

A. Annageldiýew, S. Nazarow

KOMPRESSORLAR WE NASOSLAR

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat
Türkmen döwlet neşirýat gullugy
2014

Annageldiyew A., Nazarow S.

A 63 **Kompressorlar we nasoslar.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2014.

Okuw kitaby «Kompressorlar we nasoslar» dersiniň okuw maksatnamasyna laýyklykda taýýarlanyldy. Kitapda kompressorlaryň we nasoslaryň nazary hasaplamalary, görnüşleri, işleýiş usullary we aýratynlyklary, olarda bolup geçýän prosesler we başga-da birnäçe maglumatlar getirilýär.

Okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň talyplaryna niýetlenen bolup, ondan degişli orta hünär okuw mekdepleriniň talyplary we bu ugurda işleýän hünärmenler okuw gollanma hökmünde peýdalanyň bilerler.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndýrmaz siller,
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

GIRIŞ

Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwrüniň aýdyň ýoly bilen öňe barýan Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistanda, hormatly Prezidentimiziň parasatly ýolbaşçylygynda geljekki ösüşleriň, tutumly işleriň berk binýady tutulýar. Ähli ugurlar bilen bir hatarda ylym-bilim ulgamy hem uly ösüşler we özgerişler ýoluna düşdi. Hormatly döwlet Baştutanymyz 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 alnyp barylýan uly işler, ylym-bilim ulgamyndaky özgertmeler ýaşlaryň dünýä derejesinde bilim almaklary üçin ähli mümkinçilikleri berýär.

Kompressorlar we nasoslar barada aýdanymyzda, bu desgalar sowadyjy ulgamda esasy enjamlaryň biri bolup durýar.

Gazyň ýa-da buguň basyşynyň artmagyny amala aşyran maşyna *kompressor* diýilýär. Başga söz bilen aýdylanda, kompressor – gaza ýa-da buga daşyndan energiýa bermek we onuň potensial energiýasyny gazyň ýa-da buguň basyşyna öwürmek üçin niýetlenen maşyn diýmekdir. Kompressoryň birnäçe görnüşleri bar. Kompressor maşynlary esasan sowadyjy desgalarda, nebit we gaz pudagynda, himiýa senagatynda giňden ulanylýar.

Kompressorda energiýanyň gaza nähili usul bilen berilýändigini we gazyň basyşyny ýokarlandyrmak üçin haýsy fiziki hadysanyň

ulanylýandygyny göz öňüne tutup, ähli kompressorlary üç topara bölmek mümkin:

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

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

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

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

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

I bap

PORŞENLI KOMPRESSORLAR

1.1. Umumy maglumatlar

Porşenli kompressorlar (PK) sowuk öndürijiliginiň ululygy, konstruktiv we funksional alamatlary, işçi maddanyň görnüşi boýunça toparlara bölünýär. Sowuk öndürijiligi boýunça kiçi, orta we uly kompressorlary tapawutlandyrýarlar:

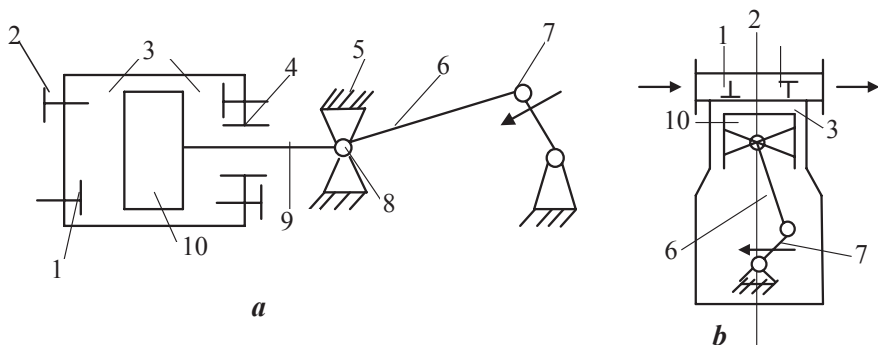
Kiçi kompressorlar $Q_0 - 12$ kWt-a çenli,
Orta kompressorlar $Q_0 - 12 \div 120$ kWt.
Uly kompressorlar $Q_0 - 120$ kWt-dan ýokary.

Konstruktiv alamaty boýunça kompressorlaryň şu görnüşlerini tapawutlandyrýarlar: kreýskopfly we kreýskopfsyz; ýönekeý we iki taraplaýyn gysýan; göni akymly we göni akymsyz; blok karterli we blok silindrlil; hereketlendirijisi daşynda we içinde ýerleşdirilen; silindrleri gorizontall, 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 (*1-nji surat*).

Göni akymly kompressorlarda bug işiň gidişiniň ähli dowamyn-da 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 üýtgedýär.

Blok karterli konstruksiýalar umumy guýlan silindre we kartere eýedir. Blok silindrlil konstruksiýalar häzirki wagtda seýrek ulanylýar, bu ýerde karteriň we silindriň blogy biri-birine bolt bilen birikdirilýän aýry-aýry detallardyr.



1-nji surat. Porşenli kompressoryň görnüşleri:

- a*—kreýskopfly; *b*—kreýskopfsyz; 1—sorujy klapany; 2—gysyp itekleýji klapany;
3—silindriň içşi giňişligi; 4—ştoгы berkidiýji; 5—kreýskopfy ugrukdyryjy;
6—şatun; 7—kriwoşip (tirsekli wal); 8—kreýskopf; 9—ştok; 10—porşen

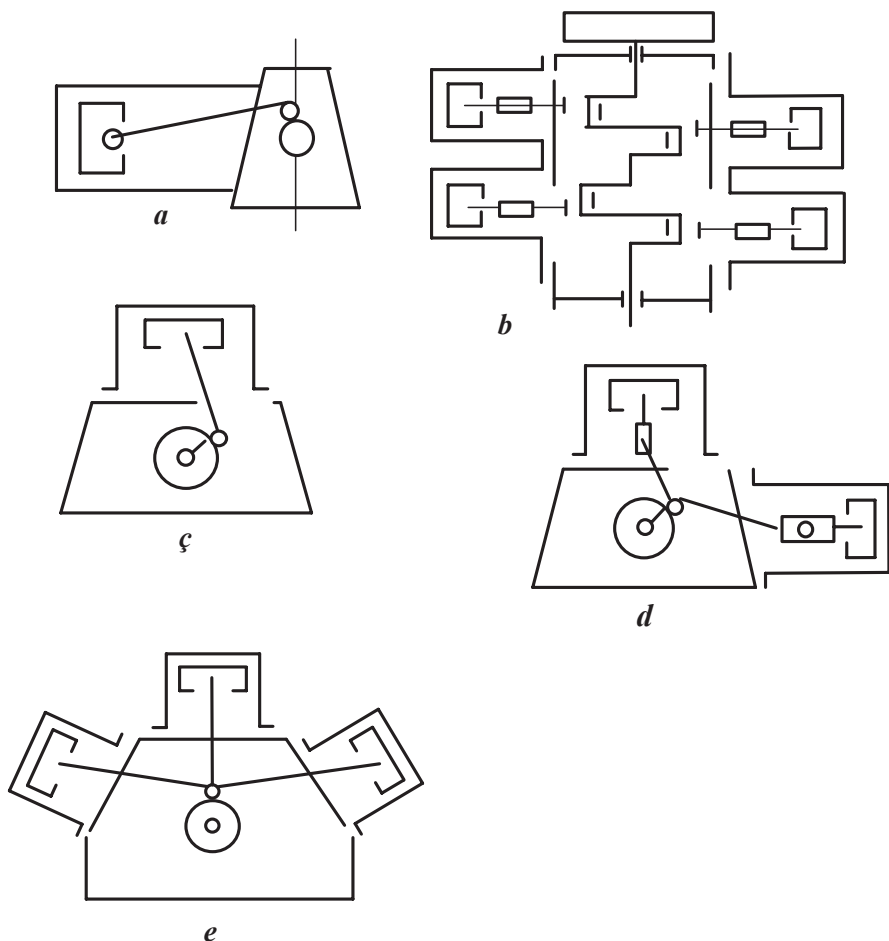
Priwody daşynda ýerleşen ýa-da salnikli kompressorlar dwigatel bilen mufta ýa-da remen berijilik arkaly birleşýär. Salniksiz kompressorlarda elektrodwigatel karterde ýerleşýär.

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 kompressorlarda, ýag sürtülýän üstlere pürkülmegiň hasabyna berilýär. Ýaglamagyň mejbury ulgamlarynda ýag nasos arkaly döredilýän basyş astynda berilýär.

Funksional alamatlary boýunça, şeýle-de konstruktiw aýratynlyklary boýunça kompressorlary toparlara bölmek mümkin: durnukly (stasionar) we ulag (transport); ýokary, orta we pes temperaturaly; bir, iki we köp basgançakly; öndürijiligi sazlaýjy gurluşly we öndürijiligi sazlaýjy gurluşsyz.

Silindrde çalyşm ýagsyz işleýän kompressorlary sowadyjy kompressoryň aýry toparyna bölmek mümkin. Olar möhüm artykmaçlyga eýe, ýagny ýylylyk çalşyjy apparatlary ýag bilen hapalamayarlar we şunuň bilen birlikde olaryň işiniň effektiwligini ýokarlandyryýarlar.



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

a–gorizontal; *b*–oppozit; *ç*–wertikal; *d* – *L* görnüşli; *e* – *W* görnüşli

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

Göwrümlü kompressorda ýapyk göwrümi kiçeltmek arkaly gazyň basyşyny ýokarlandyrýarlar. Ýapyk boşlugyň kiçelmegi göwrüm birliğinde molekullaryň konsentrasiýasynyň ýokarlanmagy bilen bolup geçýär.

Göwrümli kompressorlarda gysylma ýagdaýy periodiki bolup geçýär. Göwrümli kompressoryň işçi göwrümi hökmany kä ulalmaly, käte kiçelmeli. İşçi giňişligi 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 ýaýrandyr. Olar kompressorlaryň beýleki görnüşlerinden tygşylylygy, ýönekeý gurluşy, bejeriş ýenillikleri, örän berkligi bilen tapawutlanýarlar.

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

Porşenli kompressorlary silindrleriň ýerleşişi (*2-nji surat*) – we döredýän gazynyň basyşy boýunça toparlara bölmek mümkin: pes basyşly – 0,1 MPa çenli, orta basyşly – 1,0-dan 10 MPa çenli, ýokary basyşly – 100 MPa çenli we has ýokary basyşly – 100 MPa we ondan hem köp; gysylan gazyň hili boýunça (howaly, gazly, sowadyjyly); gysyjylyk basgançagynyň sany boýunça (bir basgançakly, iki basgançakly, köp basgançakly). Şeýle hem, porşenli kompressorlar silindri ýaglanýan we ýaglanmaýan kompressorlara, suw we howa bilen sowadylýan kompressorlara bölünýärler.

1.2. Esasy kesgitlemeler

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

Porşen bilen häsiýetlendirilýän göwrüm. Porşenli kompressorlarda hasaplamalar geçirilende köplenç, «silindriň işçi göwrümi» (V_h') (m^3) düşüňjesi ulanylýar, ýönekeý gurluşly (hereketli) silindrlar

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 silindrlar üçin onuň bahasy V'_h -niň tirsekli walyň aýlaw ýygylgyna n_o ($1/\text{s}$) köpeldilmegi bilen kesgitlenilýär.

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

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

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

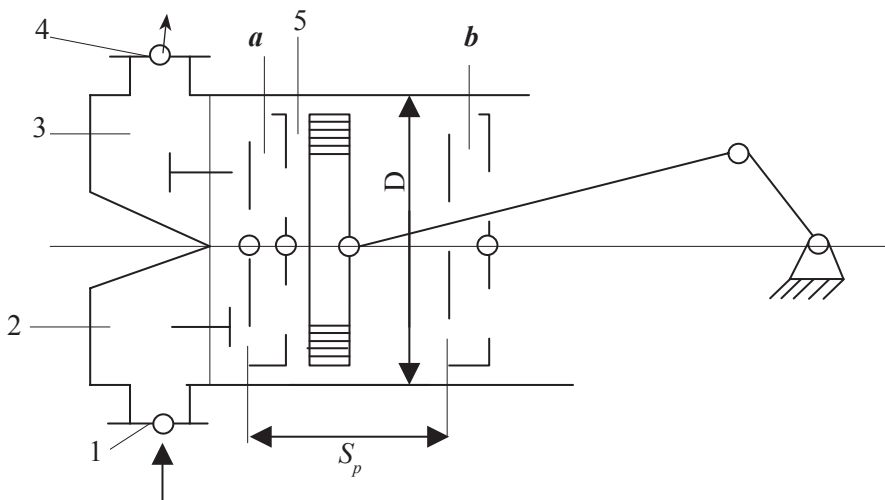
Iki taraplaýyn hereketlenýän kompressorlar üçin häsiýetlendiriji göwrüm (4-nji surata seret):

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

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

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

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



3-nji surat. Ýönekeý hereketli kompressor:

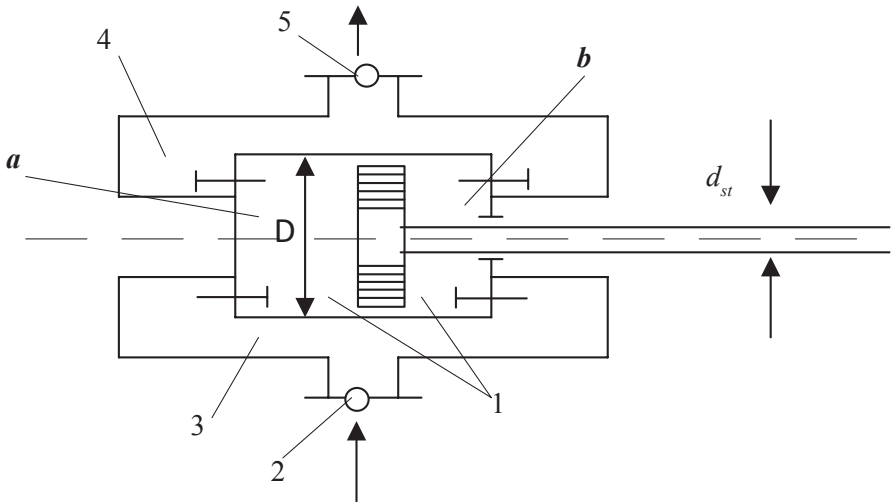
a – porşeniň ýokarky çägi; b – porşeniň aşaky çägi; 1 – sorulmanyň standart nokady;

2 – sorulma giňişligi; 3 – gysyp iteklenme giňişligi;

4 – gysyp iteklenmäniň standart nokady; 5 – silindriň işçi giňişligi

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

bu ýerde $\alpha_{st} = d_{st}/D$.



4-nji surat. Iki taraply hereketlenýän kompressor:

- 1 – silindriň giňişligi (a – gapagyň giňişligi, b – ştoguň giňişligi);
 2 – sorulmanyň standart nokady; 3 – sorulma 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 porşeniň we silindriň gapagynyň arasyndaky yşdan (porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly göwrümi), silindriň boşlugyny klapanyň baglama elementleri bilen birleşdirmek üçin niýetlenen nokatlarynyň göwrüminden (klapanda porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi) we dürli boşluklaryň göwrümünden (goşmaça porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligi) durýar. Haçanda, porşen ýokarky çäkke ýerleşende, silindriň boşlugyndaky porşeniň täsiri ýetmeýän giňişligi 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 bilmeýändigini bilen

şertlenen. Birnäçe sebäplere göre ýokarky çäkke porşeniň we silindriň gapagynyň arasynda hökman yş bolmaly.

Ýokarky çäkke ýerleşen porşeniň we silindriň gapagynyň arasyndaky yşyň ululygyny $S_{\text{ç.g.}}$ (mm) (kompresoryň porşeniniň täsiri ýetmeýän çyzykly göwrümi) porşeniň doly hereketiniň S_p (mm) ululygyna baglylykda aşakdaky formula bilen tapyp bolar:

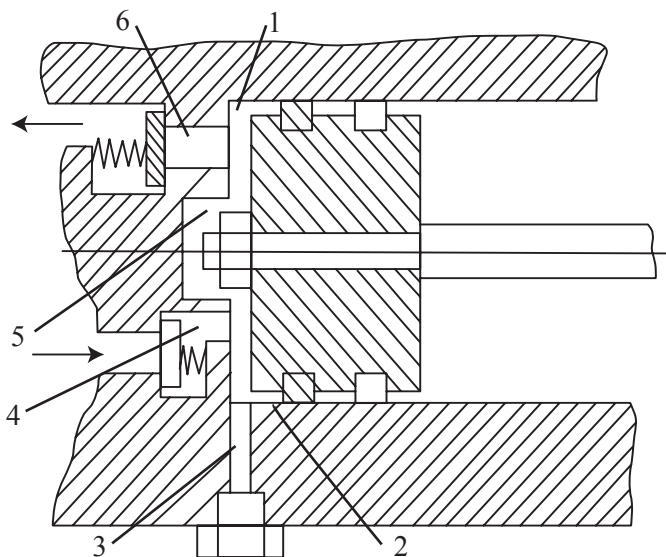
$$S_{\text{ç.g.}} \approx 0,005S_p + 0,5. \quad (1.8)$$

Akabalardaky porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi we porşeniň täsiri ýetmeýän goşmaça göwrümleri 5-nji suratda görkezilendir. Giňişlikdäki porşeniň täsiri ýetmeýän doly ululygy:

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

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

Göräli we getirilen porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümleri. Hasaplama baglanyşyklarynda ölçegsiz ululyklary ulanmak kabul



5-nji surat. Porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümler:

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

edilen – porşeniň täsiri ýetmeýän göräli göwrümi a_g , ýagny, porşeniň täsiri ýetmeýän doly göwrüminiň $V_{d,g}$ berlen silindriň boşlugynda porşeniň bir öwrümünde şekillendirýän göwrümüne V'_h bolan gatnaşygy:

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

Köplenç, a_g göterimlerde (prosentlerde) getirilýär.

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

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

a_g we $S_{d,g}$ bahalaryny silindriň her bir boşlugy üçin aýratynlykda kesgitleýärler. Häzirki zaman porşenli kompressorlarynda $a_g = 0,015 \div 0,05$ (1,5 – 5%).

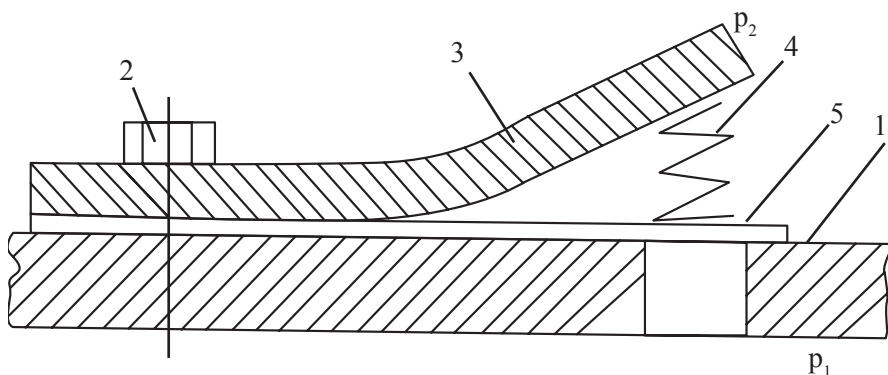
Basyşyň göräli ýokarlanmasy. Köplenç kompressorlarda «kompressorda basyşyň göräli ýokarlanmasy» (ε) düşüňjesi ulanylýar. Ol gysyp iteklenme basyşyň sorulma basyşa bolan gatnaşygyny görkezýär:

$$\varepsilon = p_{g,i} / p_s. \quad (1.12)$$

1.3. Porşenli kompressoryň paýlaýjy organlary

Porşenli kompressoryň paýlaýjy organy – sorujy we gysyp itekleýji sowma turbanyň giňişligini we silindriň işçi giňişligini bölüji we birikdiriji periodiki açylýan we ýapylýan elementler ýa-da düwürlerdir. Ýerine ýetirýän wezipesi boýunça sorujy we gysyp itekleýji paýlaýjy organy we öz-özünden hereketlenýän we mejbury hereketlenýän paýlaýjy organy tapawutlandyryýarlar.

Porşenli kompressorlaryň paýlaýjy organy hökmünde öz-özünden hereketlenýän klapanlar has giň ulanma eýe boldular (*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 ýetirilendir. 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



6-njy surat. Öz-özünden hereketlenýän klapanyň çyzgysy:
1–klapan plita; 2–berkidiji hyr; 3–galmany çäklendiriji; 4–puržin; 5–plastina

p_2 basyş we (4) puržiniň maýyşgaklyk güýji täsir edýär. Plastinanyň ýokary tarapa hereketi galmany çäklendiriji (3) bilen çäklendirilýär.

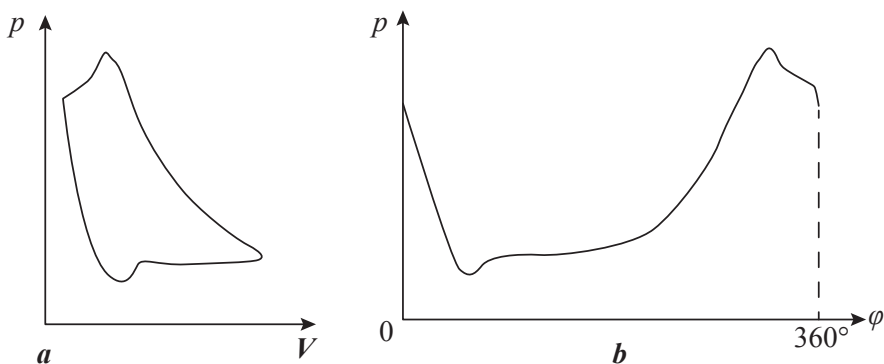
Şeýle klapanyň işleýşine ýönekeýje seredeliň. Goý, klapan gysyp itekleýji bolsun, p_1 basyşly boşluk gysylma hadysasy bolup geçýän silindriň içi giňişligi bolsun. 6-njy suratda görkezilişi ýaly plastina (5) klapan plitasyndaky ýşy ýapýar. p_1 basyş bilen şertlenen plastina täsir edýän güýç, puržiniň (4) maýyşgaklyk güýjüni 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 plastina ýokary galýar. Şundan soňra gysyp iteklenme hadysasy 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, içi 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). Plastina klapan plita gysylýar we ýşy ýapýar. Silindrdäki $p_1 \leq p_2$ basyşly ähli ýagdaýlarda klapan ýapyk bolýar. Seredilen ýagdaýda biz öz-özünden hereketlenýän diýip atlandyrylýan gysyp itekleýji klapanyň işini aýdyňlaşdyrdyk. Mejbury hereketlenýän

klapanlar käbir täsiriň (mysal üçin mehaniki) netijesinde açylýar. Mejbury hereketlendirijili klapanlaryň açylyş we ýapylyş pursady klapany açýan we ýapýan ýörite gurluşlar bilen sazlanysygy bellenen we kesgitlenendir. Porşenli kompressorlarda mejbury yrgyldyly klapanlar örän seýrek ulanylýar.

1.4. Indikator diagramma

Porşen hereketlenende silindriň işçi giňişliginiň göwrümi üýtgeýär, bu giňişlikde gazyň basyşy hem üýtgeýär. Porşeniň ýagdaýyna, ýagny silindriň işçi giňişliginiň göwrümüne baglylykda, işçi giňişlikde gazyň basyşynyň üýtgemesini grafiki görnüşde şekillendirmek mümkin. Porşeniň ýagdaýyndan ýa-da işçi giňişligiň göwrümi boýunça silindriň işçi giňişligindäki gazyň basyşynyň baglylygynyň grafigi *indikator diagramma* diýip atlandyrylýar. Köplenç gorizonttal okda ýokarky çäkden porşeniň süýşmesiniň masştaba laýyklykdaky bahasy, wertikal okda işçi giňişlikdäki gazyň basyşy ýerleşdirilýär. Tirsekli walyň öwrülmesiniň burçundan porşeniň hereketiniň birsyhly baglydygy bize bellidir. Kä halatlarda indikator diagrammany $p - \varphi$ koordinatalarda gurýarlar, bu ýerde φ – tirsekli walyň öwrülme burçy.

Şeýlelikde, porşenli kompressoryň indikator diagrammasynyň iki görnüşini tapawutlandyrmak hökman: ýapyk we açyk (7-nji surat). *Birinji* – işçi giňişligiň üýtgeýän göwrümüne, ýagny, porşeniň



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

ýagdaýyna (tutýan ornuna) baglylykda, silindriň içinde basyşyň üýtgemesiniň grafiki şekillendirilmesi; *ikinji* – tirsekli walyň öwrülme burçundan, ýagny wagtdan baglylykda silindriň işçi giňişliginde gazyň basyşynyň üýtgemesiniň grafiki şekillendirilişi. Porşeniň ýokarky çäkde ýerleşen ýagdaýyna (nokadyna) gabat gelýän kriwoşipiň ýagdaýyny tirsekli walyň öwrülme burçunyň hasaplama pursadynyň başlangyjy hökmünde kabul edýärler. Aýyk indikator diagramma ýapyk görnüşde ýeňil gurnalyp bilner ýa-da tersine, aýyk görnüşinde agyr gurnalyp bilner.

Ýapyk indikator diagramma has giňden peýdalanylýar. Sebäbi p - V koordinatalarda gurlan diagrammanyň meýdany işe proporsionaldyr.

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:

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

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

$$L_{\text{pot}} = z_2 - z_1,$$

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; $L_{\text{geç}}$ – gazyň geçirilmesine sarp edilýän energiýa; $L_{\text{sür}}$ – ýerli garşylyklarda we diwarlarda gazyň sürtülmesine energiýanyň sarp edilişi.

Köplenç gazyň tizligi porşenli kompressora girende we ondan çykanda ujypsyz tapawutlanýar. 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, $L_{\text{sür}}$ ululyk porşenli kompressorlarda ujypsyz we ony (1.13) deňlemede hasaba almasaň hem bolýar.

Şeýlelikde, (1.13) deňleme indiki görnüşi alar:

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

ýa-da gazyň massa birligi üçin:

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

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

1.6. Ideal kompressor

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

Ideal kompressor – bu porşenli kompressoryň işi bilen baglanyşykly amaly (praktiki) meseleler çözülende gural hökmünde ulanmaga mümkinçilik berýän hakyky kompressoryň ýönekeýleşdirilen nusgasydyr (modeli).

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

1. Porşenň täsiri ýetmeýän göwrümi ýok, ýagny, gysyp iteklenme hadysasy wagtynda silindrde gysylan gaz galmaýar, şeýlelikde, yzyna giňelme ýok, öndürijiligiň ýitgisi ýok.

