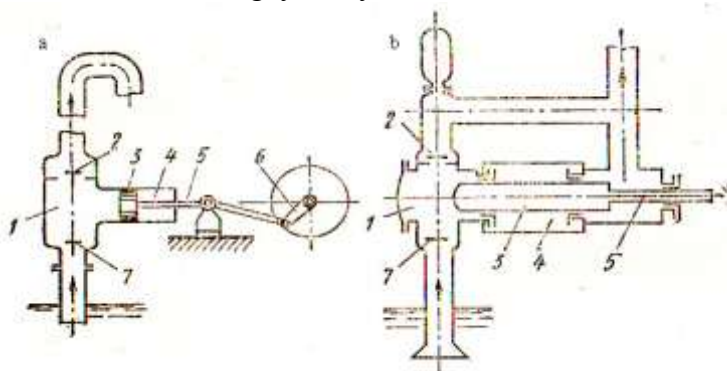
1 – naporly sowma truba; 2 – oboýma; 3 – rotor; 4 – daş; 5 – sorujy kanaldan sowma turba

*Göwrümlil sorujylar.* Göwrüm sorujylara dürli görnüşdäki sorujylaryň uly sany degişli: porşenli, plunžerli, diafragmaly, hyrly we başgalar. Göwrüm sorujylaryň has ýaýranlaryna porşenli we plunžerli sorujylar degişli. Porşenli sorujynyň gurluşyny we täsir esasyny 75-nji suratdan (a) bilmek

mümkin. Şeýle sorujy sorujy we gysyp itekleýji klapany işçi göwürüden we öňe-yza hereketi amala aşyrýan porşenli silindre eýe. İşçi göwürüme sorujy we gysyp itekleýji trubageçiriji hem birikdirilen.

Bir siklde, ýagny kriwoşipli walyň bir öwürüminde, silindre suwuklyk sorulýar we soňra gysyp çykarylýar.

Iki taraplaýyn täsirli plunžerli sorujyda (75-nji surat, b ýagdaý) porşeniň iki giňişligi hem işçi bolup durýar, we göni ugurda porşeniň bir ädiminde suwuklygyň sorulmasy we gysyp iteklenmesi bolup geçýär. Bu prosesler porşen yzyna hereketlenende hem gaýtalanýar.



75-nji surat. Öňe-yza hereketlenýän sorujylaryň shemasy:

a – bir taraplaýyn täsirli porşenli sorujy; b – iki taraplaýyn täsirli plunžerli sorujy; 1 – işçi göwürü; 2 – napor klapany; 3 –porşen(plunžer); 4 – silindr; 5 – ştok; 6 – kriwoşip; 7 – sorujy klapany

Bir taraplaýyn täsirly sorujynyň nazary berijiligi porşeniň ýa-da plunžeriň meýdanynyň  $F$  onuň ädimine  $S$  we wagt birliginde aýlaw sanyňa köpeldilemegine deň:

$$Q = FSn \quad (9.31)$$

Iki taraplaýyn täsirli porşenli sorujynyň hakyky berijiligi  $Q$  aşakdaky formuladan kesgitlenilýär:

$$Q = \eta_0 60 (2F - f) Sn \quad (9.32)$$

Bu ýerde  $f$  – ştogyň kese=kesiginiň meýdany.

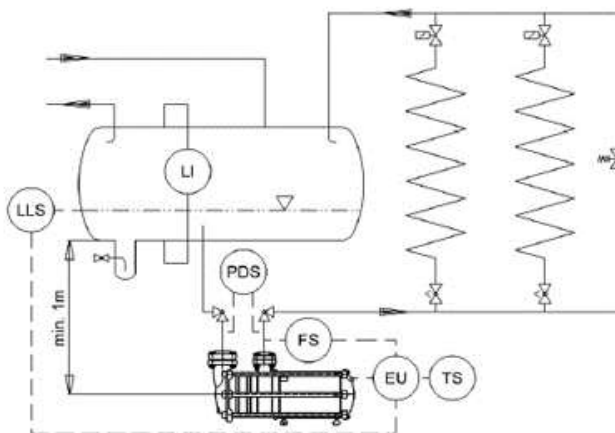
## 9.9. WITT kysymly senagatda ulanylýan freon we ammiak sorujylary

HRP görnüşdäki germetiki sorujylar WITT sowadyjynyň içinde sowadyjy jisimiň aýlawyny amala aşyrmak üçin niýetlenen. Olar ýerine ýetirilişi we iş şertleriniň



temperatura we basyş çäkleri boýunça belgilenýär. Sowadyjy jisimler üçin ulanylýan sorujylar howpsuzlyk düzgünleriniň ýörite talaplaryna laýyklykda taýýarlanylýar.