2. Silindriň işçi boşlugynda jebis ýapylmadyk meýdanlar ýok, ýagny, gysylma hadysasynda 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 ýagdaýyna täsir etmeýär, ýagny, gysylmanyň politropa görkezijisi hemişelik ($n = \text{const}$).

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

5. Klapanyň kanallaryndan we geçiriji turbasyndan gaz akyp geçende gidrawliki ýitgiler ýok. Sorulma we gysyp iteklenme hadysasynda silindrdäki gazyň basyşy sorulmanyň standart nokadyndaky (SSN) we gysyp iteklenmäniň standart nokadyndaky (GISN) basyşa deň bolup galýar.

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

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

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

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

10. Mehaniki düwünlerde sürtülme ýok.

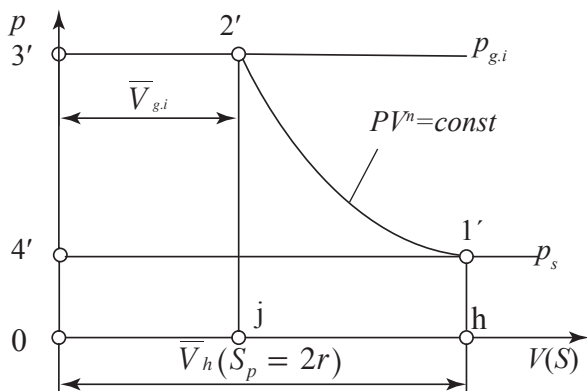
Ýol berilmeleriň, çak edilmeleriň we ýönekeýleşdirmeleriň jemi «ideal kompressor» düşüňjesini kesgitleýär.

1.7. Ideal kompressoryň indikator diagrammasy

Gazy p_s basyşdan gysyp iteklenme p_{gi} basyşyna çenli gysýan ideal kompressoryň indikator diagrammasynyň gurluşyna seredeliň (8-nji surat).

Ideal kompressoryň silindrinde bolup geçýän üç ýagdaýyny tapawutlandyryň: 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 hadysasy 4' nokatda başlanýar we 4 ýol berilmä laýyklykda V oka parallel çyzyk bilen häsiýetlendirilýär, we p_s basyşda we T_s temperaturada bolup geçýär,



8-nji surat. Ideal porşenli kompressoryň indikator diagrammasy

ýagny, SSN-däki basyşda we temperaturada (5 we 6 ýol berilmelere seret). Sorulma hadysasy 1' nokatda gutarýar (8 ýol berme). 2 we 3 ýol berilmelere laýyklykda gysylma hadysasy 1' – 2' hadysada n politropa görkeziji boýunça bolup geçýär. Haçanda işçi boşlukdaky basyş GISN basyşa ýetende we haçanda gysyp itekleýji klapany açylanda (9 ýol berme), gysylma hadysasy 2' nokatda gutarýar. Soňra gysyp iteklenme hadysasy başlanýar. Ol hemişelik $p_{g,i}$ basyşda bolup geçýär (4 we 5 ýol bermeler).

Ideal kompressoryň aýlawynyň termodinamik dälidigini belläp geçeliň, sebäbi gysyp iteklenme we sorulma hadysasynda işçi jisimiň massasy durnuksyz: sorulma wagtynda işçi giňişlikdäki gazyň mukdary ýokarlanýar, gysyp iteklenme hadysasynda kemelýär (8-nji surat).

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

Termodinamikadan belli bolşy ýaly, 1' – 2', 2' – 3', 3' – 4' we 4' – 1' çyzyk bilen çäklendirilen meýdan gazyň sorulma, gysylma we gysyp iteklenme hadysasyny amala aşyrmak üçin kompressoryň hökmany işini görkezýär. Bu işi üç düzüjiniň jemi görnüşinde görkezmek bo-

lar: $4' - 1' - h - 0$ meýdana proporsional sorulma işi; $h - j - 2' - 1'$ meýdana proporsional gysylma işi we $2' - 3' - 0 - j$ meýdana bagly gysyp iteklenme işi. Sorulma işiniň alamaty boýunça gysylma we gysyp iteklenme işine garşylyklydygyny hökman ýatda saklamaly. Ýene bir gezek ýatlalyň, ýagny kompressorlar nazaryýetinde gazyň göwrüminiň kiçelmesi bilen ýerine ýetirilýän işi položitel, göwrümiň ulalmagy bilen ýerine ýetirilýän işi otrisatel hasaplaýarlar.

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:

$$dL_g = p F_p dS = p dV.$$

Bu ýerden, gysylma hadysasynda doly iş:

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

Termodinamikadan belli bolşy ýaly, L_g – gysylma prosesiniň häsiýetine bagly.

Gysyp iteklenme işi:

$$L_{g,i} = p_{g,i} S_{g,i} F_p = p_{g,i} V_{g,i}, \quad (1.18)$$

bu ýerde $S_{g,i}$ – gysyp iteklenme bolup geçýän silindrde porşeniň ädiminiň bölegi; $V_{g,i}$ – bir işçi aýlawda kompressor arkaly iteklenýän gazyň göwrümi, m^3 .

$V_{g,i} = V_{2'}$ deňdigi sebäpli

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

Tirsekli walyň bir öwürümde ideal kompressoryň sarp edýän işi, sorulma, gysylma we gysyp iteklenme hadysasyndaky 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 hadysasynda gazyň parametriniň üýtgemeginiň häsiýetine baglydyr.

1.9. Ideal kompressorlaryň görnüşleri

Porşenli kompressorlaryň nazaryýetinde gysylma hadysasy 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 hadysada gysylma işi:

$$L_{g. iz} = \int_{V_{g,i}}^{V_h} p dV = p_s V_h \ln \frac{p_{g,i}}{p_s}. \quad (1.22)$$

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 hadysasy üçin:

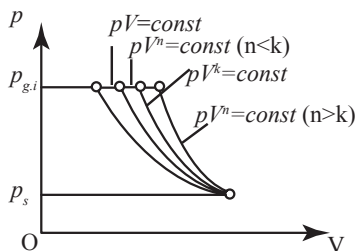
$$p_s V'_h = p_{g,i} V'_{g,i},$$

onda:

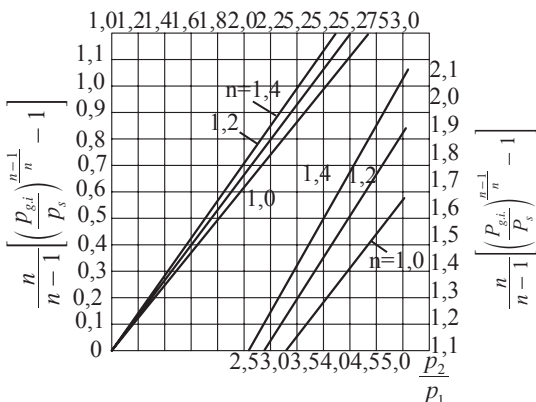
$$L_{k iz} = p_s V'_h \ln \frac{p_{g,i}}{p_s}. \quad (1.23)$$

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

$$L_{ad} = \int_{V_{g,i}}^{V_h} p dV = \frac{1}{k-1} (p_{g,i} V'_{g,i} - p_s V'_h),$$



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



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

$$L_{ad} = \frac{1}{k-1} p_s V'_h \left[\left(\frac{p_{g,i}}{p_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (1.24)$$

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

$$L_{k.ad} = -p_s V'_h + p_{g,i} V'_{g,i} + \frac{1}{k-1} p_s V'_h \left[\left(\frac{p_{g,i}}{p_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

we

$$L_{k.ad} = -p_s V'_h + p_{g,i} V'_{g,i} + \frac{1}{k-1} (p_{g,i} V'_{g,i} - p_s V'_h),$$

ýa-da ýönekeýleşdirmelerden soň:

$$L_{k.ad} = \frac{k}{k-1} p_s V'_h \left[\left(\frac{p_{g,i}}{p_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (1.25)$$

we

$$L_{k.ad} = \frac{k}{k-1} (p_{g,i} V'_{g,i} - p_s V'_h). \quad (1.26)$$

Adiabatiki ideal kompressorda gysylmanyň ahyryndaky temperatura, ýagny iteklenme temperatura $T_{g,i}$ indiki deňlemiden kesgitlenýär:

$$T_{g,i} = T_s (p_{g,i}/p_s)^{(k-1)/k}. \quad (1.27)$$

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

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

$$L_{k,pol} = \frac{n}{n-1} p_s V_h' \left[\left(\frac{p_{g,i}}{p_s} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (1.28)$$

$$L_{k,pol} = \frac{n}{n-1} (p_{g,i} V_{g,i}' - p_s V_h'). \quad (1.29)$$

Politropiki ideal kompressoryň gysyp iteklenme temperaturasy $T_{g,i}$ indiki formula boýunça kesgitlenip bilner:

$$T_{g,i} = T_s (p_{g,i}/p_s)^{(n-1)/n}. \quad (1.30)$$

Politropa görkezijiniň ýokarlanmagy bilen gazyň gysylma we ýerini üýtgetmesiniň işi L_k ýokarlanýar (9-njy surat; 10-njy surat). Politropa görkezijini kemeltmäge ymtylmaly, ýagny gysylýan gazdan alynýan ýylylygyň mukdaryny ýokarlandyrmaga ymtylmak zerur.

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

1.10. Real bir basgançakly kompressor

Real kompressory öwrenmegiň aýratynlygy. Öňki temada seredilen ideal kompressoryň işinden real kompressoryň işi köp tapawutlanýar. Hakyky (real) kompressorda bir wagtda kompressoryň öndürilijiline we kuwwatyna täsir edýän dürli görnüşli ýylylyk we gazodinamiki hadysalar bolup geçýär. Bu hadysalaryň intensiwligi silindriň işçi boşlugynyň dürli nokatlarynda dürli we bir aýlawyň dowamynda üýtgeýär.

Aýry prosesleriň dowamlylygy az we köp ýagdaýlarda olaryň başlangyç hem ahyrky ýagdaýyny kesgitlemek mümkin däl. Bu bir wagtda bolup geýän ýylylyk we gazodinamiki prosesler biri-biri bilen baglanyşykly, biri-birine täsir edýär, özi hem olaryň özara täsir derejesi hemişe belli däl. Bu ähli prosesleriň we hadysalaryň toplumyny ýönekeý matematiki deňleme bilen doly teswirlemek mümkin däl. Köplenç hakyky bir basgançakly kompressor öwrenilende, hakyky kompressory hyýalydan (idealdan) tapawutlandyran, hakyky kompressoryň öndürjiligine we kuwwatyna täsir 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 baglanyşyksyz hasap edilip, öndürjilige we kuwwata täsirini öwrenýärler. Beýleki faktorlaryň täsiri ýok hasap etmek has amatly. Dogrudan hem, kompressoryň esasy häsiýetnamalary (öndürjilik we kuwwat) hasaplanylanda, bu häsiýetlendirijilere täsir edýän esasy faktorlaryň jemi hasaba alynýar.

Hakyky kompressory öwrenmegiň ikinji aýratynlygy – prosesleriň shematizasiýasynyň usulyny ulanmakdyr. Bu usul hakyky kompressorda bolup geýän hakyky prosesi kesgitli gatnaşykda hakyky seredilýäne ekwiwalent şertli (shemalaşdyrylan) 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 baglanyşygyň aýdyňlygy ýitirilýär, şeýle hakyky proses ýönekeý we aýdyň matematiki beýana eýe bolan şertli (shemalaşdyrylan) proses bilen çalşyýarlar. Bu ýagdaýda shemalaşdyrylan proses boýunça hasaplamalar hakyky gabat gelýän we eksperimental berlenler bilen tassyklanylýan netijeleri bermeli.

Bize häsiýetnamany hasaplamak üçin niýetlenen prosesin çyzgysyny başgasy üçin ulanyp bolmazlygynyň mümkindigini ýatda saklamak wajypdyr. Şonuň üçin hakyky kompressoryň kuwwaty we öndürjiligi hasaplananda dürli shematizirlemäni almak hökman, olaryň biri prosesin işiniň ýa-da energiýasynyň

nukdaý nazaryndan hakyky hadysa ekwiwalent bolýar, beýlekisi – hasaplamanyň netijesinde alynýan gazyň göwrüminiň nukdaý nazaryndan hasaplanylýar.

Hakyky kompressoryň kuwwatyna we öndürijiligine dürli faktorlaryň täsiriniň bagly dällik düzgüni we hakyky hadysalarynyň gurluşynyň usuly – hakyky bir basgançakly we köp basgançakly kompressorlara seredilende ulanylýar. Şeýle çemeleşme hasaplamanyň netijeleriniň hakykydan käbir gyşarmasyna getirýär, emma ýalňyşlyklar inžener hasaplamalar üçin ýol bererli bolup durýar.

1.11. Real kompressoryň idealdan tapawudy

Real porşenli kompressoryň ideal kompressordan esasy tapawudyna seredeliň.

Real kompressoryň silindrinde porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümi. Silindriň içinde porşen hereketlenende porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde ýerleşýän gaz silindriň işçi boşlugyndan çykarylýp bilinmez. Şeýlelikde, gysyp iteklenme prosesi gutarandan soňra porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde 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. Kompressorlaryň köp görnüşleriniň öz-özünden hereketlenýän klapanlar bilen üpjün edilendigi sebäpli, silindrde gazyň basyşy (yza giňelme prosesinde) kesgitli baha çenli peselenden soňra sorujy klapan açylýar we sorulma prosesi başlanýar. Gysylma ýagdaýyndan 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 göwrümünde galan gaz bilen eýelenýär we kompressor bu ýitirilen göwrümiň ululygynda gazy az sorar.

Sorulma prosesinde gazyň gyzmagy. Sorulma wagtynda silindre gelyän gaz porşeniň, silindriň gilzalarynyň, klapanlaryň we

silindriň gapagynyň gyzgyn bölekleri bilen täsirleşende gyzyýar. Şeýlelikde, sorulmanyň sowma geçirijisine seredeniňde, silindrde sorulmanyň ahyryndaky gazyň temperaturasy ýokary bolýar. Eger-de sorulma hadysasy pursadynda gyzdyrylma ýok bolsa, onda bu ýagdaýda sorulma hadysasynyň ahyrynda silindrdäki gazyň dyklylygy kiçi bolar. Degişlilikde, sorulma hadysasynda gazyň gyzdyrylmasy näçe ýokary bolsa, sonça-da silindre gazyň sorulmasy az. Sorulma hadysasynda gazyň gyzdyrylmasy kompressoryň sarp edýän kuwwatynyň ýokarlanmasyna getirýär, sebäbi sorulma has ýokary temperaturada başlanýar.

Silindriň işçi boşlugynyň diwarynyň ýylylyk inersiýasy. Gysylma, giňelme, gysyp iteklenme we sorulma hadysasynda 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 hadysalarynda politropanyň görkezijisi üýtgäp durýar.

Işçi boşlugyň diwarlarynyň birmeňzeş bolmadyk temperaturaly meýdany. Silindrde işçi göwrümi çäklendirýän üst silindri emele getirýän we silindriň okuna perpendikulýar kese-kesik boýunça dürli nokatlarda dürli temperatura eýedir. Mundan başga-da, tirsekli walyň bir aýlawynyň dowamynda diwaryň temperaturasy her bir aýry nokatda üýtgeýär, özi-de her bir nokatda temperaturanyň üýtgemesiniň amplitudasy birnäçe faktorlara baglydyr.

Gidrawliki ýitgiler. Real kompressorda geçiriji turbalar we klapnlar arkaly gazyň akymyna gidrawliki garşylyk bar. Şeýlelikde, sorulmanyň sowma geçirijisine seredeniňde, sorulma wagtynda silindrdäki gazyň basyşy kiçi. Bu bolsa, öz gezeginde kompressoryň öndürjiligine täsir edýär. Gysyp iteklenme wagtynda, gysyp itekleýji klapnlardaky garşylyklarda basyşyň ýitgileri sebäpli, silindrdäki gazyň basyşy, gysyp itekleýji sowma geçirijisindäki basyşa seredeniňde, ýokary bolýar.

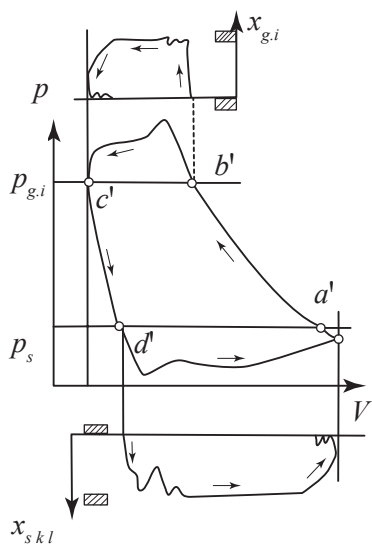
Sorujy we gysyp itekleýji klapnalarda we geçiriji turbalarda gidrawliki ýitgiler kompressoryň sarp edýän kuwwatynyň ýokarlanmasyna getirýär.

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. Bu ýerde olaryň esasyalary getirilendir.

1.12. Real kompressoryň indikator diagrammasy. Real kompressorda işçi prosesleriň aýratynlygy

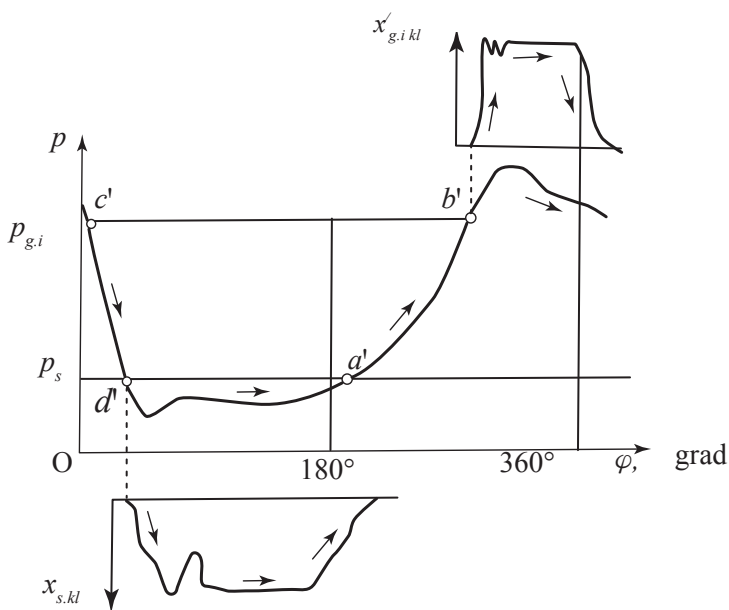
Real kompressoryň indikator diagrammasy, sorujy we gysyp itekleýji klapanyň hereketiniň diagrammasy 11-nji suratda görkezilen. Şol bir diagramma tirsekli walyň aýlaw burçy boýunça açyk görnüşde 12-nji suratda görkezilen. 11-nji we 12-nji suratlarda getirilen diagrammalar ýuwaş ädimli kompressorlar üçin (haçanda sorulma giňişliginde basyşyň üýtgemesi ujypsyz hem-de klapanlary dogry sazlamak mümkinçiligi bar bolanda). Gazyň yzyna akmagyna päsgel bermek üçin ideal sazlanan klapan basyşyň peselme



11-nji surat. Hakyky kompressoryň ýapyk indikator diagrammasy

alamatynyň üýtgemesi pursadynda ýapylmaly (11-nji we 12-nji suratlara seret), ýagny a' nokatda – sorujy klapan üçin we c' nokatda – gysyp itekleýji klapan üçin.

Şeýlelikde, ideal sazlanan sorujy klapan d' nokatda açylýar, a' nokatda ýapylýar. Ideal sazlanan gysyp itekleýji klapan b' nokatda açylýar we c' nokatda ýapylýar. Şuňa baglylykda, 11-nji we 12-nji suratda sorulma prosesi $d' - a'$; gysylma hadysasy $a' - b'$; gysyp iteklenme hadysasy $b' - c'$ we yzy-na giňelme hadysasy $c' - d'$ egride şekillendirilendir. Hakykatda kla-



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

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

Sorulma hadysasy. Bu hadysa silindrdäki gazyň üýtgeýän basyşynda we temperaturasynda hem-de işçi jisimiň mukdarynyň üýtgemesi bilen bolup geçýär. Silindrde gazyň basyşynyň hemişelik bolmazlygy porşeniň adimine baglylykda, klapanlarda gidrawliki garşylyklaryň üýtgemesi bilen şertlenen, sebäbi klapanýň plastinasynyň aşak düşme we ýokary galma prosesinde klapanýň geçiş kese-kesiginiň meýdany üýtgeýär. Klapanýň üsti bilen gazyň gysyp iteklenmesine sarp edilýän gazyň energiýasynyň ýylylyga öwürülmegi netijesinde, şeýle hem klapanýň we silindriň gyzgyn diwarlaryndan gazyň gyzmagy netijesinde sorulýan gazyň temperaturasy ýokarlanýar. Şonuň üçin sorulma hadysasynyň ahyrynda silindrdäki gazyň temperaturasy, ýagny sorujy klapanlaryň ýapylýan pursadyndaky gazyň temperaturasy sorulma sowma geçirijisindäki gazyň temperaturasyndan ýokarydyr.

Gysylma prosesi. Bu proses sorujy klapaň ýapylan pursadyndan başlanýar we gysyp itekleýji klapaň açylan pursadynda gutarýar. Gysyp itekleýji klapaň açylan pursadynda silindrdäki gazyň basyşy $p_{g,i}$ basyşa seredeninde ýokary, sebäbi gysyp itekleýji klapanyň açylmagy üçin basyşyň üýtgemesi (bökmesi) zerur (klapany çäklendirijä plastinanyň ýelmeşmeginiň we puržiniň 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 aýlawdaky 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 göwrümiň orta temperaturasy bilen deňleşende, silindriň diwarlarynyň we gazyň arasynda ýylylyk çalşygy tamamlanýar. Soňra indiki gysylma prosesinde gysylýan gazyň temperaturasy ýokarlanyp başlaýar. Bu ýagdaýda işçi göwrümiň 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 başyndaky $n > k$ -dan hadysanyň ahyrynda $n < k$ çenli üýtgeýär.

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

Gysyp iteklenme hadysasy. Bu hadysa gysyp itekleýji klapaň açylan pursadyndan başlanýar we onuň ýapylan pursadynda tamam-

lanýar. Klapanlardaky gidrawliki ýitgileriň netijesinde gysyp iteklenme hadysasyndaky silindriň içindäki gazyň basyşy gysyp iteklenme sowma geçirijisindäki basyşa seredeniňde ýokary we hemişelik däl. Gysyp iteklenme wagtyndaky gidrawliki ýitgileriň üýtgeýän häsiýeti edil sorulma prosesdäki ýitginiň üýtgeýän bahasynyň sebäpleri ýaly düşündirilýär. Dogrudan hem, gysylan gazy iteklemegiň netijesinde silindriň işçi giňişliginde gazyň massasy üýtgeýär.

Yzyna giňelme hadysasy. Bu proses gysyp itekleýji klapan ýapylan pursadyndan başlanýar. Gysylma hadysasyna meňzeşlikde gazyň yzyna giňelme hadysasy politropa görkezijiniň üýtgeýän bahasynda bolup geçýär. Giňelme prosesiniň başlangyjynda gazdan ýylylygyň alynmasy bolup geçýär ($n > k$), ahyrynda ýylylygyň berilmesi bolup geçýär ($n < k$). Silindriň içinde gazyň mukdarynyň üýtgäp durmagy, silindriň işçi boşlugynyň jebis daldigi bilen şertlenen.

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

1.13. Real kompressoryň öndürijiligi. Berijilik koeffisiýenti

Ideal kompressoryň öndürijiligine seredeniňde, hakyky bir basgançakly kompressoryň öndürijiligi kiçidir. Ideal kompressoryň öndürijiligi bilen deňeşdirilende real kompressoryň öndürijiliginiň kemelmesi berijilik koeffisiýenti arkaly bahalandyrmak kabul edilen:

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

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

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

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

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

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

Hakyky kompressoryň öndürijiliginiň ululygyna ähli faktorlaryň bilelikdäki täsirini berijilik koeffisiýenti λ hasaba alýar (1.31 deňlemä serediň). Kompressor gurnalanda (şeýle hem ulanmanyň käbir ýagdaýlarynda) öndürijilige täsir edýän esasy faktorlaryň her birini bilmek wajypdyr. Esasy faktorlaryň öndürijilige täsiri özara baglanyşykly, ýagny, biriniň üýtgemegi beýleki faktorlaryň täsiriniň intensiwligine bildirýär.

Berijilik koeffisiýentini düzüjiler. Berijilik koeffisiýentiniň indiki görnüşi inžener hasaplamalarda has giň ýaýrama eýe boldy:

$$\lambda = \lambda_o \lambda_{dr} \lambda_y \lambda_f \lambda_{\zeta}, \quad (1.32)$$

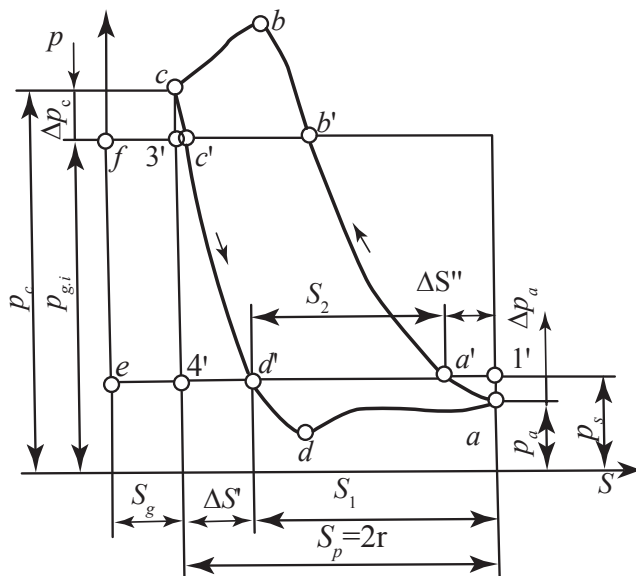
bu ýerde λ_o – göwrüm koeffisiýenti, gysyp iteklenmeden soň porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlikde galan gazyň giňelmesi sebäpli, hakyky kompressoryň öndürijiliginiň kemelmesini hasaba alýar; λ_{dr} – drossel koeffisiýenti, sorujy klapan arkaly gazyň geçmesinde basyşyň peselmesi sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar; λ_y – gyzdryly-

ma koeffisiýenti, sorulma hadysasy wagtynda gazyň gyzmasy sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar; λ_j – jebislik (berklik) koeffisiýenti, işçi giňişligiň jebis dældigi sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar; λ_ζ – çyglylyk koeffisiýenti, sorulýan gazda suw buglaryň barlygy sebäpli öndürijiligiň kemelmesini hasaba alýar.

Ulanylýan öndürijiligiň ýitgileriniň uluşlari ýeke-täk mümkin bolup durmaýar. Hakyky kompressoryň öndürijiliginiň ýitgileriniň uluşlari massaly, ýa-da göwrümlü, ýa-da energetiki balansda getirilip bilner, ýagny öndürijiligiň ýitgileriniň bölünmeleriniň birnäçe usullary mümkin.

1.14. Kompressoryň öndürijiligine porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň täsiri

Göwrüm koeffisiýenti. Porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň hasabyna hakyky kompressoryň öndürijiliginiň kemelmesi λ_o göwrüm koeffisiýenti bilen häsiýetlendirilýär. Ol indikator diagrammada S_1 we S_p kesikleriň gatnaşygyny aňladýar (13-nji surat).



13-nji surat. Hakyky kompressoryň indikator diagramması

$$\lambda_o = S_1/S_p. \quad (1.33)$$

bu ýerde S_1 – porşeniň täsiri ýetmeýän giňişliginiň aşaky çäginin we sorulma basyşyna p_s gabat gelyän çyzyk bilen yzyna giňelme prosesiniň çyzygynyň kesişme nokatlarynyň arasynda ýerleşýän kesik.

Göwrüm koeffisiýentini indiki formula boýunça hem kesgitlemek mümkin:

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

Göwrüm koeffisiýentini λ_o kesgitlemeklik porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüm sebäpli porşeniň ädiminiň $\Delta S'$ «ýitirilen» bölegini kesgitlemeklige syrykdyrylýar. Bu bölekde kompressoryň silindrine gaz sorulmaýar.

Porşeniň ädiminiň «ýitirilen» 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 prosesiniň deňlemesi boýunça hasaplanyp bilner:

$$p_{d'} V_{d'}^m = p_c V_c^m,$$

bu ýerde

$$p_{d'} = p_s w_e V_c = V_g,$$

Ornuna goýmany geçirip alarys:

$$p_s V_{d'}^m = p_c V_g^m$$

ýa-da porşeniň ýerini üýtgetmesine geçip:

$$p_s S_{d'}^m F_p^m = p_c S_g^m F_p^m,$$

we

$$p_s S_{d'}^m = p_c S_g^m,$$

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

$$\lambda_o = 1 - a_g \left[\left(\frac{p_c}{p_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (1.35)$$

ýa-da

$$\lambda_o = 1 - a_g \left[\left(\frac{p_{g,i} + \Delta p_c}{p_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right], \quad (1.36)$$

p_c ýa-da Δp_c basyşlary kesgitlemek ep-esli kynçylyklary döredýär, esasan täze kompressorlar taslanylýan döwründe. Hasaplamany ýenilleşdirmek üçin gysyp iteklenme sowma geçirijisinde $p_{g,i}$ basyşyň we gysyp iteklenme prosesiniň ahyryndaky p_s basyşyň arasyndaky tapawudy hasaba alman, p_c / p_s gatnaşygy $p_{g,i} / p_s$ gatnaşyk bilen çalyşmak mümkin.

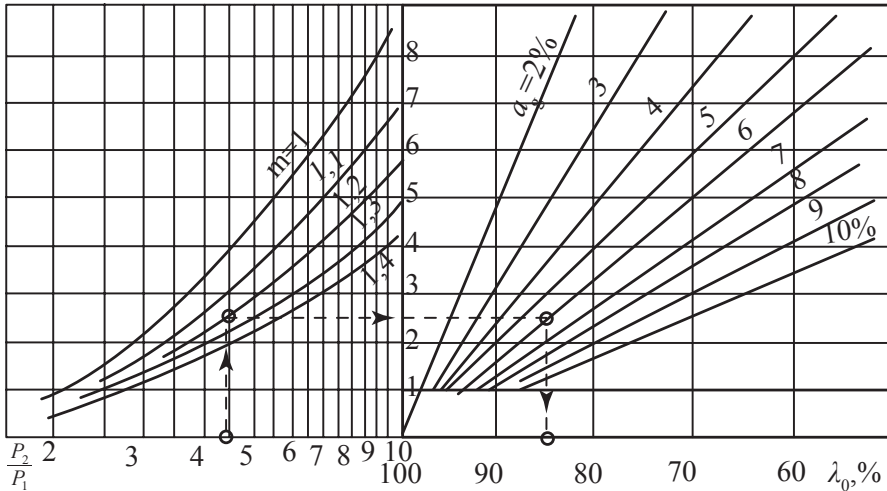
Onda:

$$\lambda_o = 1 - a_g \left[\left(\frac{p_{g,i}}{p_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]. \quad (1.37)$$

p_c -i $p_{g,i}$ çalşanymyzda ýalňyşlyk ujypsyz. Mysal üçin, porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň $a_g = 0,05$ bahasynda we $m = 1,1$ bolanda p_c -ni $p_{g,i}$ çalyşmak sebäpli ýalňyşlyk $\sim 2,1\%$ düzýär. Gysyp iteklenme prosesinde basyşyň ýitgisi hasaba alynmadyk ýagdaýynda λ_o koeffisiýentiň bahasy, bu ýitgi hasaba alnan ýagdaýyndan ýokary baha eýedir.

Shemalaşdyrylan indikator diagramma boýunça p_c basyşy (λ_o kesgitlenende) p_2 basyş bilen çalyşmak mümkin:

$$\lambda_o \cong 1 - a_g \left[\left(\frac{p_2}{p_s} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]. \quad (1.38)$$



14-nji surat. λ_o kesgitlemek üçin nomogramma

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

Eger-de taslama hasaplamalary geçirilende porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümini düzüjileriň absolýut bahasy belli bolmasa, onda λ_o ululyk kesgitlenende, göräli porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümini a_g indiki çäklerde almak mümkin:

- 1-nji basgançakda – 0,02 – 0,1;
- 2-nji basgançakda – 0,03 – 0,1;
- 3-nji basgançakda – 0,05 – 0,12;
- 4-nji basgançakda – 0,05 – 0,12;
- 5-nji basgançakda – 0,08 – 0,15;
- 6-njy basgançakda – 0,1 – 0,18.

1.15. Bir basgançakly hakyky kompressoryň indikator kuwwaty

Tejribe berlenleri arkaly hakyky kompressoryň indikator kuwwatyny 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 bir basgançakly kompressoryň indikator diagrammasyndaky meýdana proporsional işi we kuwwaty kesgitlep bolar. Bu iş we kuwwat *indikator iş we kuwwat* diýip atlandyrylýar.

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

Eksperimental alnan indikator diagrammadan orta indikator basyşy tapyp, kompressoryň silindri üçin indikator kuwwaty indiki deňlemeden alýarys:

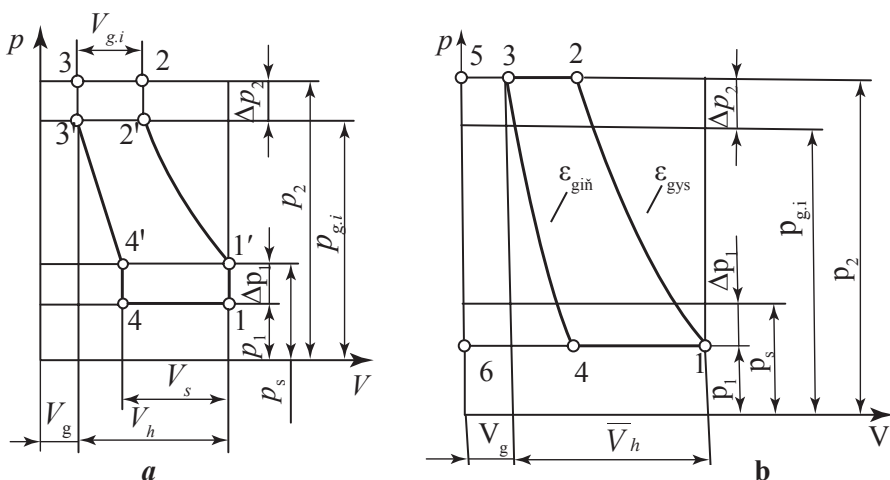
$$N_{\text{ind}} = p_{\text{ind}} F S_p n_o = p_{\text{ind}} V_h. \quad (1.39)$$

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

Kompressor taslanylanda indikator kuwwaty kesgitlemegiň usullary. Täze kompressor taslanylanda gurnaýjy (konstruktor) ha-kyky indikator diagramma eýe bolmaýar. Taslama döwürlerinde indi-kator kuwwaty 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 politropalary-nyň shematizasiýasyny we klapanalarda energiýanyň ýitgileri-niň anyklanylýan hasaplamalaryny ulanmak.

Iki ekwiwalent politropalaryň we iki hemişelik basyşyň çyzyk-larynyň (birinji usulda – p_2 we p_1 , ikinji we üçünji usulda $p_{g,i}$ we p_s) arasynda ýerleşýän indikator diagrammanyň meýdanyna gabat gelýän işi kesgitlemek bu ähli usullar üçin umumy bolup durýar. Dogrudan hem, bu işi kesgitlemek üçin baglylyk ähli üç ýagdaýlarda birmeňzeş. Bu baglylyk boýunça işiň hasaplamalaryndaky tapawut basyşynyň degişli bahasyny formula goýmaly.



15-nji surat. a) – haýky kompressoryň shemalaşdyrylan indikator diagrammasy; b) – ýönekeýleşdirilen shemalaşdyrylan indikator diagramma

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 kuwwatynyň 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:

$$L_{\text{ind}} = \int_1^2 V dp - \int_4^3 V dp.$$

Bu ýerden tirsekli walyň bir aýlawynda indikator iş:

$$\begin{aligned} L_{\text{ind}} = & p_1 V_1 \frac{n_{\text{gys}}}{n_{\text{gys}} - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n_{\text{gys}} - 1}{n_{\text{gys}}}} - 1 \right] - \\ & - p_1 V_4 \frac{n_{\text{giň}}}{n_{\text{giň}} - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n_{\text{giň}} - 1}{n_{\text{giň}}}} - 1 \right] \end{aligned} \quad (1.40)$$

bu ýerde $V_1 = (1 + a_g) V'_h$;

$$V_4 = V_g \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n_{\text{giň}}}} = a_g V_h \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n_{\text{giň}}}}$$

Ornuna goýmany geçirip, deňlemäni indiki görnüşde özgerderis:

$$\begin{aligned} L_{\text{ind}} = & p_1 V'_h \left\{ (1 + a_g) \frac{n_{\text{gys}}}{n_{\text{gys}} - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n_{\text{gys}} - 1}{n_{\text{gys}}}} - 1 \right] - \right. \\ & \left. - a_g \frac{n_{\text{giň}}}{n_{\text{giň}} - 1} \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n_{\text{giň}}}} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n_{\text{giň}} - 1}{n_{\text{giň}}}} - 1 \right] \right\}, \end{aligned}$$

we soňra

$$\begin{aligned} L_{\text{ind}} = & p_1 V'_h \left\{ (1 + a_g) \frac{n_{\text{gys}}}{n_{\text{gys}} - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n_{\text{gys}} - 1}{n_{\text{gys}}}} - 1 \right] - \right. \\ & \left. - a_g \frac{n_{\text{giň}}}{n_{\text{giň}} - 1} \left[\frac{p_2}{p_1} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n_{\text{giň}}}} \right] \right\}. \end{aligned}$$

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

$$L_{\text{ind}} = p_1 V_h' \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \left[(1 - a_g) \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{k}} - 1 \right] \right]. \quad (1.41)$$

Şeýlelikde, hakyky kompressoryň indikator işi yzyna giňelme hadysasy wagtynda porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüme gazdan gelýän energiýany göz önüne tutýan $\theta_i = 1 - a_g [(p_2/p_1)^{1/k} - 1]$ düzediş koeffisiýentine köpeldilen ideal kompressoryň indikator işine deň.

Hakyky kompressoryň indikator kuwwatyny N_{ind} (1.41) deňlemiden alnan formula boýunça hasaplaýarlar:

$$N_{\text{ind}} = (p_s - \Delta p_1) V_h \theta_i \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_{g,i} + \Delta p_2}{p_s - \Delta p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]. \quad (1.42)$$

Bu ýerde θ_i düzediş koeffisiýentiniň λ_o göwrüm koeffisiýenti bolmaýandygyny belläp geçmeli, sebäbi θ_i kesgitlenende ekwiwalent politropa ulanylýar, λ_o kesgitlenende ahyrky parametrleriň politropalary ulanylýar.

1.16. Hakyky kompressoryň hereketlendirijisi üçin zerur kuwwat

Kompressoryň sarp edýän kuwwatyny düzüjiler. Kompresoryň walyna berilýän N_e kuwwat, jem görnüşinde ýazylyp bilner:

$$N_e = N_{\text{ind}} + N_{\text{sür}} + N_{\text{köm}},$$

bu ýerde N_{ind} – indikator kuwwat, ýagny porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde galan gazyň yzyna giňelme prosesinde energiýanyň gaýtarylmasyny hasaba almak bilen gazyň geçmesine we gysylmasy-

na sarp edilýän kuwwat; $N_{\text{sür}}$ – mehaniki sürtülmäni ýeňip geçmek üçin hökmany kuwwat; $N_{\text{köm}}$ – tirsekli wala birikdirilen kömekçi mehanizmleriň hereketlendirijisi üçin zerur kuwwat (sowadyjy wentilýatora, lublikatora, ýag nasosa we ş.m.)

Kompressoryň hereketlendirijisi üçin özüniň walynda $N_{\text{diw}} = N_e + \Delta N_{\text{ber}}$ kuwwata eýe bolan hereketlendiriji zerur.

bu ýerde: ΔN_{ber} – kompressordan hereketlendirijä energiýa geçirilende, düwünlerde ýitirilýän kuwwat (mufta, reduktor we ş.m.).

1.17. Bir basgançakly kompressoryň peýdaly täsir koeffisiýenti

Peýdaly täsir koeffisiýenti baradaky umumy maglumatlar. Belli bolşy ýaly, PTK (peýdaly täsir koeffisiýenti) iki maşynyň energetik artykmaçlygyny deňeşdirmek üçin ulanylýar. PTK η – maşynyň energetiki hilini bahalandyrmak üçin ulanylýan göräli kriteriýa, nusgawy (etalon) kompressoryň kuwwatynyň (işiniň) hakyky kompressoryň kuwwatyna (işine) gatnaşygyny görkezýär.

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

bu ýerde N_{et} – nusgawy kompressoryň kuwwaty, N_{h} – hakyky kompressoryň kuwwatynyň bir görnüşi görkezilendir.

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

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

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

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

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

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

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. Effektiw (doly) PTK indiki görnüşde kesgitlenip bilner:

$$\eta_{iz} = N_{id.k.iz} / (N_{id.k.iz} + \Delta N_{h.k.iz}), \quad (1.44a)$$

$$\eta_{ad} = N_{id.k.ad} / (N_{id.k.ad} + \Delta N_{h.k.ad}), \quad (1.45a)$$

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 bahalandyryň η_{iz} we η_{ad} arasynda birmeňzeş aragatnaşyk bar. Bu gatnaşyk (1.44) we (1.45) deňlemelerden alnyp bilner.

Bir başgançakly kompressorlarda PTK doly bahalary $\eta_{iz} = 0,6 \div 0,7$ we $\eta_{ad} = 0,8 \div 0,95$ deň. Uly dykzlykly gazlar gysyladaky PTK bilen ýeňil gazlar gysyladaky deňeşdirmelerde ahyrkynyň PTK-nyň doly bahasy ýokarydyr.

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 ulanylýandygyna baglylykda izotermiki ($\eta_{iz.ind}$) we adiabatiki ($\eta_{ad.ind}$) indikator PTK tapawutlandyrylýar.

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

$$\eta_{iz.ind} = N_{id.k.iz} / N_{ind.h.k.} \quad (1.46)$$

Ideal adiabatik kompressoryň kuwwatynyň hakyky kompressoryň indikator kuwwatyna gatnaşygyny ýa-da degişli işiň gatnaşygyny adiabatik indikatoryň PTK diýip atlandyryrlar:

$$\eta_{ad.ind} = N_{id.k.ad} / N_{ind.h.k.} \quad (1.47)$$

Häzirki bir basgançakly porşenli kompressorlarda PTK-nyň düz-ýän 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 η_{meh} ulanylýar. Mehaniki PTK-de etalon kompressoryň kuwwatynyň derejine hakyky kompressoryň indikator kuwwatyny kabul edýäris. Hakykatdan-da, eger-de kompressoryň mehanizmlerinde kuwwatyň ýitgileri bolmasa, onda kompressor diňe indikator kuwwaty sarp ederdi. Hakyky kompressoryň walyndaky kuwwat jem görnüşinde ýazylyp bilner:

$$\begin{aligned} N_e &= N_{ind-h-k} + N_{sür}, \\ \eta_{meh} &= N_{ind-h-k} / N_e, \end{aligned} \quad (1.48)$$

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

Mehaniki PTK doly we indikator PTK-y bilen indiki gatnaşyklar arkaly baglanyşykly:

$$\eta_{iz} = N_{id.k.iz} / N_e = (N_{id.k.iz} / N_{ind.h.iz}) (N_{ind.h.k} / N_e) = \eta_{iz.ind} \eta_{meh}, \quad (1.49)$$

$$\eta_{ad} = N_{id.k.ad} / N_e = (N_{id.k.ad} / N_{ind.h.iz}) (N_{ind.h.k} / N_e) = \eta_{ad.ind} \eta_{meh}. \quad (1.50)$$

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

$$\eta_{meh} = N_{ind.h.k} / (N_{ind.h.k} + N_{sür}) = I / [I + (N_{sür} / N_{ind.h.k})]. \quad (1.51)$$

Tejribe arkaly alnan derňewleriň görkezişi ýaly bir basgançakly kompressoryň ε kiçelende sürtülme kuwwaty $\Delta N_{sür}$ känbir üýtgemeyär. Indikator kuwwat ε baglylykda üýtgeýär, özi hem ε näçe kiçi bolsa, şonça-da $N_{ind-h-k}$ has kiçi. Şeýlelikde, kompressoryň mehaniki PTK onuň agramlyk derejesine bagly. Häzirki kompressorlarda mehaniki PTK-nyň ululygy $\eta_{meh}=0,8 \div 0,95$ çäklerde

ýerleşýär. η_{meh} -niň kiçi bahasy kiçi, ulusy – uly hereketli kompressor maşynlara degişli.

1.18. Bir basgançakly porşenli kompressoryň esasy ölçeglerini kesgitlemek

Porşenli kompressoryň esasy parametrleri we ölçegleri. Esasy parametrlere we ölçeglere indiki ululyklar degişli: silindriň diametri D ; porşeniň doly ädimi S_p ; ştoğuň diametri d_{st} ; tirsekli walyň aýlaw ýygylgy 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 degişli: 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 başgalar.

Sanalyp geçilen parametrleriň köpüsi bize öňden mälimdir. Emma porşeniň orta tizligine c_m , porşeniň ädiminiň silindriň diametrine gatnaşygyna S_p/D , aýlaw ýygylgynyň n_o we $S_p n_o^2$ parametrine, şeýle hem olaryň biri-birine täsirine we tutuş kompressoryň işiniň täsirine has aýdyň seretmek maksadalaýykdyr.

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 ýokarky 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 hasaplanýlar:

$$c_m = H n_o,$$

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 tizlenmesini ω_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 ýolunyň islendik kese-kesiginde gazyň tizligi edil porşeniň tizligi ýaly kanun boýunça üýtgeýär diýip şertli hasap edýärler. Gazyň geçiş ýolunyň kese-kesiginde gazyň orta tizligini ω_m porşeniň orta tizligi boýunça hasaplaýarlar.

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

Häzirki porşenli kompressorlarda porşeniň orta tizliginiň bahasy aşakda getirilendir.

Öndürilijili 0,01 m³/s (0,6 m³/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 ω – tirsekli walyň aýlawynyň burç tizligi; 1/s; r – kriwoşipiň radiusy; λ_R – kriwoşipiň radiusynyň r şatunyň uzynlygyna L_s gatnaşygy.

Häzirki bar bolan kompressorlarda $\lambda_R = 1/_{3,5} \div 1/_{6}$ deňdigi 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 $j_{\max} \approx$ proporsional we kompressoryň hereketlenýän mehanizmlerine täsir edýän öňe-yza hereketlenýän bölümleriň inersiýa güýjüniň has ýokary bahasyny häsiýetlendirýär. Porşeniň maksimal tizlenmesini kriwoşipiň $j_{kr} = \omega^2 r$ tizlenmesiniň üsti arkaly takmynan aňlatmak mümkin:

$$j_{\max} \approx 1,2 j_{kr}. \quad (1.57)$$

Şeýlelikde, bu ýerden j_{\max} we $S_p n_o^2$ ululyklaryň merkezden daşlaşýan inersiýa güýjüni hem häsiýetlendirýändigigi gelip çykýar.

Tirsekli walyň aýlaw ýygylgy. Aýlaw ýygylgyny saýlap almak kompressor maşynlary taslamakda has çylşyrymly döwürleriň biri. Tirsekli walyň saýlanyp alnan aýlaw ýygylgyndan silindriň (degişlilikde, ähli maşynyň) ölçegleri, kompressory taýýarlamagyň metal sygymy (degişlilikde, düşýän gymmaty) we kompressoryň has agramly düwünleriniň uzak ömürliligi baglydyr. Kompressory häsiýetlendirýän has wajyp işçi koeffisiýentler (berijilik koeffisiýenti we PTK) hem walyň aýlaw ýygylgyna bagly (16-njy surat). 16-njy suratdan görnüşi ýaly, doly PTK, indikator PTK we berijilik koeffisiýentiň maksimal bahasyna gabat gelýän aýlaw ýygylgynyň üç optimal n_{o1}^* , n_{o2}^* , n_{o3}^* bahasy bar. Kompressor üçin doly PTK-nyň 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 parametrleriň üýtgemegi walyň aýlaw ýygylgynyň optimal bahasynyň üýtgemegine getirýär.

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

Belli bolşy ýaly, walyň aýlaw ýygylgynyň ýokarlanmagy bilen η_{meh} kiçelýär, sebäbi bu ýagdaýda sürtülme kuwwaty aýlaw ýygylgyna görä çalt artýar.

Walyň aýlaw ýygylgynyň silindriň ölçeglerine täsiri. Hemişelik işçi göwrümde aýlaw ýygylgynyň 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:

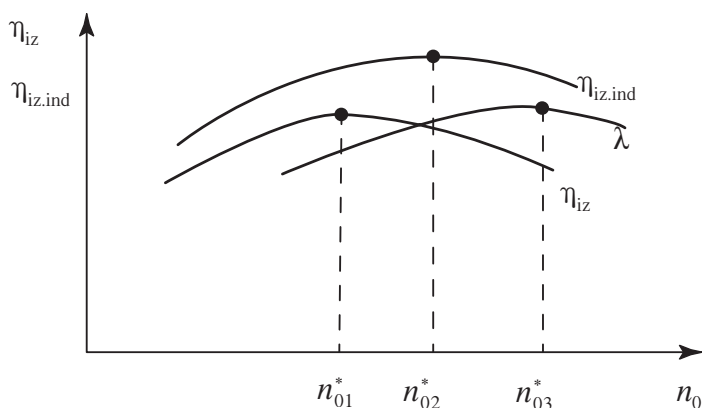
$$D = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi}} \cdot \sqrt[3]{\frac{V_h}{\psi n_o}},$$

ýa-da hemişelik işçi göwrümde:

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

bu ýerde B_1 – hemişelik ululyk.

Şeýlelikde, silindriň diametri getirilen aýlaw ýygylgy diýip atlandyrylýan ψn_o topluma bagly. Getirilen aýlaw ýygylgy ψn_o artanda, silindriň diamerti D we onuň bilen bagly ululyklar (kompressoryň uzynlygy, porşendäki gazyň basyşy we başgalar) kiçelýärler.



16-njy surat. PTK we berijilik koeffisiýentiniň tirsekli walyň aýlaw ýygylgyna baglylygy

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

Walyň aýlaw ýygylgynyň porşeniň orta tizligine täsiri. Silindriň göwrümini kesgitlemek üçin deňlemäni indiki görnüşde özgertmek mümkin.

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

Bu ýerden:

$$c_m = A_3 \sqrt[3]{V_2 (\psi n_o)^2}, \quad (1.59)$$

ýa-da $V_h = \text{const}$ bolanda:

$$c_m = B_2 (\psi n_o)^{\frac{2}{3}},$$

bu ýerde A_1, A_2, A_3, B_1 we B_2 – hemişelik ululyklar. V_h -iň we ψ -iň üýtgemeyän bahasynda orta tizlikde porşeniň ädiminiň kemelmesine garamazdan, aýlaw ýygylgyny ulalmagy bilen artýandygyny (1.59) aňlatmadan gelip çykýar. Häzirki kompressorlar üçin ψ -iň bahasy aşakda getirilen:

Vertikal, 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.

1.19. Köp basgançakly gysylma.

Köp basgançakly kompressor

Esasy düşüňjeler. Senagatyň dürli pudaklarynda, esasan 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 boldular. Köp basgançakly kompressorda gazyň gysylmasy yzygiderlikde birnäçe bir basgançakly kompressorlarda ýerine ýetirilýär. Gazy yzygider gysýan bir basgançakly kompressorlar *kompressoryň basgançaklary* diýip atlandyrylýar.

Gysylmanyň bir basgançagyndan beýlekisine geçende gaz sowadylýar. Doly we doly däl basgançagara sowadylmany tapawutlandyryýarlar. Doly basgançagara sowadylmasynda, ähli basgançaklarda sorulma temperaturasy birmeňzeş, ýagny, basgançaklaryň arasyndaky gaz I basgançakdaky sorulma temperatura çenli sowadylýar. Doly däl sowadyлма 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 tapawudy *sowadyлма* diýip atlandyrylýar. Köp basgançakly kompressorlar üçin kompressoryň göräli ýokarlanmasyny ε_k we basgançaklarda basyşyň göräli ýokarlanmasyny $\varepsilon_{bas.i}$ tapawutlandyrmak zerur.

Eger-de kompressoryň gysyp iteklenme basyşy $p_{g.i}$, kompressoryň sorulma basyşy p_s , I we II basgançagyň arasyndaky nominal basgançagara basyş p_{ml} , II we III basgançagara basyş p_{mII} we başgalar bolsa, onda z basgançakda alarys:

$$\varepsilon_k = p_{g.i} / p_s;$$

$$\varepsilon_{bas.I} = p_{mi} / p_s; \varepsilon_{bas.II} = p_{mII} / p_{ml}; \varepsilon_{bas.III} = p_{mIII} / p_{mII} \dots;$$

$$\varepsilon_{bas.z} = p_{g.i} / (p_{m(z-1)}); \text{ we } \varepsilon_k = \varepsilon_{bas.I} \cdot \varepsilon_{bas.II} \cdot \varepsilon_{bas.III} \dots \cdot \varepsilon_{bas.z},$$

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

Köp basgançakly gysylmany ulanmagyň esasy sebäpleri aşakda seredilen.