Täsir esaslary. Sirkulýasion reiswerden sowadyjy jisim sorujynyň sowma turbasyna barýar, bu ýerde sorujy süzgüç ýerleşen. Sorujynyň giriş gidrodinamiki garşylygyň kinstruktiv



ölçegler boýunça peseldilen. Sowadyjy jisimiň basyşy işçi çarhyň we ugrukdyryjy halkalaryň kömegi bilen ýokarlanýar. Sorujyda oturdylan ežektor podýipnikleriň we elektirk hereketlendirijiniň ýeterlik sowamagyny üojün edýär. waldaky yş arkaly sowadyjy jisimiň bir bölegi podşipniklere barýar.

Aralyk halkanyň ýokarky böleginde kiçijik baýpasly yş bar. Ol sorujynyň sorujy we napor tarapyny birleşdirýär. Jemlenýän buglar bu yş arkaly sorujy tarapa aýyrylýar we bu ýerden aýlawly resiwere barýar.

HRP 3232 görnüşli sorujynyň konstruksiýasy walyň wertikal ýerleşmesinde buguň emele gelýän buglaryny ýüze çykarmak bilen aýyrýar.



Gorizontal wally sorujylarda podşipnigiň iýilmesini görkeziji abzal oturdylýar. Ol sorujynyň daşynda ýerleşýär we zerur maglumatlary almaga mümkinçilik berýär.

Uly sowadyjy desgalarada sorujylary bugardyja sowadyjy jisimiň eltilmegi üçin ulanylýar. sorujyly-aýlawly sowuküpjünçiligiň usuly 76-njy suratda getirilen.



Ammiak we freon üçin GP görnüşdäki WITT salnikli sorujy. GP görnüşdäki WITT salnikli sorujy sowadyjy jisimleriň aýlawyny amala aşyrmak üçin niýetlenen.

Ýerine ýetirýän wezipesi.

Aýlawly resiwerden suwuk sowadyjy jisim sorujynyň sorujy sowma turbasyna barýar, bu ýerde sorujy süzgüç oturdylan. Sorujynyň giriş gidrodinamiki garşylygy konstruktiv ölçeglerde bilen peseldilen. Sowadyjy jisimiň basyşy işçi çarhyň we ugrukdyryjy halkalaryň kömegi bilen ýokarlanýar. Ugrukdyryjy halkalardaky gapdal kanallar bug-suwuklykly garyndynyň akymyň ugruny üýtgetmezden geçirmäge mümkinçilik berýär.

## Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin 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. Бежанишвили Э.М. Холодильные компрессоры М. 1981
13. Пластинин П.И. Теория и расчет поршневых компрессоров М. 1987.

14. Польшман. Учебник по холодильной технике: Основы-Комплекующие-Расчеты. М. Пищевая промышленность, 2004.
15. Спиральные компрессоры в холодильных системах. Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Монография. Рязань Узорочье, 2003.
16. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем Бабакин Б.С. Монография. Рязань Узорочье, 2003
17. Френкель М.И. Поршневые компрессоры Ленинград. 1969.
18. Чуклин С.Г. Примеры расчетов холодильных установок 1986.