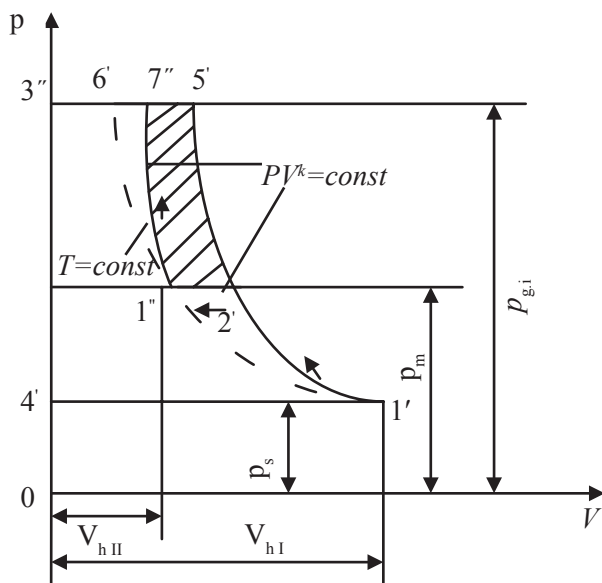
1.20. Nazary köp basgançakly gysylma

«Nazary köp basgançakly kompressor» düşüňjesini kesgitlemek. Öň bir basgançakly kompressoryň derňewini ýeňilleşdirmek üçin biz «Ideal bir basgançakly kompressor» düşüňjesini girizdik. Edil şol maksatlar üçin nazary köp basgançakly gysylmany amala aşyryan «Nazary köp basgançakly kompressor» düşüňjesini 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 temperaturasy birmeňzeş we I basgançakdaky sorulma temperaturasy 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.



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

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

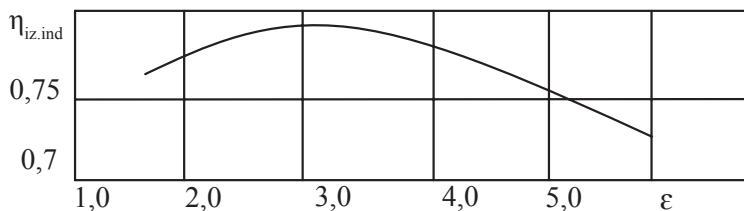
5. Gysylmanyň ähli basgançaklarynda gazyň şol bir mukdary gysylýar, ýagny, gazyň ýitgisi ýa-da basgançakdan geçende gazyň alynmasy bolmaýar.

Köp basgançakly nazary kompressoryň indikator diagrammasy. p - V koordinatalarda (17-nji surat) nazary köp basgançakly gysylmanyň şekillendirilişine seredeliň. Gysylmany iki basgançakda seredýäris (17-nji surat) 4' – 1' çyzyk I basgançaga sorulma prosesini şekillendirýär. I basgançakda gazyň gysylma prosesi 1' – 2' çyzyk bilen aňladylýar, ol adiabatada bolup durýar (4 we 5 ýol berilme). Basgançagara basyşa p_m ýetip, gaz I basgançagyň gysylmasyndan basgançagara sowadyja gelýär we 2 ýol berilmä laýyklykda hemişelik basyşda (ýitgisiz) (3 ýol berilme) T_s (1' nokatdaky temperatura) temperatura çenli sowaýar. 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 basgançakda gysylma 1" – 2" adiabata 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 4' – 1' – 5" – 3" çyzyklar bilen aňladylýar.

1.21. Bir basgançakly gysylmadan köp basgançakly gysylma geçmegiň sebäpleri

Bir basgançakda gazyň basyşynyň ýokarlanmasynyň temperatura çägi. Bir basgançakly kompressorda gazyň basyşynyň göräli ýokarlanmasynyň ε ululygynyň kompressoryň howpsuz işi bilen



18-nji surat. Izotermiki indikator PTK-nyň basyşyň göräli ýokarlanmasyna baglylygy

şertlenendigi ideal porşenli kompressoryň mysalynda görkezilipdi, sebäbi ϵ ýokary bahasynda bir basgançakly gysylmanyň ahyrynda gazyň ýokary temperaturasy alynýar we çalym ýaglarynyň dargama we onuň ýanmaklyk mümkinçiligini döredýär. Aýdylanlary häsiýetlendiriji $\epsilon = p_{g,i}/p_s$ - den bir basgançakly gysylmada $\Delta T = T_{g,i} - T_s$ temperaturanyň ýokarlanmasynyň baglylygy 4.2-nji suratda [13] görkezilen. Degişlilikde, ýokary basyşly gazy almak üçin gazy ϵ_{bas} ýol bererli bahalarynda işleýän yzygider birnäçe kompressoryň basgançaklarynda gysmaly, bu gysylma ýagdaýynda, 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 seredeniňde az bolýar. 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 koeffisiýenti, degişlilikde kompressoryň öndürjiligi basyşyň göräli ýokarlanmasynyň artmagy bilen azalýar. Eger-de kompressoryň berijilik koeffisiýenti $\lambda > 0,7$ bolsa, onda bu ýagdaýda kompressory ulanmak maksadalaýyk hasap edilýär. Şonuň üçin ýokary bahany almak üçin I basgançagyň ϵ_{bas} koeffisiýentini göwrüm koeffisiýentiniň we berijilik koeffisiýentiniň nukdaý nazaryndan amatly hasaplamak mümkin bolanda köp basgançakly gysylma geçmek maslahat berilýär.

Köp basgançakly gysylma geçilende göwrüm koeffisiýentiniň ýokarlanmasy I basgançagyň silindrinin degişlilikde, ähli kompresso-ryň ölçegini gysgaltmaga mümkinçilik berýär.

Basgançakda basyşyň göräli ýokarlanmasynyň kesgitli ba-hasynda PTK-nyň maksimal ululygynyň barlygy. Sorujy we gysyp itekleýji klapanlarda we sowma geçirijisinde energiýanyň ýitgilerini hasaba almak bilen, basgançakda basyşyň göräli ýokarlanmasyndand ε_{bas} izotermiki indikator PTK-nyň baglylygy 18-nji suratda görkezilendir. $\varepsilon_{bas} > 3$ bolanda, $N_{iz.ind}$ pese düşmesi ideal izotermiki kompresso-ryň we politropiki kompressoryň indikator işiniň arasynda tapawudyň yzygider ýokarlanmasy bilen şertlenendir.

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

1.22. Gysylma basgançagyň sanyny saýlamak

Basgançagara basyşyň amatly bahalary p_{mi}^* kesgitlenilenden soňra sorag ýüze çykýar, kompressoryň amatly ε_p^* , ε_{II}^* , ε_{III}^* we ş.m. işlemegi üçin näme etmeli?

Nazary köp basgançakly gysylmanyň basgançagynda basyşyň göräli ýokarlanmasy, degişlilikde, seredilýän basgançakda basgançagara basyş şu we indiki basgançakda porşeniň häsiýetlendirýän göwrümleriniň gatnaşygyna deňdir. 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 $\varepsilon_I=3$. Hakykatdan hem, gysylma şol bir T_s temperaturada başlanýar, onda I basgançagyň gysylmasynyň başynda we II basgançagyň gysylmasynyň başynda gazyň parametrlerindäki aňlatmada özara baglanyşykly $p_{sI}V_{hI} = p_{sII}V_{hII}$. Ideal kompressorlaryň öndürilijiligi häsiýetlendirilýän göwrümlere deňdir, 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 deňdir.

Gysylma basgançagyň sanyny saýlamak. Ýokarda bellenilip 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 artmagyna, şeýle-de yzygider kemelmegine getirer. Başga tarapdan, hakyky bir basgançakly kompressorda basgançagyň sanynyň artmagy bilen klapanalarda, basgançagara 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:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_I \varepsilon_{II} \varepsilon_{III} \dots \varepsilon_z \text{ we } \varepsilon_{bas} = \varepsilon_I = \varepsilon_{II} = \varepsilon_{III} = \dots = \varepsilon_z = \sqrt[z]{\varepsilon_k}.$$

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

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

bu ýerde: $K_p - 1,1 - 1,2$ deň bolan koeffisiýent.

Gysylma basgançagyň sanyny ahyrky deňlemeden almak mümkin:

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

Adatça ε_{bas} bahasy 2,5-den 5,0 çenli aralykda bolýar.

1.23. Porşenli kompressoryň hasaplamalarynda gazyň realdygyny hasaba almak

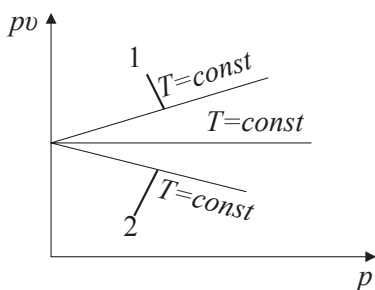
Porşenli kompressory hasaplamagyň ýokarda getirilen temalardaky inženerçilik usullarynda ideal gaz gysylýar diýlip çak edilen we onuň ýagdaýynyň deňlemesi $p\nu=RT$ deňlemede kesgitle-

nilen. Hakykatdan hem, köp ýagdaýlarda gysylýan gaz özüniň almatlary boýunça idealdan köp tapawutlanmaýar diýlen çaklama, şeýle alnanda kanunalaýykdyr. Emma ýokary basyşlarda gazlaryň almatlary ideal gazyň almatlaryndan tapawutlanýar we bu ýagdaýda $p \neq RT$ ýüze çykýar. Şeýle ýagdaýda bu gazlara real gazlar diýilýär. Gowşak gyzdyrylan buglar hem $p \approx RT$ deňlemä boýun egmeýär.

Ideal gazyň almatlaryndan real gazyň almatlarynyň gysarmasy. Synag maglumatlarynda belli bolşy ýaly, gazlaryň almatlary köp ýa-da az derejede ideal gazyň almatlaryndan tapawutlanýar. Kompressoryň taslamasynda we hasaplamasynda real gazyň gysylmasynyň ideal gazyňkydan gysarmasy aýdyň ýüze çykýar. «Gazlaryň gysylmagy» düşünjesini beýan 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 $p \approx \text{const}$ bolýar.

19-njy suratda $T = \text{const}$ bolanda $p \approx \text{const}$ köpeltmek hasyly doýgun gorizonta 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 - ä çenli basyşyň izotermiki ýokarlanmasyna seredeliň. Goý, $p_2/p_1 = 2$ bolsun. Ideal gazyň $p \approx \text{const}$ köpeltmek hasylynyň üýtge-



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

meýänligi sebäpli, basyşy 2 esse artdyrmak üçin gazyň göwrümini 2 esse kiçeltmeli. Real gazlaryň gysylyjylygy basyşdan we temperatura-dan baglylykda ideal gazyň gysylyjylygyndan uly ýa-da kiçi bolup biler (20-nji surat).

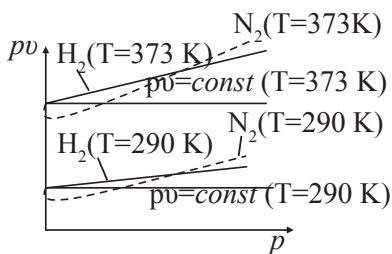
Real gazlaryň gysylyjylyk häsiýetnamalary. Gazlaryň gysylyjylyk häsiýetnamasynyň has giňden ýaýran koeffisiýenti α bolup durýar,

onuň bilen real gazlar üçin ýerlikli bolan $pv \neq RT$ deňleme, indiki deňlige öwrülýär:

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

(1.63) deňlemeden alarys:

$$\xi = pv/RT. \quad (1.64)$$



20-nji surat. Basyşa we temperatura pv baglylygy

Real gazlar üçin ξ bahasy hemişelik däl, gazyň basyşyna, temperaturasyna we onuň jynsyna bagly we 1-den kiçi ýa-da uly bolup biler. Ideal gazlar üçin $\xi=1$.

Real gazyň gysylyjylygynyň ideal gazyň gysylyjylygundan gyşarmasyny gysylyjylyk derejesi ρ bilen häsiýetlendirmek mümkin.

$$\rho = pv/p_0v_0, \quad (1.65)$$

bu ýerde p_0 – standart atmosfera basyş, kPa ($p_0=101,3$ kPa); $v_0 - p_0$ we $T_0=273$ K bahalarda udel göwrüm. Gysylyjylyk derejesi gazyň basyşyna, temperaturasyna we jynsyna bagly. ρ indiki görnüşde görkezmek kabul edilen: $\rho = C_1 + C_2p + C_3T$, bu ýerde C_1, C_2, C_3 – koefisiýentler. ρ we ξ arasynda baglanyşyk bar. p_0 we v_0 parametrlerde gazyň ýagdaýy $p_0v_0 = \xi_0 RT_0$ 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 gysylyjylygynyň gyşarmasyny deňeşdirmek üçin gysylyjylygyň gyşarma görkezijisi β (m^2/N) ulanylýar:

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

Gysylyjylygyň gyşarma görkezijisi β gazyň basyşyna, temperaturasyna, we jynsyna baglylykda üýtgeýär.

1.24. Kompressoryň çyzgysy we gurluşy. Esasy ülüşleriň (detallaryň) konstruksiýasy

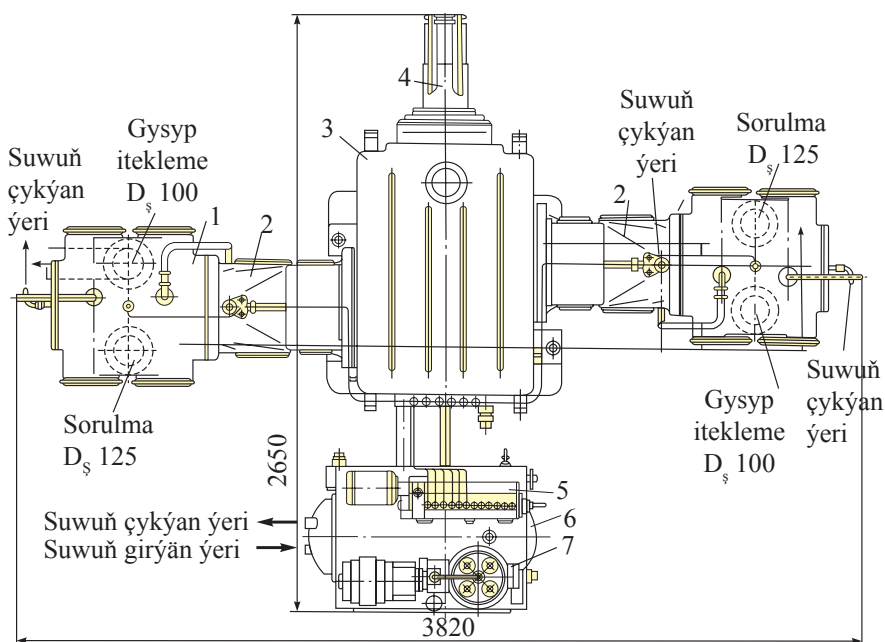
Sowadyjy maşynlaryň kompressory sowadyjy jisimi kondensasiýa basyşa çenli gysmak we onuň aýlawyny üpjün etmek üçin niýetlenendir. Kompressorlaryň esasy görnüşleri: 1) porşenli kompressorlar; 2) aýlanýan we tigirlenýän porşenli rotorly kompressorlar; 3) merkezden daşlaşýan ýa-da turbokompressorlar; 4)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

Kompressorlar Q_0 sowuk öndürijiligi we N sarp edýän kuwwaty boýunça üç topara bölünýär: 1) kiçi – $Q_0 \leq 9,3 \text{ kWt}$; $N \leq 5 \text{ kWt}$; 2) orta – $Q_0 = 9,3 \div 58 \text{ kWt}$; $N = 5 \div 20 \text{ kWt}$; 3) uly – $Q_0 \geq 58 \text{ kWt}$; $N \geq 20 \text{ kWt}$ ($t_0 = -15^\circ\text{C}$; $t_k = 30^\circ\text{C}$ temperaturalarda).

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

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

derejesi we sökölme mukdary boýunça kompressorlar indiki görnüşlere bölünýär: sökölmeýän oturdyňan elektrik hereketlendirijisi bilen bir gapda kebşirlenen germetik; salniksiz oturdyňan hereketlendirijili, emma sökölýän gapakly; basyş astyndaky sowadyjy jisimiň buglaryndan doldurylan salnikli karteri bilen; tirsekli walyň hereketlendiriji tarapy salnik berkitmeli (kreýskopfsyz), aýyk karterli we silindrden ştok çykanda, salnik bilen berkitmeli (kreýskopfly iki taraplaýyn täsirli). Hereketlendirijiniň görnüşü boýunça kompressor mufta arkaly kompressoryň waly bilen elektrohereketlendirijiniň walynyň gös-göni birleşmegi, remen berijilik arkaly elektrohereketlendirijili we elektrohereketlendiriji bilen bir walda ýerleşen görnüşlerde bolýar.

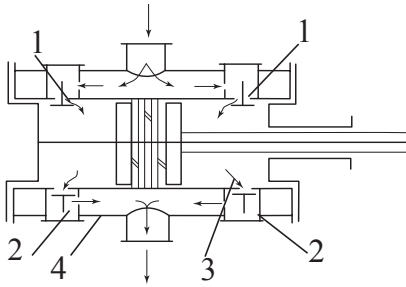


21-nji surat. Ammiakda işleýän gapma-garşylykly kompressor:

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

1.25. Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressorlar

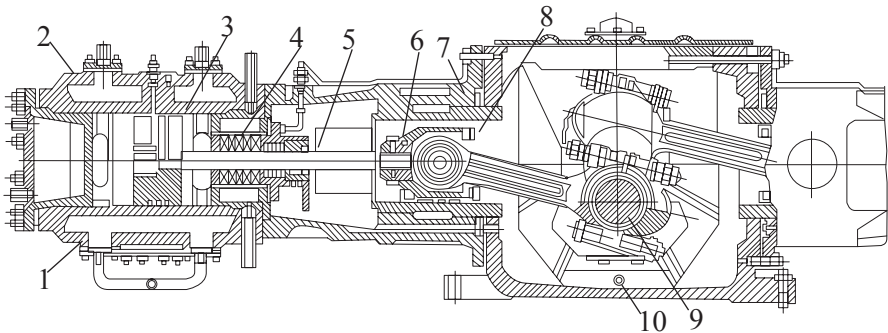
Iki taraplaýyn täsirli kreýskopfly göni akymsyz kompressorlar $Q_0=465\div 1400$ kWt-a eýedir. Silindriň ýerleşişini boýunça olar gorizont tal bir çyzykly, gorizont tal iki çyzykly, gorizont tal oppozit (silindrleri biri-biriniň garşysynda ýerleşen).



22-nji surat. Gorizont tal kompressoryň täsir esasy

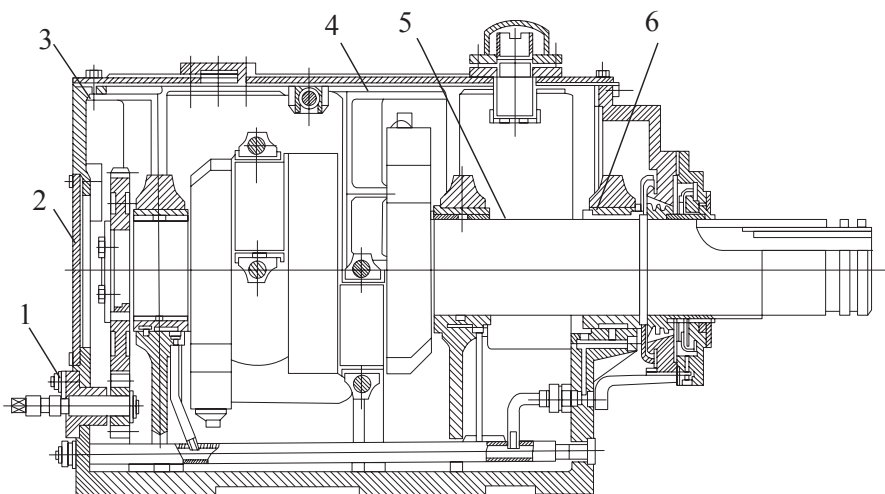
Iki taraplaýyn täsirli gorizont tal kompressoryň täsir esasy 22-nji suratda görkezilen. Porşen (4) çep gyraky ýagdaýdan hereketlenende silindriň (3) çep giňişliginiň porşeniň täsiri ýetmeýän göwrümünde galan bug ilkişada sorujy turbageçirijidäki buguň basyşyndan az-kem pes basyşa çenli giňelýär. Soňra çep sorujy klap (1) açylýar

we sowadyjy jisimiň bugy silindriň çep giňişligine sorulýar. Porşen yza hereketlenende çep klap (1) ýapylýar we silindrdäki bug gysyp itekleýji turbageçirijidäki basyşdan uly basyşa çenli gysylýar. Bu basyşda bug gysyp itekleýji çep klap (2) arkaly kondensatora gysyp iteklenýär. Silindriň çep giňişliginde bug gysylanda, sag tarapda ol (1) sorujy klap arkaly sorulýar, soňra gysylýar we sag klap (2) arkaly gysyp iteklenýär.



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

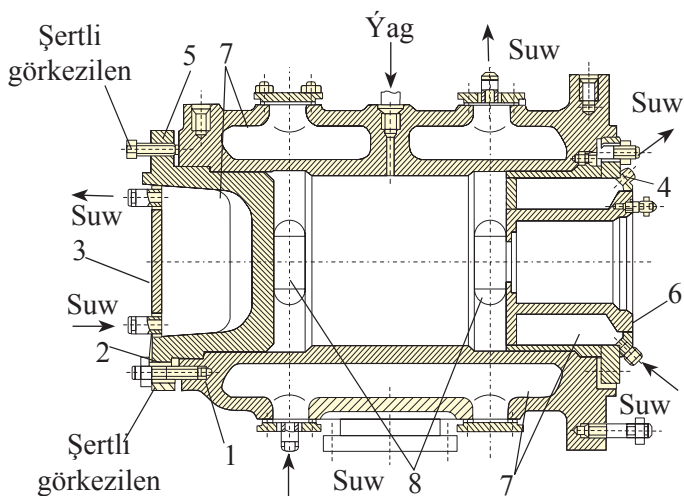
1-suw bilen sowatmak üçin köýnek; 2-silindr; 3-porşen; 4-salnik; 5-ştok; 6-kreýskopf; 7-kreýskopfy gönükdiriji; 8-şatun; 9-tirsekli walyň kriwoşipi; 10-rama



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

AO-600P, AO-1200P, DA-O275P, DA-O550P, DA-OH350P, DA-O175P kysymly kompressorlar bir nusga getirilen hatary (porşeniň ädimi 220 mm, aýlaw ýygylygy $n=8,33 \text{ s}^{-1}$) emele getirýär. Harplar kompressoryň görnüşini aňladýar: A – ammiakda işleýän, O – oppozit, D – iki basgançakly. H harp bu kompressoryň gaýnama temperaturasy – 50°C we ondan pes temperaturalarda işlemäge niýetlenendigini görkezýär. Harp belliklerinden soňra duran sanlar kompressoryň sowuk öndürijiligini (müň. kkal/sag) görkezýär. Kompressoryň esasy düwünleri: fundamentli rama; silindr; sorujy, gysyp itekleýji we gorag klapanlaryň toplumy; hereket mehanizmi; salnikli berkitme; ýaglaýyş agregaty.

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 çöyundan taýýarlanyl­an, içinden gapyrgalanan, guýma gutyny emele getirýär. Rama fundamente iki paşmaklary bilen daýanýar, olar­da fundament boltlar üçin yş goýlan. Ramanyň kese-kesiginiň diwaryn­da (5) walyň (6) podşipnikleri goýulýar, gapdal diwarda – gönüburçly flanes, oňa kreýskopfy ugrukdyryjylar berkidilýär. Elektrik hereketlen-



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

diriji tarapyndan ramanyň gapdal ýşy çöýun gapak bilen ýapylan, onda elektrik hereketlendirijiniň detailyna ýagyň düşmeginiň önüni alýan walyň (7) berkidijisi ýerleşýär. Garşy tarapdaky gapdal ýş bitewi gapak (2) bilen ýapylýar, onuň aşagynda walyň öwrümi (1) ýerleşýär. Rama ýokarsyndan esasy gapak (4) bilen ýapylan.

Kreýskopfy ugrukdyryjy. Ugrukdyryjy – bu çöýunly guýma, oňa çalşylýan çöýun gilza oturdylýar. Kreýskopfy ugrukdyryjy dört göze eýe, olar arkaly barmaklary basyp çykarmak, kreýskopf bilen ştoğuň birleşmesiniň abatlanmasy we salnige ideg etmek amala aşyrylýar.

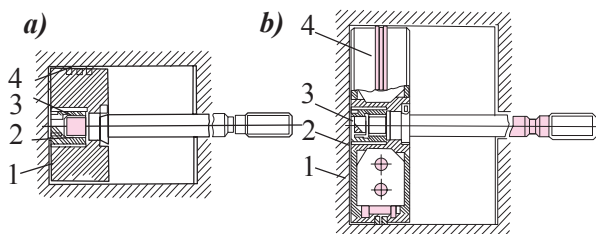
Silindr. Silindrde porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlikde galan gazyň giňelmesi, bugardyjydan buguň sorulmasy, buguň gysylmagy we onuň kondensatora iteklenmegi bolup geçýär. Silindrde sorujy we gysyp itekleýji klapanlaryň ýerleşmegi üçin göz ýerleşdirilendir. Gapak silindr bilen şpilkalaryň kömeginde birleşýär. Silindrler klapan gözleriň radial ýerleşmesinde çöýundan guýlan (25-nji surat). Bir basgançakly we iki basgançakly kompressorlaryň ýokarky basgançagyň silindri suw arkaly sowadylma eýedir.

Kompressoryň silindrinde porşeniň täsiri ýetmeýän giňişlik.

Hereketlenýän mehanizmleriň detallarynyň ýylylyk giňelmesini kompensirlemek üçin, şeýle-de kompressor taýýarlanylanda we ýygnylanylanda emele gelen nätakyklyklar sebäpli porşen hiç haçan silindriň gapagyna berk barmaýar, uly bolmadyk yş galýar, bu yş *porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly giňişligi* diýilýär. Hereket mehanizminiň uzynlygy näçe uly bolsa, porşeniň täsiri ýetmeýän çyzykly giňişligi şonça hem uly bolýar.

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

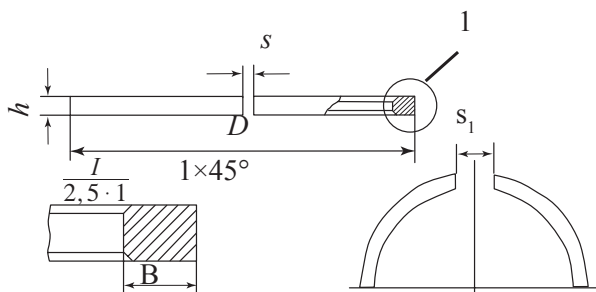
Gorag klapanlary. Şeýle klapanlar gysyp iteklenme we sorulma basyşyň tapawudy ýokarlanan ýagdaýynda çaknyşmagyň önüni



26-njy surat. Gapma-garşylykly kompressoryň porşeni:

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

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 sorujy tarapa geçýär we çaknyşma mümkinçiligi aradan aýrylýar.



27-nji surat. Porşeni berkidiji halkalar s – silindre halka oturdylanda birikmedäki ýylylyk yş; s_1 – erkin ýagdaýda birikmäniň ölçegi

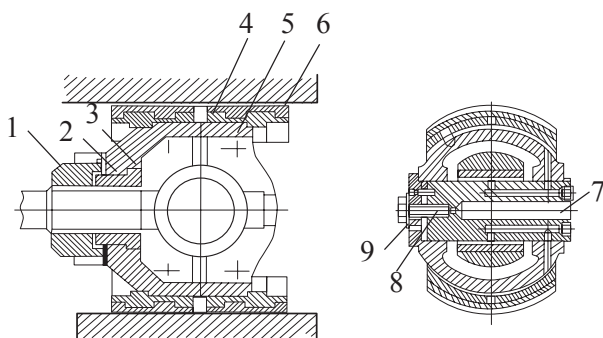
Kreýskopfly kompressoryň hereket mehanizmi. Mehanizm porşenden, ştokdan, kreýskopfdan, şatundan, düýp waldan durýar.

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

Berkidiji halkalary oturtmak üçin porşende kanalyklar goýulýar.

Porşen halkalarynyň silindriň üstüne berk ýapysmaklygy netijesinde silindriň içki üstüniň we hereketlenýän bölekleriniň arasynda berkligi döredýär we gysylma giňişlikden buguň akyp geçmegine päsgel berýär.

Porşen halkalaryň işindäki defektler kompressoryň öndürilijiligine, kuwwatyna we ygtybarlylygyna täsir edýär. Porşen halkalar dilikli taýýarlanylýar we erkin ýagdaýda olaryň diametri silindriň diametrinden ulydyr. Şonuň üçin, silindrde ýerleşmek bilen, halka materialyň tebigy maýyşgaklyk täsirinde silindriň diwaryna basyş edýär, mundan başga-da, çalgý üçin silindre berilýän ýag halkanyň berkligini ep-esli ýokarlandyryň gatlagy emele getirýär. (27-nji surat). Halkanyň ýylylyk giňelmesini sazlamaklyk üçin iş ýagdaýynda porşeniň diametriniň 0,005–0,007 ululygynda diligiň yşy goýulýar. Oňat taýýarlanan hal-



28-nji surat. Gapma-garşylykly kompressoryň kreýskopfy:
1-kontgaýka; 2-ştopor şaýba; 3-іçki gaýka; 4-prokladka; 5-kreýskopfyň korpusy;
6-polzun; 7-barmak; 8-nurbat; 9-şaýba

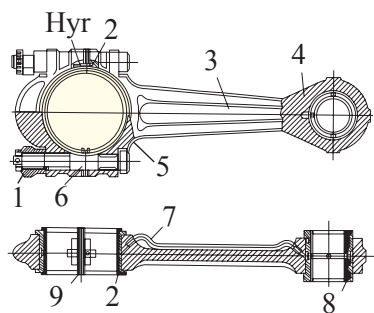
kalarda berkdällik sebäpli ýitgiler halkanyň we silindriň arasynda ýa-da halkanyň we porşeniň kanalyklarynyň arasynda döreýär. Porşen halkalarynyň iş uzaklygy, esasan, materialyň hiline baglydyr.

Ştok, kreýskopf bilen porşeni baglanyşdyryjy. Ol berk bolmaly.

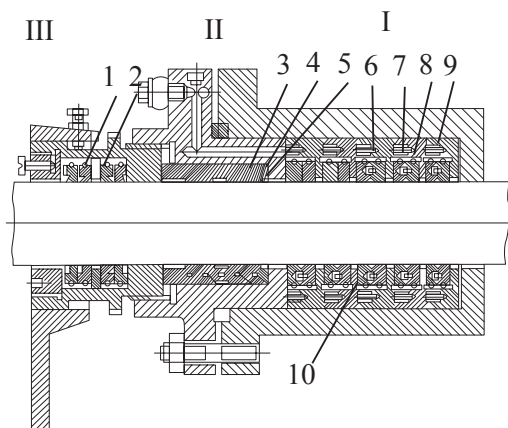
Kreýskopf şatun bilen gönüçyzykly hereketi amala aşyran porşeniň ştoguny birleşdirýär. Kreýskopf (28-nji surat) – ýapyk görnüşli çykarylýan polzunly (6), kreýskopfyň daşy (korpusy) (5) polat guýmadan edilýär, polzunlar alýumin splawdan taýýarlanylýar. Daşyň we polzunyň arasynda polat prokladkalar goýulýar, olaryň kömegi bilen kreýskopfyň oky ugrukdyryjynyň okuna utgaşdyrylýar. Kreýskopf şatuna barmagyň (palsynyň) (7) kömegi bilen birleşýär.

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

Şatun boltlar kompressoryň has jogapkärli üleşlerine degişli. Olaryň döwürmegi has agyr çaknyşyklara eltirip



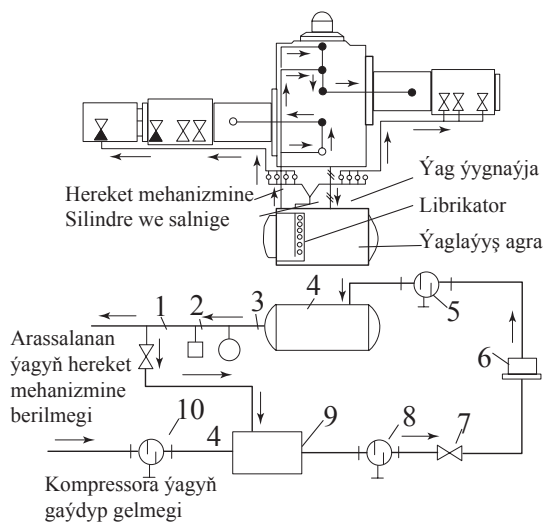
29-njy surat.
Gapma-garşylykly kompressoryň şatuny



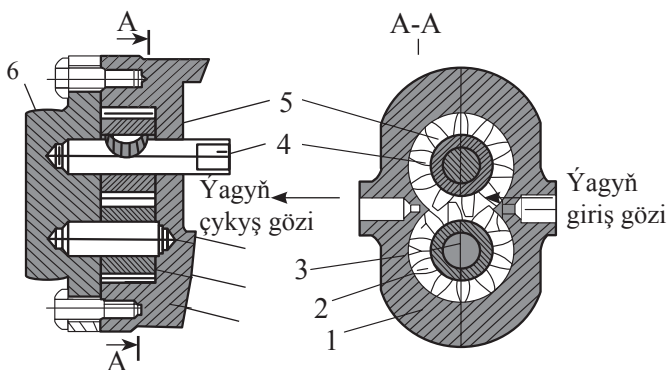
30-njy surat. Gapma-garşylykly kompressoryň salnigi

biler, sebäbi aýlanýan walyň tirseginin 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.



31-nji surat. Gapma-garşylykly kompressoryň ýaglanýş çyzygysy



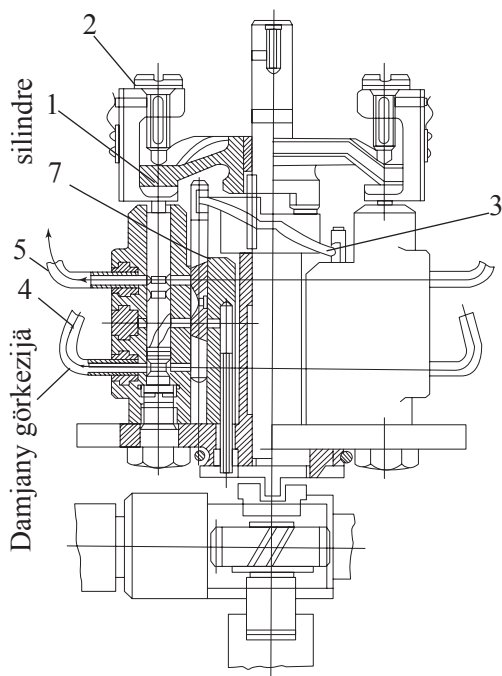
32-nji surat. Şesternaly ýag nasos:

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

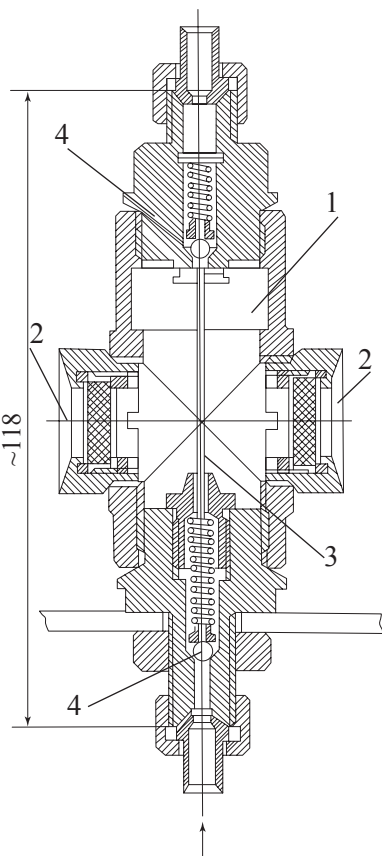
Salnikli berkitme. Ol gapagyň önünden çykyan ýerinde ştoгы berkidýär we kompressoryň silindrinden sowadyjy jisimiň syzmasynyň ýa-da atmosfera basyşdan pes basyşlarda silindre howanyň sorulmagynyň önüni alýar. Salnikli berkitme özünde (I) salnigi, (II) öňsalnigi we (III) ştoгуň ýag aýryjysyny saklaýar (30-njy surat).

Salnik baş çоýun kameradan (9) durýar, olaryň her birinde iki görnüşli berkidiji halka ýerleşýär (degişlilikde 7 we 6). Halkalar jübüt-jübütünden (9) kameralara oturdylýar. Alty bölege kesilen (7) 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 puržin (8) arkaly gurşalýar, ol halkanyň we ştoгуň arasynda öňisyrä berkitmäni döredýär. Berkidiji halkany ştoга gysýan esasy güýç halkalaryň we ştoгуň arasyndaky yşda ýag gatlagynyň we kameradaky basyşyň tapawudynyň hasabyna bug döredýär. Puržini oturtmak üçin halkalaryň daşky we içki üstleri boýunça ýag gatlaklaryny döretmek üçin kanalyklar bar.

Halkalaryň şeýle konstruksiýasy salnigiň öz-özünden sazlanylmasyny üpjün edýär: ştok gyzanda we onuň giňelmesinde puržin dartylyp süýnýär we halka giňelýär, ştok sowanda puržin gysylýar we halkany ştoга radial gysýar, şeýle ýagdaý ştoгуň iýilmesinde hem bolup geçýär.



33-nji surat. Lubrikator



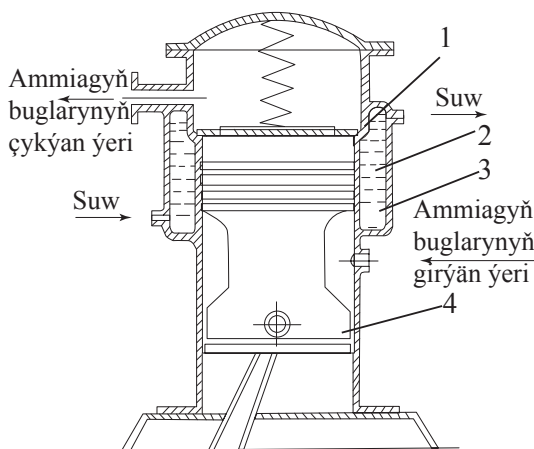
34-nji surat. Damja görkeziji göz

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

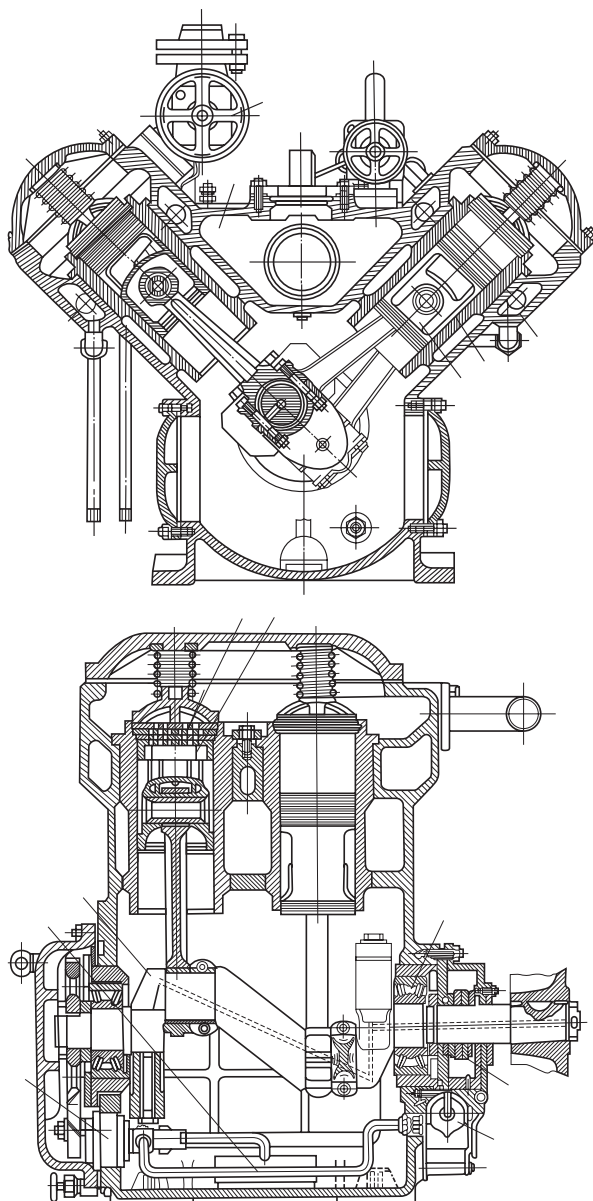
Ýaglamak üçin ähli elementler kompressoryň golaýynda fundamentde oturdylan agregata birleşdirilen (31-nji surat). Ýaglaýyş agre-

gatyna ýag ýygnaýjy, ýag sowadyjy, süzgüç, şesternaly nasos, lubrikator, nasos üçin elektrik hereketlendiriji degişli.

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



35-nji surat. Wertikal göni akymly kompressoryň hereketi



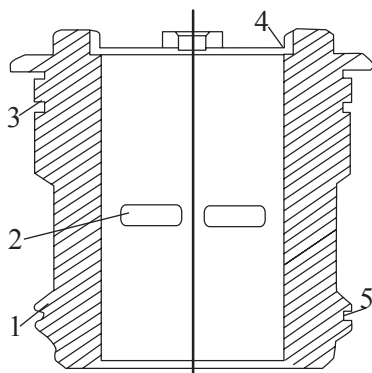
36-njy surat. Ammiakda işleýän AV-200 kysymly kreýskopfsyz kompressor:

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

boýunça ýag kriwoşip mehanizmlere barýar we şatunyň boýundaky turbajyk boýunça kpeýskopfyň barmaklaryna barýar. Ýag ýaglanýş ýerinden akyp, ýag ýygnaýja gaýdyp gelýär. Hereket mehanizminiň ýaglanýş basyşyny (1,47 – 2,45) 10^5 Pa çäklerde saklamak zerur.

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) nasosyň (6) plunžerini herekete getirýär, aşaky (3) paýlaýjy zolotnigi (7) hereketlendirýär. Disk walyň her bir aýlawynda bir-iki ädimi, plunžer – iki ädim eder ýaly profilirlenen. Zolotnigiň gözünüň ýerleşşi şeýle, plunžeriň aşak birinji ädiminde ýag rezerwuardan aşaky aýryjy 4 boýunça damjany görkezijä berilýär, damja görkezijä gelen ýagyň aşaky ikinji ädiminde, ýokarky aýryjy (5) boýunça kompressoryň silindrine gysyp iteklenýär. Berijiligi (2) hyry aýlamak arkaly sazlaýarlar, onuň bilen plunžeriň tutawajynda erkin hereketi üýtgedýärler. Lubrikator kompressoryň ramasynda oturdylan elektrik hereketlendirijiden hususy priwoda eýe.

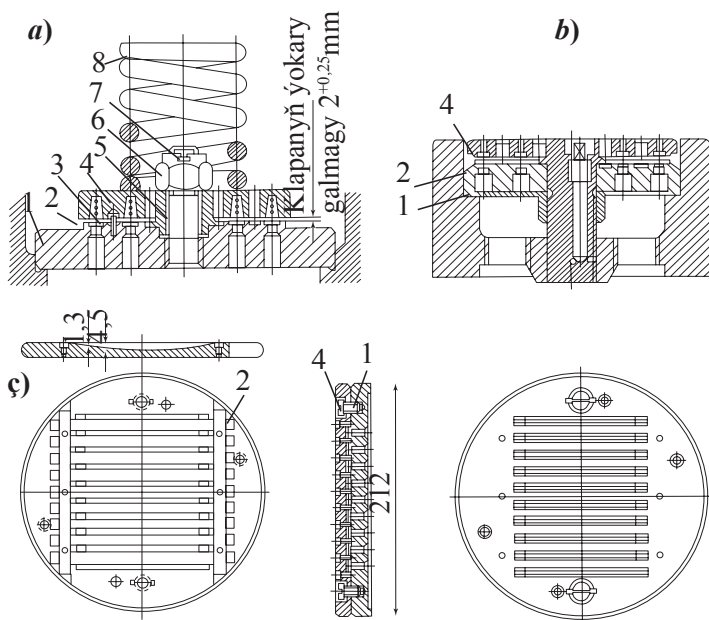
Ýagyň berilmegine gözegçilik etmek üçin damja görkeziji gözler (34-nji surat) ulanylýar. Pleksiglesden iki serediş gözenejiklere (2) eýe bolan gözüň ballonjygy (1) gliserin arkaly doldurylan. Onuň oky boýunça simli sapak (3) çekilen, ol boýunça ýagyň ýokary galýan damjalary typýar. Ýagyň girişinde we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



37-nji surat.

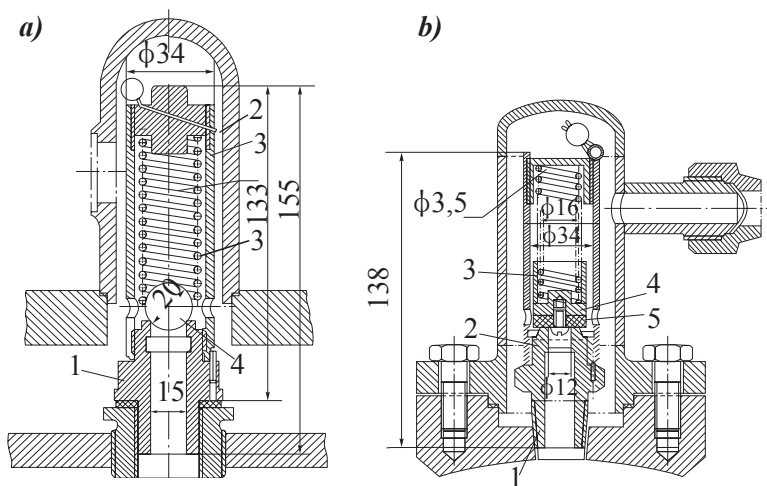
Göni akymly kompressoryň silindriniň gilzasy:

1-gilzanyň daşy (korpusy); 2-sorujy göz; 3,5-berkidiji prokladkalar üçin protoçkalar; 4-gysyp itekleýji klapanyň oturdylýan giňişligi



38-nji surat. Plastinkaly klapanylar:

a) halkaly gysyp itekleyji; b) halkaly sorujy; c) zolakly;
 1-eýer (ýalan gapak); 2-plastinalar; 3-puržinler; 4-rozetka;
 5-şpilka; 6-gaýka; 7-şplint; 8-buferli pružin



39-njy surat. Gorag klapanylar

1.26. Porşenli bir basgançakly kreýskopfsyz kompressorlar

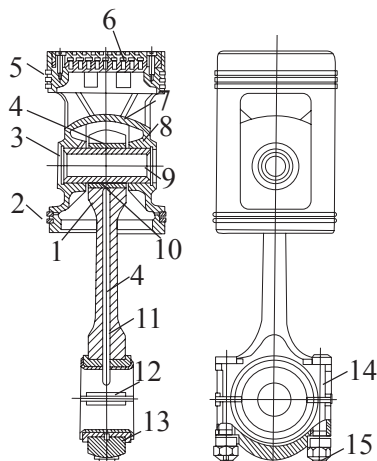
Kreýskopfsyz kompressorlar göni akymly we göni akymсыz bolýar. Kreýskopfsyz göni akymly kompressoryň täsir esasy 35-nji suratda görkezilen. Porşen (4) aşak hereketlenende silindriň göwrümi artýar we silindrde galan buguň basyşy peselýär. Silindrdäki basyş bugardyjydaky basyşdan pes bolanda, sorujy klapany (2) açýlýar we bug sorujy turbageçirijiden kompressoryň silindrine baryp başlaýar. Porşen (4) ýokary hereketlenende sorujy klapany ýapýlýar, bug gysylýar we silindrdäki (3) buguň basyşy gysyp itekleýji turbadaky buguň basyşyndan uly bolanda, gysyp itekleýji klapany (2) açýlýar, silindrdäki bug gysylyp çykarylýar.

Kompressorlar blok-karterli, bir basgançakly, göni akymly bolýar. AW-100, AVV – 200, AVV – 400 kysymly kompressorlar porşeniň 130 mm ädiminde bir nusga getirilen hatary düzýär. Kompressor AV-300 porşeniň 150 mm ädimine eýe. Kompressor AV-100 iki silindrli, wertikal; AV-200 dört silindrli, V – görnüşli, silindrleriň arasyndaky burç 90°; AVV-400 – sekiz silindrli, silindrleriň arasyndaky burç 45°; AV-300 – dört silindrli silindrleriň arasyndaky burç 75°.

36-njy suratda AV-200 kysymly kreýskopfsyz kompressor görkezilen.

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

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



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

Silindriň gilzasy. Gilza – çoýundan guýlan. 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.

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

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

Olarda halkaly plastinanyň (2) ýerine zolakly plastinany ulanýarlar, bu klapanlarda (1) eýere oturma gönüçyzykly 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 puržin arkaly silindriň burtigine gysylýp, ýalan gapagy emele getirýär, bu bolsa silindre suwuklyk düşende kompressory gidrawliki urgudan goraýar. Gysyp itekleýji klapanlaryň geçiş kese-kesigi buguň uly tizligine hasaplanylýar. Olar suwuklygyň çykyşyny üpjün etmeýär, şonuň üçin suwuklyk düşende silindrde basyş artýar, onuň täsirinden buferli puržin gysylýar, ýalan gapak galýar 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 atlandyryýarlar.

Gorag klapanlary. Kreýskopfsyz kompressorlarda puržinli öz-özünden hereketlenýän şarikli we oýmakly gorag klapanlar ulanylýar. Şarikli gorag klapany (*39-njy surat, a ýagdaý*) (1) eýerden, (2) daşdan (korpusdan), (3) puržinden we (4) şarikli klapanan

durýar. Şeýle klapanlarda klapanyň metal işçi üstüniň we eýeriň arasynda basyşyň birinji zyňylmasyndan soňra doly berkitme üpjün edilmeyär. Soňky wagtlarda oýmakly klapanlar ulanylýar, olarda klapanyň rezin halkalara ýumşak berkidilmesi döredilýär. Oýmakly klapan (1) eýerden, (2) daşdan (korpusdan), (3) puržinden, (5) rezinden taýýarlanylýan berkidiji rezin halkaly (4) klapandan durýar. Puržini 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 sfirik aralygy diwar (7) arkaly bölünýär.

Ýenilleşdirmek üçin porşenleri gapdal üstleri kesikli boş sudurly taýýarlaýarlar; kesikler şeýle-de sürtülme işini kemeldýär (*40-njy surat*). (5) berkidiji halkalardan başga-da tagtly porşenlerde (2) ýag aýryjy halkalar bar, olar karterden gelýän silindriň üstündäki artykmaç ýaglary aýyrmak üçin niýetlenen. Olar porşeniň aşaky gyrasynda oturdylýar. Ýag aýryjy halkalaryň ýok ýa-da olaryň nädogry oturdylan ýagdaýynda ýag silindre artykmaç mukdarda düşýär, bu bolsa onuň artykmaç sarp edilmegine, klapanlarda we turbageçirijilerde ýangynyň emele gelmegine, şeýle-de ýylylyk çalşyjy apparatlaryň üstünde ýag gatlaklarynyň çökmegine getirýär, bu bolsa apparatyň işini peseldýär. Ýag aýryjy 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 aýryjy halkanyň kanaljygynda-da edilen.

Kriwoşip-şatun mehanizmi. 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

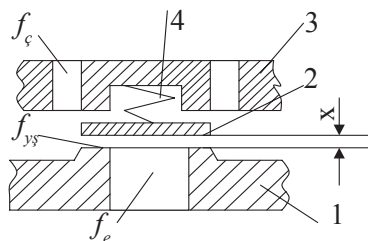
polat we sazlaýjy aralyk gatly (prokladkaly) (12) , babbitli goýlan we iki polat wkładysly aşaky sökülýän kelleli (11). Şatunyň tutawajyny (skobyny) steržene koronçaty gaýkada (15) iki nurbat (14) arkaly berkidilýär.

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

1.27. 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 (41-nji surat).

Gazyň klapanlardaky akymy, eýerdäki geçiş meýdanyň f_e , eýer bilen plastinanyň arasyndaky yşyň geçiş meýdanyndan f_{ys} we çäklendirijidäki geçiş meýdandan f_ϕ kesgitlenilýär. Gaz klapandan geçende gidrawliki garşylygyň hasabyna gysylan gazyň energiýasy ýitirilýär. Klapanlarda energiýanyň ýitgisi kompressoryň walyna berilýän ähli energiýanyň 35%-ne ýetip bilýär. Bularyň hemmesi porşenli kompressoryň klapanlarynyň dogry saýlanylmagynyň we gurnalmagynyň wajypdygyny görkezýär.