## MAZMUNY

	Giriş	7
<b>BAP I.</b>	<b>Porşenli kompressorlar</b>	
1.1.	Umumy maglumatlar	9
1.2.	Esasy kesgitlemele	13
1.3.	Porşenli kompressoryň paýlaýjy organlary	17
1.4.	Indikator diagramma	18
1.5.	Energetiki balans	20
1.6.	Ideal kompressor	21
1.7.	Ideal kompressoryň indikator diagrammasy	22
1.8.	Ideal kompressorda gazyň gysylmagy we ýerini üýtgetmegi üçin zerur iş	23
1.9.	Ideal kompressoryň görnüşleri	25
1.10.	Real bir basgançakly kompressor	28
1.11.	Real kompressoryň idealdan tapawudy	29
1.12.	Real kompressoryň indikator diagrammasy. Real kompressorda işçi prosesleriň aýratynlygy	31
1.13.	Real kompressoryň öndürjiligi. Berijilik koeffisienti	35
1.14.	Kompressoryň öndürjiligine porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň täsiri	37
1.15.	Bir basgançakly hakyky kompressoryň indikator kuwwaty	41
1.16.	Hakyky kompressoryň hereketlendirijisi üçin zerur iş	44
1.17.	Bir basgançakly kompressoryň peýdaly täsiri koeffisinti	45
1.18.	Bir basgançakly porşenli kompressoryň esasy ölçegleri kesgitlemek	47
1.19.	Köp basgançakly gysylma. Köp basgançakly kompressor	52
1.20.	Nazary köp basgançakly gysylma	53

1.21.	Bir basgançakly gysylmadan köp basgançakly gysylma geçmeli sebäpleri	55
1.22.	Gysylma basgançakly sanyny saýlamak	57
1.23.	Porşenli kompressoryň hasaplamalarynda gazyň realdygyny hasaba almak	59
1.24.	Kompressoryň shemasy we gurkaşy. Esasy üleşleriň (detallaryň) konstruksiýasy	62
1.25.	Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressor	63
1.26.	Porşenli bir basgançakly kreýskopsyz kompressor	76
1.27.	Klapanlar. Porşenli kompressoryň öz-özünden hereketlenýän klapanlaryň hasaplamasy	82
1.28.	Klapanlar nazaryýetiniň esasy düşüňjeleri	86
<b>BAP II.</b>	<b>Rotorly kompressorlar</b>	
2.1.	Umumy maglumatlar	91
2.2.	Rotorly sowadyjy kompressorlaryň nazaryýetiniň esaslary	94
2.3.	Rotorly kompressoryň konstruksiýasy we shemasy	100
<b>BAP III.</b>	<b>Spirally kompressorlar</b>	<b>105</b>
<b>BAP IV.</b>	<b>Hyrly kompressorlar</b>	
4.1.	Umumy maglumatlar	111
4.2.	Nazaryýetiň we hasaplamanyň esaslary	114
4.3.	Hyrly kompressoryň göwrüm öndürijiligi	117
4.4.	Berilýän ýagyň mukdary	112
4.5.	Kompressorlary we kompressor agregatlaryň konstruksiýasy, shemasy we häsiýetnamasy	123
<b>BAP V.</b>	<b>Merkezden daşlaşýan kompressorlar</b>	
5.1.	Umumy maglumatlar	130
5.2.	Merkezden daşlaşýan kompressorlary hasaplamagyň esaslary	140

<b>BAP VI.</b>	<b>Sowadyjy kompressor üçin ýaglar</b>	
6.1.	Esasy alamatlar	146
6.2.	Ýaglary synamak	149
<b>BAP VII.</b>	<b>Kompressoryň ygtybarlygy</b>	
7.1.	Esasy kesgitlemeler, görkezijiler	151
7.2.	Ygtybarlygyň mukdar görkezijileri	154
<b>BAP VIII.</b>	<b>Kompressoryň gorag elementleri we abzallary</b>	159
<b>BAP IX.</b>	<b>Sorujylar</b>	
9.1.	Sorujylar barada umumy maglumatlar	162
9.2.	Lopastly sorujylaryň täsir esaslary	164
9.3.	Merkezden daşlaşýan sorujyda suwuklygyň hereketiniň nazary esaslary	165
9.4.	Sorujynyň döretýän basyşy we napory	168
9.5.	Nasosyň kuwwaty we peýdaly täair koeffisienti	170
9.6.	Hyrly we merkezden başlaşýan-hyrly sorujylar	172
9.7.	Diskaly, labirintli we göwrümi sorujylar	174
9.8.	WITT kysymly senagatda ulanylýan freon we ammiak sorujylary	177
	Edebiýatlar	179