41-nji surat. Öz-özünden hereketlenýän klapanyň gurluşy:
1-eýer; 2-plastina;
3-galmany çäklendiriji; 4-puržin.

Klapanlarda gidrawliki garşylyklar sebäpli ýüze çykýan energiýanyň ýitgilerini azaltmak üçin, köplenç kompressoryň silindrinde klapanlaryň köp sanysyny ýa-da uly geçiş kese-kesikli klapany goýmaga çalyşýarlar. Şonuň netijesinde, klapanlarda gazyň akýş tizligini azaltmak bolýar. Häzirki zaman

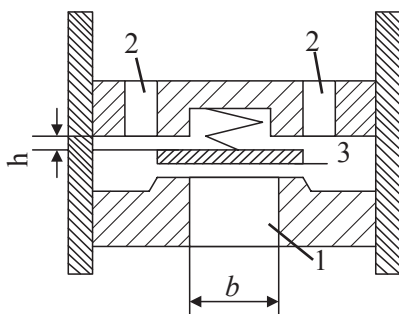
porşenli kompressorlaryň synaglaryndan häzirki zaman porşenli kompressorlarda öz-özünden hereketlenýän klapanalaryň dürli görnüşi ulanylýar. Pes we orta basyşly kompressorlarda köplenç plastinkaly, şeýle-de halkaly, disk şekilli, zolakly, göni akmaklyga esaslanan, gülyapprakly klapanalary giňişleýin ulanylýar. Ýokary basyşly kompressorlarda köplenç halkaly, disk we kömelek şekilli klapanalary ulanylýar. Klapanalaryň ähli görnüşlerini, gurluşy boýunça çäklendirijilere plastinanyň urulmagy netijesinde, demfirlenýän we demfirlenmeýän klapanalara bölmek mümkin. Başga-da sürtülmeli we sürtülmesiz klapanalary tapawutlandyrmak mümkin.

Klapanalardan edilýän talaplar. Porşenli kompressorlaryň öz-özünden hereketlenýän klapanalary talaplaryň birnäçesine gabat gelmeli. Olardan esasylyry: porşeniniň täsiri ýetmeýän az boş giňişligi; geçýän gazyň akymyna az gidrawliki garşylyk; klapanyň berkligi; ygtybarlyk; uzak ömürlilik we özara çalyşylyk.

Kompressoryň silindrinde hemişe porşeniniň täsiri ýetmeýän giňişligi bar. Olar klapanalarda kanallaryň barlygy bilen şertlenendir we ol silindriň boşlugyndan klapanyň baglaýjy organlaryna çenli gazyň geçmegi üçin hyzmat edýär. Mysal üçin, gysyp itekleýji klapanyň üçin klapanda porşeniniň täsiri ýetmeýän giňişligi bolup eýerdäki (1) kanalyň göwrümi, sorujy klapanyň üçin bolsa çäklendirijidäki (2) kanallaryň we (3) boşlugyň göwrümleriniň jeminden (42-nji surat) durýar.

Porşeniniň täsiri ýetmeýän giňişliginiň kompressoryň öndürjiligi peseldýändigini öň görkezilipdi. Şeýlelikde, maksimal öndürjiligi almak üçin, klapanalarda porşeniniň täsiri ýetmeýän giňişligiň minimal bolmagyny gazanmaly. Klapanyň silindriň öýjüginde oturdylanda goşmaça porşeniniň 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



42-nji surat. Klapanyň porşeniniň täsiri ýetmeýän göwrümi: 1-eýerde kanalyň göwrümi; 2-çäklendirijide klapanyň göwrümi; 3-klapanyň içki giňişliginiň göwrümini çäklendiriji; h-plastinanyň yokary galmagynyň maksimal mümkin beýikligi

uly bolar (*11-nji surat*). Bu meýdanlar näçe uly bolsa, sorujy giňişlikden silindre we silindrden gysyp iteklenme giňişligine gazyň geçmesinde energiýanyň ýitgisi şonça-da uly bolar.

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

Klapanlaryň belli wagtda (öz wagtynda) açylmagy. Hakyky kompressorda klapanyň açylmagynyň gijikmeginiň esasy sebäpleri: plastinanyň dynç ýagdaýynyň inersiýa güýji (plastina hereket etmezinden önürti, ýagny açylmazyndan ön eýerde dynçlykda dur); plastinanyň eýere ýelmeşmegi; puržiniň başlangyç dartuw güýji, ýagny şu güýç bilen puržiniň plastinany itýän güýji. Plastina eýerden hereketlenip başlar ýaly bu güýçleri hökmän ýeňip geçmeli. Silindrde gazyň goşmaça giňelmesinden soň basyşyň peselmesi (sorujy klapan üçin) ýa-da gazyň goşmaça gysylmasynda (gysyp itekleýji klapan üçin) basyşyň ýokarlanmasy bu güýçleri ýeňip biler. Sorujy klapan d nokatda açylyp başlaýar, gysyp itekleýji – b nokatda başlaýar (*11-nji surata seret*). Klapanyň açylmagynyň gijikmesi energiýanyň artykmaç harçlanmagyna getirýär.

Klapanlaryň öz wagtynda ýapylmagy. Klapanyň ýapylmagynyň gijikmesiniň esasy sebäpleri: plastinanyň inersiýa güýji, çäklendirijä plastinanyň ýelmeşmeginiň güýji we plastinanyň gazyň hereketine garşylyk güýji. Puržin klapanyň ýapylmagyna ýardam edýär. Bu bolsa puržiniň klapan gazyň ýerine ýetirýän wezipesi.

Klapanyň ýapylmagynyň gijikmesi öndürilijiniň ýitgisine getirýär, kä ýagdaýlarda energetiki ýitgilere hem getirýär. Hakykatdan hem, eger-de sorujy klapan 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 bolýjak gazyň belli bir

bölegi, klapanyň wagtynda ýapylmadyk ýagdaýynda, silindrden yzyna çykarylýar. Şu ýagdaýda kompressoryň öndürijiligi peselýär.

Gysyp itekleýji klapanyň ýapylmasynyň gijikmesinde hem şeýle ýagdaýy alýarys. Ýokary çäkden porşen aşaky çäge hereket edýär, silindriň işçi giňişligi ulalýar we klapanyň 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_{gi} basyşdan p_s basyşa çenli silindrde giňelýär), ýagny yzyna giňelme prosesi bilen şertlenen öndürijiligiň ýitgileriniň artmagyna getirýär.

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

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

1.28. 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 giňelmegine getirýär.

Gidrawlika dersinden belli bolşy ýaly akymyň tizligi näçe uly bolsa, şonça-da seredilýän akymyň garşysynda gidrawliki ýitgi ulu-

dyr. Şeýlelikde, basyşyň ýitgisini kesgitlemek üçin gazyň akymynyň tizligini bilmeli.

Klapandan geçýän gazyň mukdary, degişlilikde klapanyň akym böleginiň aýry ýerli garşylyklaryndaky gazyň tizligi dürli faktorlardan, şeýle hem plastinanyň ýokary galmagynyň x beýikligine 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 klapanyň mgnowen açylýar, ýagny, klapanyň eýerdäki («ýapyk» ýagdaý) ýagdaýdan mgnowen ýokarky çäklendiriji ýagdaýa («açyk» ýagdaý) geçýär diýip hasap edilýär we belli wagt pursadynda klapanyň mgnowen ýapylýar.

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

Massaly akymy teswirlemegiň iki ýoly. Öz-özünden hereketlenýän klapanyň plastinasynyň x ýokary galmasynda energiýanyň (basyşyň) ýitgilerini kesgitlemek üçin $yş$ arkaly gazyň akymynyň tizligini bilmeli. Şonuň üçin ýokarda aýdylanlardan başga-da, klapanalarda energiýanyň ýitgilerini kesgitlemegiň iki ýoly bar. Bu iki ýoluň tapawudy klapandan geçýän gazyň tizligini kesgitlemek üçin dürli iki deňlemäniň ulanylmagy bilen şertlenendir.

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 ω – gazyň akym tizligi, M – gazyň massaly mukdary, ρ_0 we p_0 – gapdaky gazyň dyklyzlygy we basyşy, p – soplonyň çykyşynyň kesegindäki basyş, f – soplonyň çykyşynyň kese-keseginiň meýdany.

Real klapın 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 μ – mukdar koeffisiýenti.

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

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

bu ýerde a – mukdar koeffisiýenti (umumy ýagdaýda (1.69) deňlemedäki μ – mukdar koeffisiýenti we (1.70) deňlemedäki a dürli bolup bilerler).

Klapandan geçýän gazyň gysylmasyny hasaba almak üçin deňlemä giňelme koeffisiýenti diýip atlandyrylýan ε_g düzediş koeffisiýentini girizýärler:

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

Klapanda giňelme koeffisiýenti indiki deňlemeden alnyp bilner:

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

Bu deňlemede eksperimental koeffisiýent C klapanyň formasyň 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 klapanyň 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, klapanyň arkaly gazyň mukdaryny beýan etmek üçin bolsa, düzediş – giňelme koeffisiýenti ε_g girizmek bilen gysylmaýan sowuklyk üçin mukdar deňlemesini ulanarys.

Ekwiwalent meýdany. 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 ζ – kesgitli kese-kesige degişli garşylyk koeffisiýenti, c_g – garşylykda gazyň tizligi, m/s, ρ – geçýän gazyň dykyzlygy, V – garşylyk arkaly geçýän gazyň göwrüm mukdary, m³/s, f – kesgitleýji kese-kesigiň geçiş meýdany, m².

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 α arkaly belgilenýär we mukdar koeffisiýenti diýip atlandyrylýar, ýagny:

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

Onda mukdary indiki görnüşde ýazmak mümkin:

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

αf köpeltmek hasyly F bilen aňladýarlar we ekwiwalent meýdan diýip atlandyrylýar.

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

bu ýerden

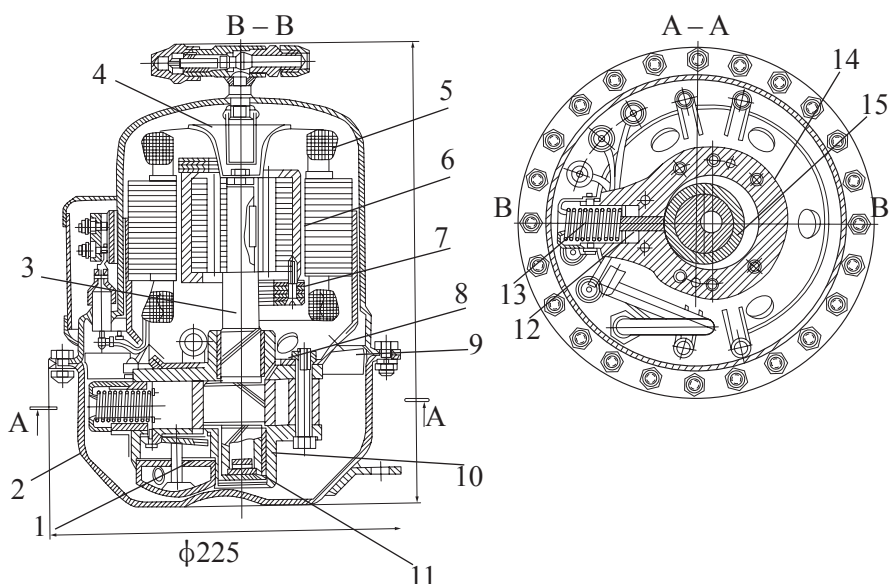
$$V = F \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}. \quad (1.78)$$

(1.75) we (1.76) deňlemeden alarys:

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

(1.78) deňlemeden görnüşi ýaly, geçiş kese-kesigiň ekwiwalent meýdany düwnüň, ýagny biziň ýagdaýymyzda klapanyň geçiriş ukyplylygyny kesgitleýär.

Gidrawliki garşylygyň ýok bolan we uçdaky basyşyň ähli üýtgemesiniň gazyň kinetik energiýasynyň ýokarlanmagyna gidýän şeýle yşyň meýdanyny geçiş kese-kesigiň ekwiwalent meýdany görnüşinde göz önüne getirmek mümkin. Δp deň bahasynda şertli yşda gazyň mukdary ekwiwalent yşy bilen çalşyrylýan düwün arkaly gazyň mukdaryna deň.



44-nji surat. R12 üçin FGR-0,7 kysymly germetik rotorly kompressor

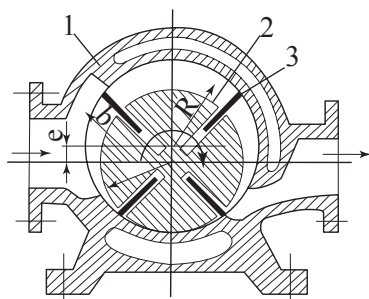
mi kemelýär, netijede bug gysylýar, buguň basyşy gysyp iteklenme turbageçirijidäki (ýagny, kondensatordaky) basyşdan az-kem ýokarlananda gysyp itekleýji klapa (5) açylýar we gysylan bug gysyp itekleýji turbageçirijä gysyp iteklenýär (IV).

Tigirlenýän rotorly sowuk öndürijiligi 815 Wt bolan FGR-0,7 kysymly germetik rotorly kompressor 44-nji suratda görkezilen. Kompressor elektrik hereketlendirijisi bilen bilelikde (2) polat gaba gaplanan. (14) silindriň içinde (3) eksentrik wertikal wala oturdylyan (15) rotor ýerleşdirilen. Wal (8) we (10) iki bürünç podşipniklere daýanyar.

Silindriň çep böleginde rotoryň üstüne pilçäni gysýan puržinli pilçe (12) ýerleşýär. Gysyp itekleýji klapa (1) aşaky gapakda ýerleşen. Kompressor rotoryň (6) gapdalynda oturdylyan iki deňagramlaşdyryjylar (7) arkaly deňagramlaşdyrylan. Merkezi yşa eýe bolan eksentrik walyň aşaky bölegine merkezden daşlaşýan ýag sorujynyň wezipesini ýerine ýetiriji bir merkezi we dört radial yşly wtulka (11) gysylýp berkidilen.

Ýag walyň merkezi yşy boýunça ýokarky podşipnigiň orta bölegine çenli galýar, bu ýerden spiral kanalyklara berilýär, ol boýunça ýag ýygnaýjy bolup hyzmat edýän statory preslemek üçin (9) okarajyga be-

rilýär. Okarajykdan ýag üç kanaljyklar boýunça rotor podşipniginiň ýokarky böleginiň halkaly çukurjyklaryna barýar, soňra spiral çukurjyklar boýunça aşaky halka kanaljyklaryna 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

Silindrde ýa-da (1) daşda (korpusda) aýlanýan (2) rotorly kompressoryň shemasy 45-nji suratda şekillendirilen. 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 böleklerge bölünýär. Olardan has uly göwrüm – silindriň ýokarky böleginde, has kiçi göwrüm – slindriň aşaky böleginde ýerleşýär. Bug sorujy turbageçirijilerden plastinalar arkaly kabul edilýär we plastinalaryň arasyndaky böleklerde (göwrümlerde) gysylýar. Bu göwrüm gysyp itekleýji göze ýetende, bug göz arkaly gysyp itekleýji turbageçirijä gysylýp çykarylýar. Rotorly plastinkaly ammiakda işleýän kompressorlar häzirki wagtda iki basgançakly desgalarada pes temperaturany almak üçin gysyjy hökmünde ulanylýar. Rotorly kompressorlar porşenli kompressor bilen deňeşdirilende birnäçe artykmaçlyga eýe: göwrüm ölçegleri we massasy ep-esli kiçi; sorujy klapanlaryň, kä halatlarda gysyp itekleýji klapanlaryň ýok bolmagy; oňat deňagramlylyk, bu fundamentleri ulanmazlyga, kompressorlaryň jaýyň ýokarky gat-larynda oturdylmagyna we olary daşamaklygyň desgalarynda ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Iýilmeklige we döwürlemeklige sezewar

bolýan hereketlenýän bölekleriň mukdarynyň köp dälidigi netijesinde rotorly kompressorlar «çygly ädimde» işläninde hem ygtybarlydyr. Bu kompressorlara hyzmat etmeklik ýönekeý. Porşenli kompressorlar bilen deňeşdirilende olaryň düýpli ýetmezçiligi – taýýarlamagyň uly takyklygynyň zerurlygy, sebäbi bu maşynlaryň ýokary PTK-i 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 öwrümde 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 koeffisiýent plastinalaryň sanyndan kesgitlenilýär.

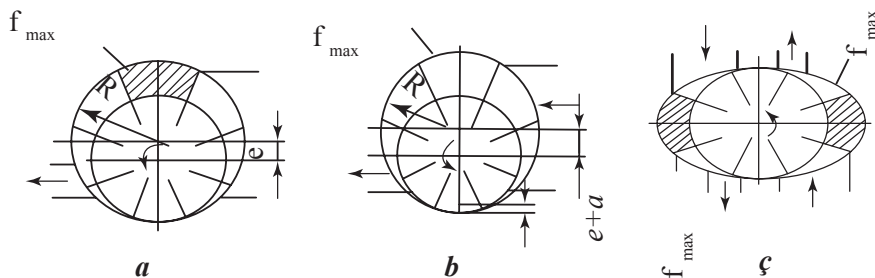
z	6	8	10	12
C	12,2	12,3	12,4	12,5

$z > 12$ bolanda, koeffisiýent $C = 4\pi$.

Rotoryň radiusy bilen iýilme (wytočka) bar bolan silindrli kompressorlar üçin (2.1) formulada e -niň ýerine indiki ululyk goýulýar:

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

bu ýerde a – wytočkanyň çuňlugy.



46-njy surat. Rotasion plastinkaly kompressoryň shemasy

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

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

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

Sowadyjy rotorly kompressorda öndürijiligiň ýitgileri berijilik koeffisiýenti λ bilen bahalandyrylýar. Olar indiki esasy sebäpler bilen şertlenen:

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

gysma göwrümünde gysylma giňişliginden sorulma buguň geçmegi (gysyp iteklenme gözünden aýrylandan 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, klapanlaryň ýoklugy we sorulmada buguň tizliginiň pesdigi sebäpli örän kiçi.

Göwrüm ýitgileriň aýry düzüjileriniň ululyklary birnäçe faktorlara bagly, hususan-da, iş kadasyndan (sorulma basyş we temperatura we basyşlaryň gatnaşygy), radiuslaryň geometrik baglanyşyklaryndan, silindriň iş böleginiň uzynlygyndan we ekssentrisitetden, esasy yşlaryň ululyklaryndan, plastinalaryň sanyndan we aýlaw ýygylygyndan, sowadyş we ýaglaýyş usulyndan, gysylýan gurşawyň görmüşinden we ş.m.

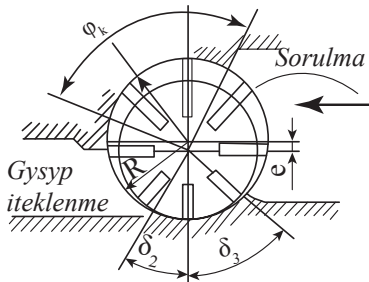
Şunuň bilen baglylykda umumy görnüşde aýry düzüjileri kesgitlemek örän kynçylyk döredýär we hakyky göwrüm öndürijilik hasaplanýanda adaty eksperimental maglumatlardan peýdalanylýar, emma berijilik koeffisiýenti hasaplamak boýunça hödürnamalar hem bar.

Sarp edilýän kuwwat. Sowadyjy rotorly kompressoryň walyn-da 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 geçme-gi, kompressoryň soruş akabalarynda buguň gyzmagy, mehaniki ýitgilere getirýär.

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



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

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

Basyşyň şu gatnaşygynda bu öýjüklerde (içki):

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

Gysylmanyň geometrik derejesi gysyp itekleýji gözüň gyrasynyň ýagdaýyndan kesgitlenilýär, oňa ýetende öýjük gysyp itekleýji sowma turba ýa-da öwürüm burçy 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 φ_k – wertikaldan öýjügiň okunyň öwürüm burçy; β – iki ýanaşyk plastinalaryň arasyndaky burç.

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

Nazary kompressorda öýjügiň gysyp itekleýji göz bilen birleşme pursadynda öýjükde we gysyp itekleýji sowma turbada basyşyň mgnowen deňleşmesi bolup geçýär. Eksperimental indikator diagrammalaryň görkezişi ýaly, hakyky kompressorda basyşyň mgnowen deňleşmesi bolup geçmeýär, öýjükde gysylma dowam edýär [12]. 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 bolsa sowadyjy rotorly kompressoryň geometriki gysylma derejesi onuň ähli iş araçäginde degişli basyşyň içki gatnaşyklary daşkydan kiçi bolar ýaly saýlanylýp alynýar. Şeýlelikde, has giň ýaýran ammiakda işleýän iki basgançakly agregatlaryň pes basyşynyň basgançagynda basyşlaryň işçi gatnaşyklary gaýnama ($-25 \div -45^{\circ}\text{C}$) we kondensasiýa (40°C -a 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 gözün açylma pursadyndaky basyşlaryň gatnaşygyna $2,5 - 2,7$ gabat gelýär.

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

Suw köýnekleriň kömeginden we gysylma giňişligine ýagyň pürkülmegi netijesinde kompressoryň sowadylýandygyna seretmezden, soruş akabasynda buguň gyzmagy bolup geçýär; sorulýan gaza gysylma prosesinde we sürtülme netijesinde bölünýän ýylylygyň $30 - 35\%$ -i berilýär. Şonuň üçin gysylma, mysal üçin, ammiakda işleýän kompressorlarda iş kadasyňa 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 aýrylýan ýylylygyň balansyndan alnan), $n=1,1 \div 1,2$, damjaly ýaglanlyşy kompressorlar üçin $n=1,4 \div 1,6$. Kuwwatyň ýitgisiniň ep-esli bölegini, esasan-da kiçi massa sarp edilişli kadalarda, mehaniki ýitgiler düzýär. Rotorly kompressorlaryň sürtülme kuwwaty birnäçe faktorlara bagly, olaryň in esasalaryna silindriň radiusy (R), rotoryň aýlaw ýygylygy (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 häsiýetnamalara aýgytly täsir edýär.

(2.1) formula laýyklykda, nazary öndürililigiň (V_n) we aýlaw ýygylygyň (n_ϕ) 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 uly bolmaly. Emma real ýagdaýda, bu ululyk saýlanylanda, iki şert ýerine ýetmeli: rotorda plastinanyň ýerleşmek mümkinçiligi, haçanda onuň minimal çykyşynda we maksimal çykyşynda zeper ýetmesidir. Birinji şert plastinanyň beýikliginiň rotoryň radiusyna gatnaşygynda ýerine ýetirilýär

$$h/r=0,5 \div 0,65;$$

ikinci – plastinanyň beýikliginiň ekssentrisitete gatnaşygynda

$$h/e=3,5 \div 4.$$

Bu ýerden ekssentrisitetiň silindriň diametrine gatnaşygynyň hödürülenilýän bahasy

$$e/R=0,11 \div 0,15.$$

Ekssentrisitetiň saýlanylan göräli bahasynda (2.3) deňleme indiki görnüşi alar:

$$R^2\ell=C_2,$$

bu ýerde C_2 – hemişelik ululyk.

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

Tejribelikde ℓ/R gatnaşyk 3,4-den 8-e çenli saýlanylýar. ℓ/R gatnaşygyň üýtgemesiniň şeýle uly aralygy ýokarda beýan edilenlerden, şeýle-de rotorly kompressorlaryň bir nusga getirmek talaplaryndan gelip çykýar. Bir nusga getirilen kompressorlar bir esasyň çäklerinde silindriň we eksentrisitetiň birmeňzeş radiusyna eýe we diňe silindriň, rotoryň, plastinanyň uzynlygy boýunça tapawutlanýar. Bir esasdaky kompressorlaryň galan ülüşleri (gapak, sorujy, berkidişler we ş.m.) birmeňzeş.

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

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

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

2.3. Rotorly kompressoryň konstruksiýasy we shemasy

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

Ýaglanýş görnüşi. Kompressoryň ýaglanýş görnüşinden we göwrüm öndürililiginden kompressora berilýän ýagyň mukdary (sarp edilişi) bagly. Damjaly ýaglanýlýan kompressorlarda berilýän ýag sürtülmäni kemeltmek üçin niýetlenen. Ýagyň mukdary kompressoryň öndürililigine baglylykda $(0,3 \div 1,7)10^{-4}\text{kg/s}$ düzýär.

Sarp edilişiniň uly bahasy uly öndürijiliklere degişli. Şeýle kompressorlarda köp nokatly plunžerli nasoslar ulanylýar.

Ýaglanlyşyň aýlawly ulgamynda ýagyň sarp edilişi düýpli uly we utgaşdyrylan sowatmagyň ýagdaýynda $3 - 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ göwrüm öndürijilikde 1 kg/s ýa-da ýagyň pürkdürilmegi arkaly sowadylýan kompressorlarda 1 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 berlip bilner. Sowadyjy kompressorlarda iş kadasyna baglylykda basyşyň tapawutlarynyň düýpli üýtgäp bilýändigini sebäpli, adatça nasoslar ulanylýar. Nasos kompressoryň gapdal gapagynda ýerleşýär we gös-göni rotoryň walynyň aýlawyndan herekete getirilýär. Ýag nasos iş kadasyna baglanyşyksyzlykda ýagyň durnukly berilmegini üpjün edýär we ýaglanýş şertleriniň bozulmagyndan kompressory goramagy awtomatizirlemäge mümkinçilik berýär.

Ýaglamagyň aýlawly ulgamynda effektiv ýag bölüjileriniň ulanylmagy, şeýle-de kompressora berilmezden öň ýagyň sowadylmagy talap edilýär. Ýaglamagyň aýlawly ulgamy damjalydan konstruktiv taýdan çylşyrymly we elementleriniň köp sanysyny, şol sanda awtomatizirlemegi özünde jemleýär. Emma bu çylşyrymlaşmanyň amatly taraplary köp, ýagny sürtülmeni kemeltmekden başga-da, uly mukdarda berilýän ýag, sürtülme we gysylma ýylylygyň bir bölegini alyp gidýär, kompressoryň iş organlaryny sowadýar, onuň temperatura derejesini peseldýär. Mundan başga-da, maşynyň içinde zyýanly syzmalary kemeldip, ol ýslary berkidýär, netijede kompressoryň göwrüm we energetiki häsiýetnamalary oňatlaşýar.

Ýagyň sarp edilişiniň artmagy bilen berijilik we effektiv PTK-nyň artmagy diňe kesgitli derejä çenli bolup geçýär. Mysal üçin, RA-B100A we R90 kompressorlar üçin $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ öndürijilige 1 kg/s ýokary ýag sarp edilende bu ululyklaryň artmagyna gözegçilik edilmedi.

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

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

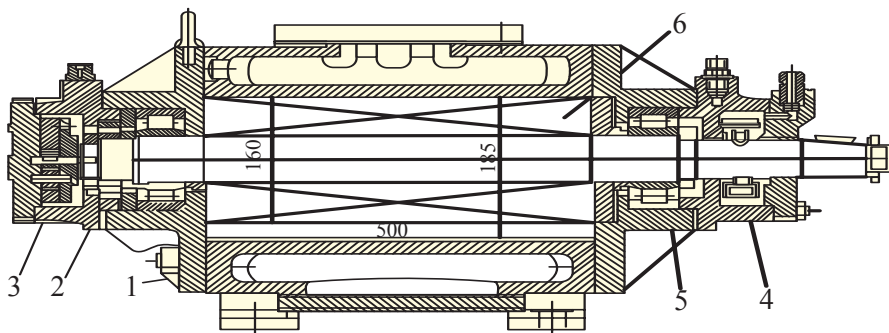
Kompressoryň içinde syzmalary kemeltmek üçin ýagy gapdal yşlar arkaly bermek, şeýle-de silindriň uzynlygy boýunça birnäçe nokatlarda bermek maslahat berilýär.

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 aýrylýar.

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 pürkdürilýän ýag arkaly amala aşyrylýar, soňra bu ýag ýagbölüjide suwuň kömegi bilen ýa-da beýleki usulda sowadylýar.

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



48-nji surat. R90 kysymly kompressor: 1 – silindr; 2,5– podşipnikler; 3 – ýag nasosy; 4 – salnik; 6 – plastinalary bilen bilelikde rotor

Ähli uzynlyklary boýunça frezerlenen polat rotor silindriň ýokarky böleginde ekssentrik 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 nasos oturdylan.

Salnik tarapdan rotoryň gyrasyna disk berkidilýär. Onuň ýerine ýetirýän wezipesi – gyraky yşlar arkaly zyýanly syzmalary kemeltmekden ybaratdyr. Şu maksat üçin gysylma giňişligine ýagyň bermegi podşipnik kameralary arkaly we gyraky yşlar arkaly berilýär. Gysylan göwürümler we radial yşlar arkaly syzmalary kemeltmek üçin rotoryň we silindriň arasynda wytočka niýetlenen.

Kompressoryň ýaglanlymasy nasos-aýlawly, sowatmak utgaşdyrylan – ýagy pürkmek we silindrdäki suw köýnegiň kömeginde amal edilýär.

Buster-kompressor bir we iki basgançakly agregatlary bloga oturtmak üçin niýetlenen, bu ýerde ony ýag ulgamy we awtomatika goraglary zerur elementleri bilen üpjün edýärler [12].

Kompressoryň sowuk öndürijiliginiň sazlanlyşy onuň işe goýberilmegi – togtadylmagy bilen amala aşyrylýar. Sazlamagyň beýleki görnüşlerine gysyp iteklemeden sorulma baýpasirmek degişli. Öýjügiň başlangyç göwürüminiň kemelmegi bilen sorujy gözün ýagdaýyny üýtgedip sazlamagy amala aşyrmak mümkin.

Esasy detallaryň konstruksiyasy. Kompressoryň esasy detallaryna silindr, rotorlar, plastinalar we podşipnikler degişli. Plastinaly kompressoryň silindri çöýundan, suw bilen sowadylýan köýnekli we köýneksiz taýýarlanylýar. Olar uzynlygy boýunça bir we birnäçe sorujy we gysyp itekleýji gözlere eýe, olar emele gelýän silindre perpendikulýar ýa-da ýapgytlaýyn ýerleşýär. Iş giňişliginiň esasy talaplary: işlenilmegiň ýokary arassalygy we ýokary gatlylygy bilen tapawutlanýar (100HB ýokary).

Rotorlar, esasan, polatdan taýýarlanylýar. Uly maşýnlarda utgaşdyrylan rotorlary ulanýarlar: plastinalar üçin gözler kesilen çöýun

baraban polat wala oturdylan; plastinanyň aşagyndaky gözler aýlaw tarapa radial ýa-da ýapgytlaýyn ýerleşýär.

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

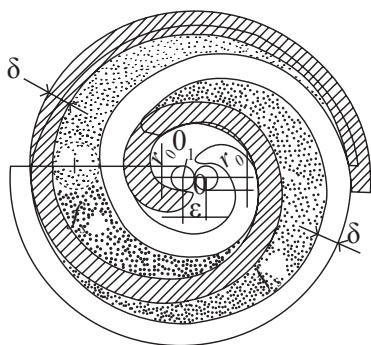
Bu materiallar ýeterlik ýokary berklige, $160 - 180^{\circ} \text{C}$ termiki durnuklylyga, ýag bar bolanda çöýün boýunça deňeşdirerlik pes sürtülme koeffisiýente ($0,08 - 0,12$) eýe bolmaly, bu gös-göni sürtülme kuwwata täsir edýär we plastinanyň kiçi massasynda gözleriň ininiň ýeterlik inini saklamaga mümkinçilik berýär. Metal däl plastinalar gös-göni silindriň işçi üsti boýunça $10 - 15 \text{ m/s}$ töwerek tizliginde typýar. Bu ýagdaýda, ýagyň bar bolan ýagdaýynda zerur serişdelere ýetilýär. Plastinalar uzynlygy boýunça rotoryň uzynlygyndan gysga ýerine ýetirilýär. Bu ýerde rotoryň we plastinalaryň çyzykly giňelmesi hasaba alynýar. Plastinanyň galyňlygy gözleriň ininden $0,2 - 0,4 \text{ mm}$ kiçi.

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

III bap

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 XX asyryň 80-nji ýyllaryndan soň durmuş we ulag sowadyjylarynda, ýylylyk nasoslarda, kiçi we orta öndüriljekli (50 kWt çenli) sowadyjy maşynlarda giňden ulanylyp başlandy. Spirally kompressoryň esasy elementini – spiralyňy – taýýarlamagyň tehnologiýasynyň kämilleşmegi bilen spiral kompressorly sowadyjy desgalaryň maksimal kuwwatynyň çäkleri artar.



49-njy surat.

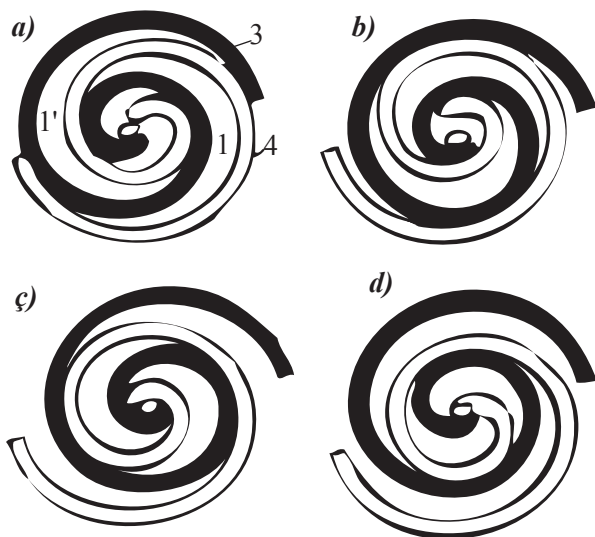
Iş ýagdaýynda spirally kompressoryň süýşmeýän we süýşýän spirallarynyň gapdal kese-kesigi. r_0 – spiralyň esasy töwereginiň radiusy; δ – spiralyň gapyrgasynyň galyňlygy; ε – ekssentrisitet; f_s – sorulma öýjügiň meýdany

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 başgalar.

Spiralyň süýşmezligi gozganmaýan bölege (platforma) onuň berkidilmegi arkaly amala aşyrylýar. Gysylan gazyň çykmagy üçin platformanyň merkezinde geçiş gysyp itekleýji «A» yş goýlan (49-njy surat). Ol gozganmaýan spiralyň uju-

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



50-nji surat. Süýşýän spiralyň her bir 90° -dan soň ýerleşşi:

3 – süýşýän spiral; 4 – süýşmeýän spiral;
 $a - \varphi = 0^\circ$; $b - \varphi = 90^\circ$; $c - \varphi = 180^\circ$; $d - \varphi = 270^\circ$

daşky elementleriniň arasyndaky halkaly giňişlik soruş yşy bilen birlikly soruş giňişligini emele getirýär.

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

50-nji suratdan görnüşi ýaly, a ýagdaýda spirallaryň daşky elementleri ýapyk, soňra süýşýän spiralyň öwrüminde daşky öýjükleriň açylmagy we emele gelmegi görünýär, bu öýjük d ýagdaýda maksimal göwrüme eýe we a ýagdaýa gaýdyp gelende 1 ýapyk öýjügi emele getirip ýapylýar. Sorulma aýlawy kompressoryň walynyň bir öwrüminiň dowamlylygyna deň period dowam edýär. a ýagdaýda spirallaryň arasynda üç ýapyk göwrümiň emele gelyändigigi görünýär: 1 we 1' gysyp iteklenme gözi bilen birleşýän öýjük. Içki ýapyk öýjükleriň sany spirallaryň towlanma burçuna bagly. a , b , we c ýagdaýlar boýunça gysyp iteklenme yşy bilen birleşýän öýjükleriň kemelme prosesine gözegçilik edilýär. Bu gysyp iteklenme aýlawy emele getirýär.

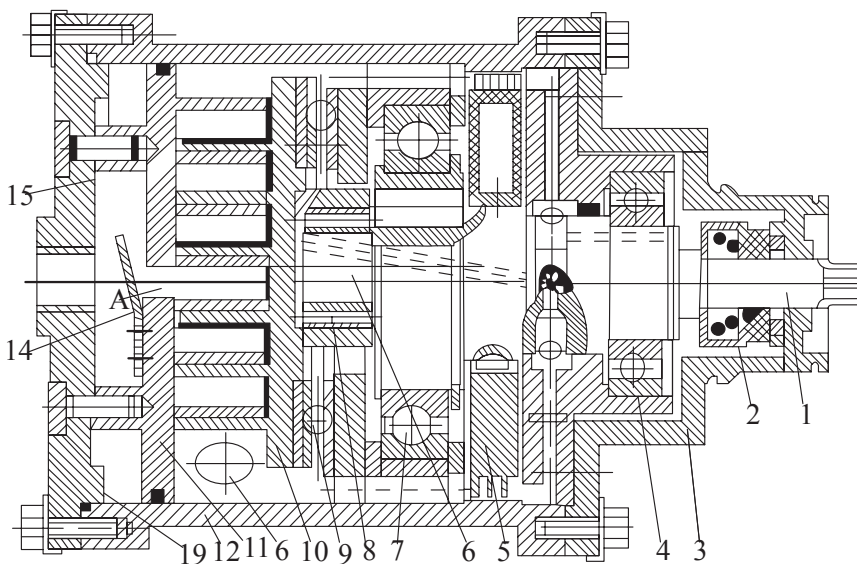
Spirally kompressorlar, edil hyrly kompressorlar ýaly, tehniki we tehnologiýa ösüşiň we metallary işläp taýýarlamagyň usullarynyň we serişdeleriniň kämilleşmeginiň netijesi bolup durýar. Olar taýýarlanylanda we ýyganylanda birnäçe tekizlikleriň, şol sanda egri çyzyklaryň parallelligi we perpendikulýarlygy berk üpjün edilmeli we ölçegleriň dogry ýerine ýetirilmegi saklanylmaly. 50-nji suratda alnan maglumatlaryň derňewinden şeýle netije çykarmak mümkin: spirallary taýýarlamagyň we ýerleşdirmegiň nätakyklyklary ýapyk göwrümleriň arasynda ýslary emele getirip biler, netijede içki syzma we kompressoryň öndürjiligiňiň ýitgileri emele gelyär.

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

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

Spirally kompressoryň esasy detallary: (6) eksentrik bilen birlikde (1) wal, olaryň oklary biri-birine berk parallel bolmaly we eksentrisitetden ε aralykda ýerleşmeli. Wal bir okda ýerleşýän (4) we (7) iki söýeg podşipniklerde aýlanýar. (1) wal bilen birlikde walyň daşyndan (6) eksentrik hem aýlanýar. Walyň okunyň we eksentrigiň okunyň arasyndaky aralyk – ε eksentrisitet – kompressoryň wajyp konstruktiw parametri bolup durýar. (6) eksentrik (10) hereketlenýän element bilen şarnirli (içki typma podşipnik) birleşýär. Platforma we spiral aýratyn taýýarlanylýar we bir elemente ýygnaýlar we *süýşýän spiral* diýip atlandyrylýar. Olaryň bir bitewi görnüşde taýýarlanylmagy hem mümkin. Beýleki spiral özüniň platformasy (11) bilen gozganmaýan elementi emele getirýär.

Süýşmeýän we süýşýän spirallar, ýokarda bellenilip geçilişi ýaly, berk birmeňzeş ölçege eýe we ýygналанда 180° burça öwrüp



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

- 1 – kompressoryň waly; 2 – salnik; 3 – ön gapak; 4, 7, 8 – podşipnikler;
 5 – deňagramlaşdyryjy; 6 – eksentrik; 9 – süýşýän spiralyň garşylykly öwürülýän gurluşynyň topukçasý (şarigi); 10 – süýşýän spiral; 11 – berkidilýän platformasy bilen birlikde süýşmeýän spiral; 12 – kompressoryň gaby (korpusy); 13 – yzky gapak;
 14 – gysyp itekleýji klapanyň çäklendirijisi; 15 – halka; A – gysylan gazyň çykmagy üçin göz (gysyp itekleýji ys); B – sorujy ys

oturdylýar. Süýşmeýän platforma gysylan gazyň çykmagy üçin «A» geçiş yşa eýe. Ýşyň formasy we onuň ölçegleri işläp taýýarlanylýan döwründe kesgitlenilýär we spirallaryň parametrine we talap edilýän basyşa bagly.

Spirally kompressorlaryň esasy artykmaçlyklary:

- ýokary energetiki effektiwlik; olaryň effektiw PTK-sy 80 – 86 % -i düzýär;
- podşipnikleriň berkliginden kesgitlenilýän ýokary ygtybarlyk we berklik;
- oňat deňagramlylyk; maşynda gazyň kiçi tizligi;
- ýokary çalt ýöreyjilik; häzirki wagtda kompressoryň walynyň aýlaw sany 1000...1300 *aýlaw/min.* çäklerde üýtgeýär we bu çäk artmagyň tarapyna giňelýär;
- boş giňişlik ýok; içki syzmalaryň kiçi ülşi we netijede, berijiligiň ýokary koeffisiýenti ($\lambda=0,8...0,95$);
- kompressor arkaly sorulýan gaz kompressoryň konstruksiýasynyň gyrgyzyn elementleri bilen galtaşmaýar, netijede, sorulýan gazyň massasy kemelýär;
- sorulmada we köplenç gysyp iteklemede 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 koeffisiýenti 20...30 % ýokary; ölçegi 30...40 % we massasy 15...18 % kiçi.

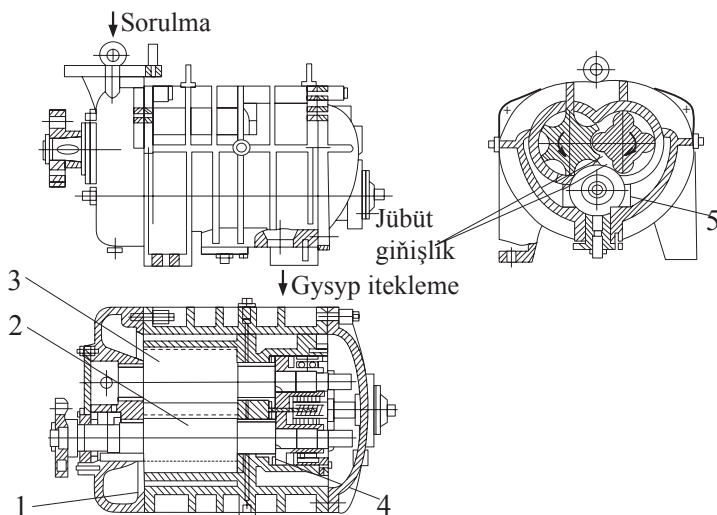
Spirally kompressoryň ýetmezçiligine indikileri degişli etmek mümkin: spirallary we kompressoryň käbir beýleki elementlerini taýýarlamak üçin kämilleşen tehnologiýalar we metallary işlemek üçin ýokary takykly enjamlar talap edilýär.

IV bap

HYRLY KOMPRESSORLAR

4.1. Umumy maglumatlar

Hyrly kompressoryň işçi organy bolup, hyrly dişler, kesilen we aýlawly hereketi amala aşyrýan rotorlar gulluk edýär. Hyrly kompressorlar bir, iki, we üç rotorly bolup biler. Gysylma giňişligini berkitmegiň usulyňa baglylykda, gury we ýag bilen doldurylýan kompressorlary tapawutlandyrýarlar. Sowadyş tehnikasynda, esasan, ýag bilen doldurylýan iki rotorly kompressorlar ulanylýar. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorlar salnikli we salniksiz bolup biler. Hyrly iki rotorly kompressor (52-nji surat) indiki esasy detallardan durýar. Daşdan (korpusedan) (1), iki rotordan (2, 3), daýanç we söýget podşipniklerinden, ok güýçlerini sazlamak üçin porşenden (4), öndüriligi sazlaýjy hereketlendirijiden (priwoddan) (5) durýar. Rotorlaryň dişleri ýörite profile eýe bolan silindrik ýapgyt dişli uly modully şesternany emele getirýär. Jübüt hyrlaryň dişleriniň profili özara tigr-



52-nji surat. Iki rotorly hyrly kompressoryň shemasy

lenende nazary ýssyz galtaşýarlar. Hyrlar aýlananda dişleriň depeleri silindrik üstleri emele getirýär we daş (korpus) bilen hem nazary ýssyz baglanyşygy emele getirýär. Hakyky konstruksiýalarda rotorlaryň arasynda, şeýle-de rotorlaryň we daşyň arasynda kiçi ýşlar bolýar. Hereketlenýän hyr, düzgünde bolşy ýaly, dört çykyta eýe, hereketlendirilýän – rotorlaryň deň daşky diametrinde alty hyra eýe. Kompressoryň rotorynyň uzynlygynda dişler doly towy emele getirmeýär. Sowuş we gysyp itekleýiş gözler özara diagonal boýunça ýerleşen.

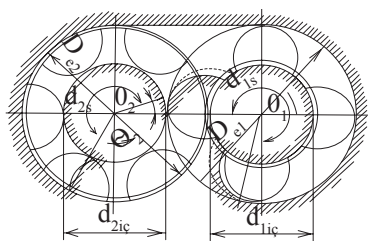
Hyrly kompressoryň işçi aýlawy dört faza eýe: sorulma, geçirilme, gysylma we gysyp iteklenme.

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 gözün gyrasy bilen birleşýänçä sorulma prosesi dowam edýär (53-nji surat). Hereketlendiriji we herekete getirilýän rotorlaryň dişleriniň arasyndaky çukurjygyň göwrümüne jübüt giňişlik diýilýär.

Geçirilme. Rotorlaryň öwrülmesiniň soňraky prosesinde gaz üýtgedilmezden gysyp iteklenme gözün ugrunda jübüt giňişligiň ýapyk göwrümüne geçirilýär.

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

Gysyp iteklenme. Gaz (ýag bilen bilelikde) jübüt giňişligiň



53-nji surat. Soruş gözün konfigurasiýasy

kiçelýän göwrüminden gysyp iteklenme gözi arkaly gysyp iteklenme sowma turbasyna çykarylýar. Eger-de gysylmanyň ahyryndaky basyş gysyp iteklenme sowma turbasyndaky basyşdan kiçi bolsa, onda gysyp iteklenme basyşa çenli gazyň daşky gysylmasy bolup geçýär.

Kompressoryň daşyna (korpusyna) sowadylan ýag pürkdürilýär, ol rotoryň we daşyň arasyndaky ýşy doldurýar, şeýle-de dişiň we çukurjygyň galtaşýan üstleriniň çyzygy boýunça berkidilmesi üpjün edilýär.

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

Hyrly kompressorlar porşenli we merkezden daşlaşýan kompressorlar bilen deňeşdirilende artykmaçlyga eýe. Porşenli kompressorlar bilen deňeşdirilende hyrly kompressorlarda sorujy klapnalar, öňe-yza hereketlenýän detallar, silindrde sürtülýän üstler ýok. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorlarda berijilik koeffisiýent porşenli kompressorlardakydan ýokary. Hyrly kompressorlaryň gulluk ediş möhleti düýpli abatlaýyş işlerine çenli pesinden 40 000 sag. düzýär, bejergi işleriniň geçirilýän aralyklarynyň möhleti uly, öndürijiligi sazlamak ýeňil we amatly. Emma hyrly kompressorlar energetiki effektiwligi boýunça porşenli kompressorlardan içki gysylma derejesiniň hemişelikdigi sebäpli yzda galýar. Merkezden daşlaşýan kompressorlardan tapawutlylykda hyrly kompressorlarda basyşyň ýokarlanma derejesi rotoryň aýlaw ýygylgyna bagly däl; hyrly kompressorlaryň konstruksiýasyny üýtgetmän ony islendik sowadyjy jisimleri (olaryň molekulýar mas-sasyndan baglanyşyksyzlykda) gysmak üçin ulanmak mümkin.

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

Hyrly kompressoryň işleýiş prosesiniň 1878-nji ýyldan bäri bel-lidigine seretmezden, bu kompressorlar diňe XX asyryň 40-njy ýyl-laryndan başlap giňden ulanylyp başlandy.

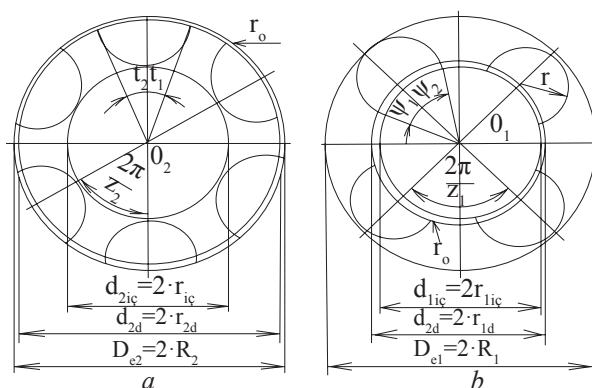
Häzirki wagtda sowadyş tehnikasynda hyrly kompressorlar R22 we ammiakda işlände 210-dan 3500 kWt-a çenli sowuk öndürijilikde ulanylýar. Standart şertlerde hyrly kompressorlary 400-den 1650 kWt-a çenli aralykdaky sowuk öndürijilikde ulanmagyň has amatlydygy teh-niki-ykdysady derňewiň esasynda kesgitlenildi.

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

4.2. Nazaryýetiň we hasaplamanyň esaslary

Geometriki häsiýetnamalar. Hyrly kompressoryň geometriki häsiýetnamalary, esasan, dişleriň profiline bagly, dişler köp derejede kompressoryň energetiki effektivligini, massa-göwrüm görkezijilerini we başgalary kesgitleýär. Gyraň kese-kesikde dişleriň profili dürli bolup biler, has ýaýranlary elliptik, asimmetrik (54-nji surat) we öwürümlü. Elliptik we asimmetrik profil dişli hyryň geometriki häsiýetnamalary 4.1-nji tablisada getirilen.

4.1-nji tablisadaky geometriki häsiýetnamalar nazary germetik ilişme üçin getirilen. 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 konstruksiýalarynyň galtaşma çyzygy boýunça hyrlaryň arasynda, şeýle-de hyrlaryň we daşyň arasynda radial we gyraň yşlar



54-nji surat.

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

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

4.1-nji tablisa

Parametrler	Formula	Belgilenişi	Hyryň diametri, mm			
			200	250	315	250
			L/D _{el} = 1,35			L/D _{el} = 0,9
Hyryň daşky radiusy, mm hereketlendiriji herekete getirilýän						
	$R_1 = D_{el}/2$	$R_1 = R$	100	125	157,5	125
	$R_2 = D_{el}/2$	$R_2 = R$	100	125	157,5	125
Hyryň başlangyç öwrüminiň radiusy, mm hereketlendiriji herekete getirilýän						
	$r_{1d} = d_{1d}/2 = (D_{e1} - 2r)/2$	$r_{1d} = 16R/25$	64	80	100,8	80
	$r_{2d} = d_{2d}/2 = (D_{e2} - 2r_0)/2$	$r_{2d} = 24R/25$	96	120	151,2	120
Merkezara aralyk, mm	$A = r_{1d} + r_{2d}$	$A = 8R/5$	160	200	252	200
Dişij ujunyň beýikligi, mm hereketlendiriji herekete getirilýän						
	$r = R_1 - r_{1d}$	$r = 9R/25$	36	45	56,7	45
		$r_0 = R/25$	4	5,0	6,3	5,0
	$r_0 = R_2 - r_{2d}$	$r_0 = R/25$	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 $\bar{L} = 0,9$ bolanda	$L = 2R\bar{L}$					
		$L = 2,7$ $L = 1,8$	270 -	337 -	425 -	- 325
Hyry kesmegiň ädimi hereketlendiriji herekete getirilýän						
	h_1	$h_1 = 3,2R$	320	400	504	300
	h_2	$h_2 = 4,8R$	480	600	756	450
Hyryň towlanma burçy, grad hereketlendiriji herekete getirilýän						
	$\tau_{1t} = 2\pi L/h_1$	$\tau_{1t} = 2,7\pi/1,6$	304°	304°	304°	270°
	$\tau_{2t} = 2\pi L/h_2$	$\tau_{2t} = i_{2t} \tau_{1t}$	202°40'	202°40'	202°40'	180°
Geçiriji san hereketlendiriji rotordan herekete getirilýäne herekete getirilýänden hereketlendiriji rotora	$i_{12} = h_2/h_1 = z_2/z_1 = n_1/n_2$	i_{12}	1,5	1,5	1,5	1,5
	$i_{21} = h_1/h_2 = z_1/z_2 = n_2/n_1$	i_{21}	0,66	0,66	0,66	0,66

Hyryň dişleriniň ok ädimi, mm hereketlendiriji herekete getiril- ýän						
	$b_1=h_1/z_1$	$b=b_1=0.8R$	80	100	126	75
	$b_2=h_2/z_2$	$b=b_2=0.8R$	80	100	126	75
Hyryň içki öwrüminiň diametri, mm hereketlendiriji herekete getiril- ýän						
	d_{1ic} d_{2ic}	$d_{1ic}=1,2R$ $d_{2ic}=1,2R$	120 120	150 150	189 189	150 150
Hyryň gyraň tekizliginde dişleriň arasyndaky çukurlaryň meýdany, mm hereketlendiriji herekete getiril- ýän	$f_{ip}=0.069D^2_{e1}$ $f_{2p}=0.069D^2_{e2}$	f_{1p} f_{2p}	27,6/27,7 19,7/19,8	43,1/43,3 30,8/31,1	68,4/68,8 48,9/49,3	43,14/43,39 30,84/31,06
Jübüt giňişligiň jemleýji peýdaly göwrümi, sm ³	$V_{jg}=(f_{ip}+f_{2p})L\cdot\Delta W_o$	V_{jg}	1220/1236	2390/2414	4770/4829	1645/1656

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

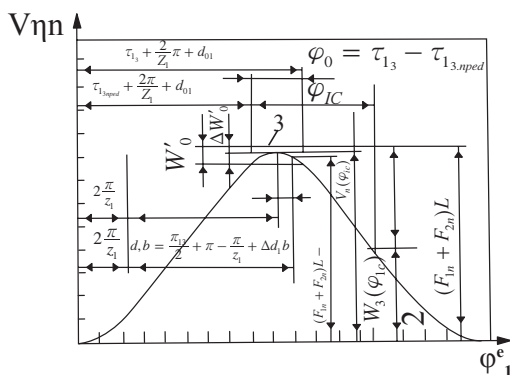
Esasy geometriki parametrlere göräli uzynlyk $\bar{L} = L/D_{e2}$, towlanma burçy (τ), hyryň ujunyň göräli beýikligi (r), hyryň dişini häsiýetlendiriji radius (r_o) we dişleriň sany (z) degişli. Hyrly ýag bilen doldurylýan sowadyjy kompressorlaryň parametrik hatary – \bar{L} -iň iki bahasynyň esasynda gurulýar: 1,35 we 0,9. Käbir Ýewropa ýurtlarynyň konstruksiýalarynda – \bar{L} -iň bahasy 2,2-ä ýetýär.

Kompressoryň konstruksiýasyna towlanma burçy τ_{it} hem täsir edýär. Hereketlendiriji rotoryň towlanma burçuny 270-den 350⁰ çäklerde saýlaýarlar.

Gazyň gysylma prosesiniň başlanýan pursadynda jübüt giňişligi doldurýan hereketlendiriji rotoryň dişleriniň ony doly boşadýan ýagdaýyndaky hyrlaryň burçlaryna *burçlaryň 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.



55-nji surat. Hyryň öwrüm burçundan jübüt giňişligiň göwrüminiň üýtgemeginiň baglylygy

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

Hereketlendiriji hyryň dişleriniň ujunyň göräli beýikligini $\bar{r}_1 = \frac{r}{r_{1d}}$ uly kabul etmek amatly, sebäbi bu ýagdaýda kompressoryň nazary öndürilijiligi artýar. Emma \bar{r}_1 artmagy rotoryň berkliginiň kemelmegine getirýär. Herekete getirilýän hyr üçin $\bar{r}_2 = \frac{r_o}{r_{1d}}$, bu ýagdaý-da $D_{e1} = D_{e2}$; $\bar{r}_1 = (i_{12} - 1) + \bar{r}_2$.

Häzirki zaman kompressorlarda $\bar{r}_1 = 0,56 \div 0,65$ we $\bar{r}_2 = 0,0625$.

4.3. Hyrly kompressoryň göwrüm öndürilijiligi

Göwrüm sowuk öndürilijilik. Hyrly kompressoryň sowuk öndürilijiligi hakyky göwrüm öndürilijilige proporsional

$$V_h = \lambda V_n,$$

bu ýerde nazary göwrüm öndürilijilik

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

Jübüt giňişligiň göwrüminiň üýtgemegi. Dişleri elliptik profilli hyrlar üçin hereketlendiriji hyryň φ_1 öwrüm burçundan $V_{j,g}$ jübüt giňişligiň göwrüminiň üýtgemeginiň baglylygy 55-nji suratda getiri-

len, bu ýerde sorulma prosesinde jübüt giňişligiň boşamagynyň egri-si (1), gysylma prosesinde jübüt giňişligiň kiçelmesiniň egri-si (2), φ_0 bölümde jemleýji egri (3) görkezilen.

Gysylmanyň geometriki derejesi ε_g . Jübüt giňişligiň göwrümi-niň $V_{j.g}$ sorulma gözünden aýrylan pursadynda şu giňişligiň gysyp itekleýji göze birleşen pursadyndaky göwrüme bolan gatnaşygyna gysylmanyň geometriki derejesi diýilýär.

Häzirki bar bolan ýag bilen doldurylýan sowadyjy kompressorlar-da gysylmanyň geometriki derejesiniň üç bahasy kabul edilen: 2,6 – ýokary temperaturaly we gysyjy kompressorlar üçin; 4 – orta tempera-turaly kompressorlar üçin; 5 – pes temperaturaly kompressorlar üçin.

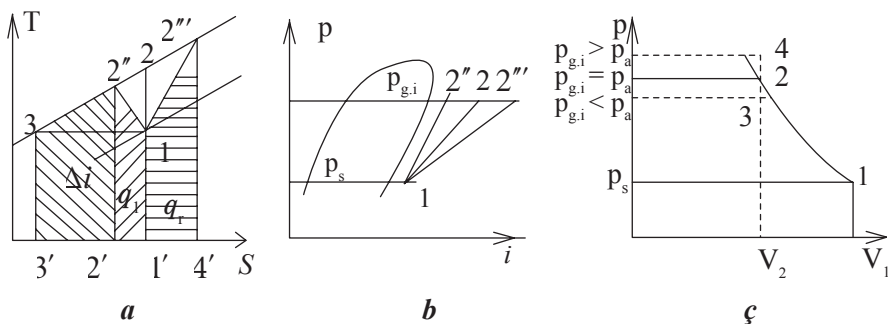
Doldurylan göwrüm

$$W_{\text{dol}} = \frac{(f_{1p} + f_{2p})L\varepsilon_g - V_{j.g}}{\varepsilon_g}.$$

W_{dol} doldurylan göwrüm gysylma burçundan φ_{1s} bagly. Gysyl-ma burçy φ_{1s} sorulma tarapdan rotoryň dişleriniň ilişmesine girip başlan pursadyndan gysyp iteklenme gözün jübüt giňişliginiň başyna birleşýänçä hereketlendiriji rotoryň öwrüm burçuny aňladýar.

Sorulma we gysyp iteklenme gözleriň profili. Sorulma gözi hyryň ön gyraky böleginde ýerleşýär. Sorulma gözün ölçegleri (53-nji surat) sorulma burçlary diýlip atlandyrylýan halka sektorlar α_{2s} we α_{1s} merkezi burçlar bilen häsiýetlendirilýär.

Jübüt giňişlikleriň jemleýji göwrümleri özüniň maksimal ba-hasyna $V_{j.g}$ hereketlendiriji hyryň öwrüm burçunda ýetýär:



56-njy surat. Gysylma prosesi:

a) s - T diagrammada; b) i - p diagrammada; c) v - p diagrammada.

$$\varphi_I = \frac{\tau_{It}}{2} + \frac{\pi}{z_I} + \pi.$$

Şonuň üçin hyrlaryň giňişligi gaz bilen doldurylanda hereketlendiriji hyryň φ_1 burça öwrülmesiniň dowamynda sorulma kamerasy bilen birleşmeli.

Şeýlelikde, $\tau_{It} > \tau_{I\check{a}k}$ bolanda, sorulma burçuň

$$a_{Is} \geq \frac{\tau_{It}}{2} + \pi - \frac{\pi}{z_I}$$

bolmagy zerur.

Sorulýan gazyň akymynyň tizlikli napory ulanylan ýagdaýynda:

$$a_{Is} = \frac{\tau_{It}}{2} + \pi - \frac{\pi}{z_I} + \Delta a_{Is}.$$

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

Herekete getirilýän hyryň sorulma hasaplama burçy:

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

Bu deňlemede α_{1s} – 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 $\alpha_{2s} = 233^\circ 30'$, elliptik üçin $\alpha_{2s} = 208^\circ$.

Hyrly kompressoryň gysyp itekleýji gözüniň konfigurasiýasy we meýdany gysylmanyň geometriki derejesine baglylykda kesgitlenilýär.

Sarp edilýän kuwwat we PTK. Hyrly kompressora berilýän kuwwat rotoryň üstünde döreyän normal güýçleri N_{pol} , gysyp iteklenmä tarap ýag geçirilende döreyän normal güýçleri N_y , kompressoryň işçi üstüne ýag ergini we buguň sürtülmesiniň galtaşma güýçlerini $N_{y.g.}$, podşipniklerde, berkidiji wallarda, deňagramlaşdyryjy porşenlerde sürtülmäni $N_{sür}$ ýeňip geçmeklige sarp edilýär.

Effektiw kuwwat:

$$N_e = N_{pol} + N_{y.g.} + N_y + N_{sür}.$$

Içki kuwwat:

$$N_{iç} = N_{pol} + N_{yg} + N_y.$$

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

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

$$N_{pol} = (V_n - V_y^l) p_1 \frac{m_2}{m_2 - 1} \left(\pi^{\frac{m_2 - 1}{m_2}} - 1 \right),$$

bu ýerde T_1 we T_2 – sorujy we gysyp itekleýji sowma geçirijisinde buguň temperaturasy, K; V_y^l – kompressoryň sorujy giňişligine gelýän ýag erginiň göwrümleýin sarp edilişi, m³/s. $p_2 \neq p_a$ basyş gabat gelmedik ýagdaýynda:

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

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

$$N_{yg} + N_y = 2,2 u_1^{1.4} \left(\frac{V_y}{V_n} \right)^{0.6}.$$

Kompressorda ýagy geçirmeklige sarp edilýän kuwwat:

$$N_{yg} = CG_y \frac{\Delta p_y}{\rho_y},$$

bu ýerde Δp_y – gysyp itekleme we sorulma basyşlaryň arasyndaky tapawut, kPa; ρ_y – iş şertlerinde ýagyň dykzlygy, kg/m³; C – kompressor berlende ýag erginiň deňölçeşsiz paýlanmasyny hasaba alýan koeffisiýent; $C = 0,9 \div 0,93$.

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:

$$\eta_{meh} = \frac{N_{iç}}{N_e} = \frac{N_e - N_{sür}}{N_e}.$$

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 peseldýär. Kompressora berilýän ýagyň mukdary birinji şerti ýerine ýetirmekden ugur alnyp hasaplanylýar.

Kompressoryň iş giňişligine berilmeli ýagyň mukdary G_y kompressoryň energetiki balansyndan kesgitlenilýär:

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

Kompressoryň daşy arkaly daşky gurşawa berilýän ($Q_{d.gur}$) ýylylygyň mukdary (Q_y) ýylylygyň 6 – 8 %-ni düzýär.

Ýagyň mukdary:

$$G_y = \frac{Q_y}{c_y \Delta t_y}.$$

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

Ýagyň göwrümlü sarp edilişi

$$V_y = G_y / \rho_y.$$

50°C temperaturada HA 30 kysymly ýagyň dykzlygy 863 kg/m^3 , HS 40 kysymly ýagyňky 826 kg/m^3 .

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

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

4.5. Kompessorlaryň we kompressor agregatlaryň konstruksiýasy, çyzgysy we häsiýetnamasy

Kompessorlaryň we kompressor agregatlaryň parametrler boýunça hatary. Sowadyjy jisim R22 we R717 ulanylanda standart şertlerde işleýän kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň parametrler boýunça hatary 410-dan 1680 k Wt çenli sowuk öndürijiligiň araçäginä alýar. Kompessorlaryň we kompressor agregatlaryň belgilenilişi OST 26.03-1018 – 74-e we OST 26.03-2013 – 79-a gabat gelýär.

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

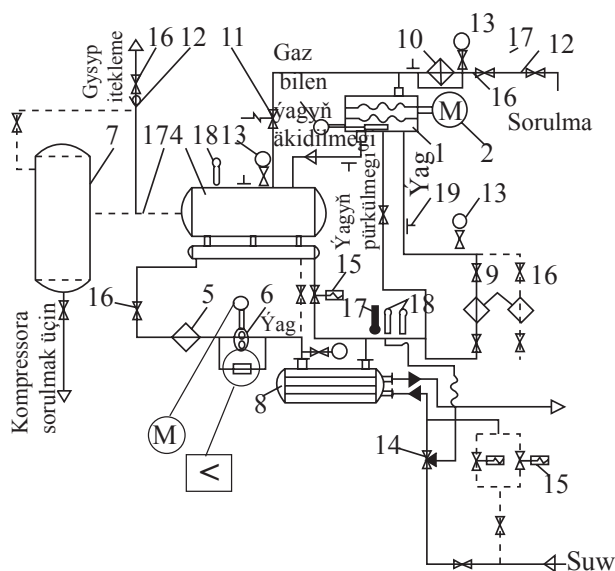
Mysal üçin, BX350-2-1, BX350-7-2, AH130-7-7 kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň kysymyny indiki görnüşde aýdyňlaşdyrmak mümkin:

BX – hyrly salnikli kompressor:

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

Parametrik hatar 50°C – dan ýokary bolmadyk kondensasiýa temperaturada we 10°C – dan – 115°C -a çenli gaýnama temperatura araçäginde sowadyjy bugkompressorly maşynyň işini üpjün ediji bir basgançakly hyrly ýag bilen doldurylýan kompressor agregatyň hataryny özünde jemleýär.

Parametrik hatar gurlanda indiki esasy şertler kabul edildi: basyşyň maksimal tapawudy 1,7 MPa; kompressoryň hereketlendiriji



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

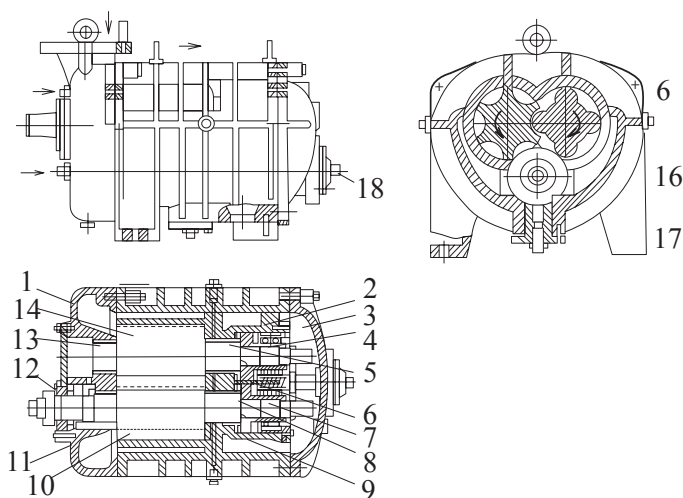
shemasy: 1 – kompressor; 2,3 – elektrik hereketlendiriji; 4 – ýag bölüji; 5 – gödek arassalamagyň süzgüji; 6 – elektrik ýag nasosy; 7 – ýag bölüji; 8 – ýag sowadyjy; 9 – oňat arassalamagyň süzgüji; 10 – gaz süzgüji; 11 – geçiriş klapany; 12 – ters klapany; 13 – manometr; 14 – göni hereketi sazlaýjy; 15 – selonoid wentil; 16 – zapor wentil; 17- termometr; 18 – termorele; 19 – gorag abzala basyşy almak üçin ýer

walynyň aýlaw ýygylgy 50 s^{-1} ; 100%-den 10%-e çenli öndürjiligiň ýuwaş sazlanylmagy zolotnikli gurluşyň kömegi bilen amala aşyrylýar; kompressor agregatlar gorizonta we wertika ýag bölüjili, bir ýa-da iki toplumly bolup biler; ýag bölüjiler, esasan, suw bilen sowadylýan; dişleriň profili assimetrik we elliptik.

4.2-nji tablisa

Temperatura araçağıň we sazlamagyň görnüşini belgilemek

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



58-nji surat. Hyrly sowadyjy kompressor BX -350:

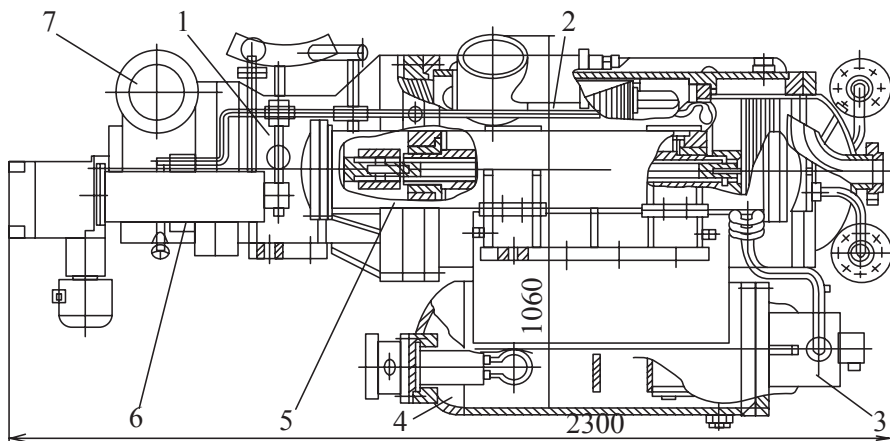
1 – sorulma göwrümi; 2 – daş; 3 – gapak; 4,7 – radial-daýanç podşipnikleri; 5,9,11,13 – typma podşipnikleri; 6,8 – ýag porşenler; 10,14 – rotorlar; 12 – salnik; 15 – öndürijiligi sazlaýjy zolotnik; 16 – şponka; 17 – daýanç hyr; 18 – ştok

Iş şertleri. Hyrly ýag bilen doldurylýan sowadyjy kompressor üçin iş şertleri: sorulma 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 5 kPa, sorulmada sowadyjy jisimiň minimal temperaturasy -40°C , gysyp iteklenmede maksimal basyş 2,1 MPa, basyşlaryň maksimal tapawudy 1,7 MPa, basyşyň ýokarlanmasynyň maksimal derejesi 17, gysyp iteklenmede sowadyjy jisimiň maksimal temperaturasy 90°C , kompressora girende ýagyň temperaturasy 20-den 50°C -a çenli.

Kompressoryň işiniň amatly şertleri: kompressora girende ýagyň temperaturasy 30-dan 40°C -a çenli, sorulma prosesinde sowadyjy jisimiň temperaturasy $+5$ -den 15°C -a çenli, öwrülme tizligi, ýagyň göräli mukdary.

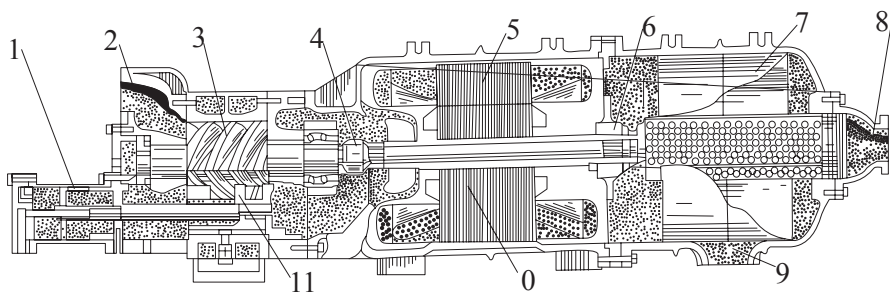
Kompressorly agregatlaryň tehnologiiki shemalary. Hyrly ýag bilen doldurylýan kompressorly agregatyň tehnologiiki shemasy 57-nji suratda görkezilen.



59-njy surat.

Hyrly salniksiz ýag dolduryjly sowadyjy kompressor agregat ($V_N=0,125 \text{ m}^3/\text{s}$):

1 – kompressor; 2 – elektrik hereketlendirijiniň daşy; 3 – elektrik ýag nasosy; 4 – ýag ýygnaýjy; 5 – ýag sowadyjy; 6 – ýagy arassalamak üçin süzgüç; 7 – gaz süzgüji



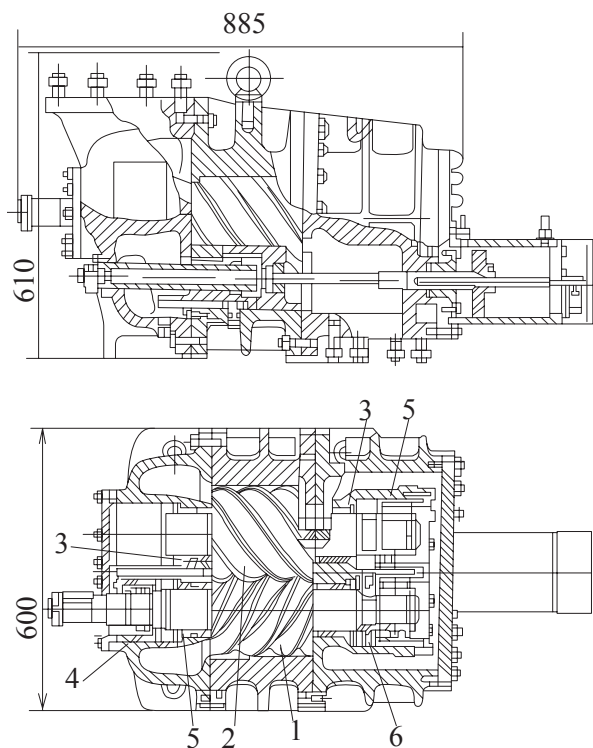
60-njy surat.

«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 – öndürijiligi sazlaýjy zolotnik

Sowadyjy jisim ters klap (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. Kompressordan sowadyjy jisim bilen ýagyň garyndysy (4) ýag bölüjä gelyär, bu ýerde ýagyň we sowadyjy jisimiň bölünmesi bolup geçýär (aýry ýagdaýlarda ikinji ýag



61-nji surat.

Hyrlý sowadyjy kompressor (Germaniýa).

1,2 – rotorlar; 3 – daýanç podşipnikleri; 4 – walyň gapdal berkitmesi;

5 – söýeg podşipnigi; 6 – ýag porşeni

bölüji (7) ulanylýar). Ýagdan bölünip aýrylan sowadyjy jisim, (12) ters klapany 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 bölekleyin kompressora pürkdürilmek üçin we oňat arassalaýjy süzgüç (9) arkaly bölekleyin podşipniklere, ýag porşenlere we hereketlendiriji ýagy berkitmäge barýar. Podşipniklerden, porşenlerden we berkidijilerden soňra ýag kompressoryň sorulma giňişligine barýar. Ýag bölüji kompressor bilen (11) klapany arkaly birleşdirilen.

Hyrlaryň nazary germetik ilişmesinde, hyrlaryň we daşyň ideal taýýarlanylýan ýagdaýynda gysyp itekleme we sorulma meýdanlaryň

arasynnda, şeýle-de jübüt giňişlikleriň arasynnda jebislik (germetiklik) üpjün edilmeli. Emma hyrly kompressorlaryň hakyky konstruksiýalarynda galtaşma çyzygy boýunça hyrlaryň arasynnda, şeýle-de hyrlaryň we daşyň arasynnda radial we gyraň yşlar göz önüne tutulýar. Yşlaryň ululygy indiki faktorlara bagly: işçi elementleriň ýylylyk deformasiýasyna, daşyň we rotoryň güýç deformasiýasyna, rotorlaryň oka görä geçmesine we ş.m.

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

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

Salnikli hyrly sowadyjy kompressor BX-350 58-nji suratda görkezilen. Kompressoryň (2) daşy, soruş bölümi (kamerasy) (1), gapak (3) we zolotnik (15) ýörite çouýundan 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. BX-350 kysymly kompressor üçin gysyp iteklenme tarapda rotoryň we daşyň arasyndaky gapdal yşlar 0,05 – 0,08 mm, sorulma tarapdan 0,42 – 0,75 mm, rotoryň we daşyň arasyndaky maksimal radial yşlar 0,057–0,193 mm.

Salniksiz kompressor agregatlar. Russiýada taýýarlanylýan we synagdan geçirilen salniksiz kompressor agregat 59-njy suratda görkezilen. Elektrik hereketlendiriji gysyp iteklenme tarapda oturdylyan we ýag-bugly gurşawda ýerleşýär. Kompressor ýag ulgamy bilen bilelikde toplumy emele getirýär, bu topluma germetik ýag nasosy hem girýär.

«Dunham-Buch» firmanyň (ABŞ) hyrly salniksiz kompressor agregaty (60-njy surat) gysyp iteklenme tarapda oturdylyan elektrik hereketlendirijä eýe. Toplumly sowadyjy maşynlarda ulanmak üçin salniksiz hyrly kompressorlar has amatly. Hyrly kompressoryň ýenede bir görnüşi 61-nji suratda getirilen. Bu kompressoryň konstruksiýasy ykjamlygy üpjün edýär.

V bap

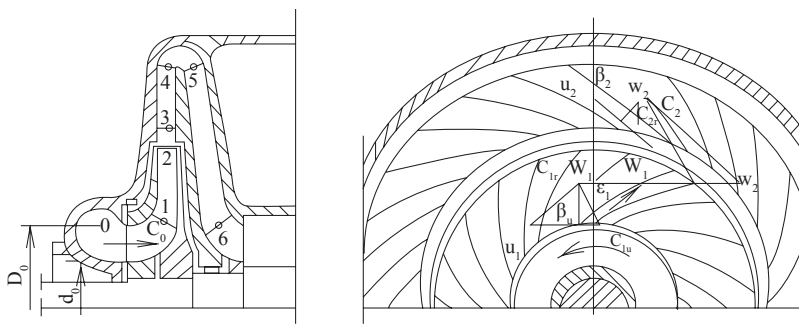
MERKEZDEN DAŞLAŞÝAN KOMPRESSORLAR

5.1. Umumy maglumatlar

Merkezden daşlaşýan kompressorlary köp ýagdaýlarda önümçilik we ulanma şertleri boýunça merkezden daşlaşýan kompressor bilen bilelikde işleýän sowadyjy maşynlardan aýyrmak mümkin däl. Şunuň netijesinde şu 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 propany, ikinji topar üçin ammiagy, propany we dürli ugrewodorodlary ulanmak häsiýetli. Birinji toparyň sowadyjy maşynlary özünde kompressory, hereketlendirijini, kondensatory, bugardyjyny, ýaglaýyş ulgamyny, awtomatika ulgamyny, kömekçi aparatlary (adatça bütewi agregatda) saklaýar. Ikinji topara kompressor, hereketlendiriji, ýaglaýyş ulgamy, awtomatika ulgamy, kömekçi aparatlaryň, turbageçirijileriň we armaturalaryň toplумы girýär.

Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlar pes temperaturalaryň giň araçäginde (kondisionirleme şertinden – 120°C-a 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, jemgyýetçilik uly hojalyk we



62-nji surat.

Merkezden daşlaşýan kompressorlyň basgançaýy:

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

sowda jaýlarynda howany kondisionirmekde; azyk senagatynyň sowadyjy desgalarynda; ýylylyk nasos hökmünde önümçilik, jemgyýetçilik we ýaşaýyş jaýlary, gidroelektrik bekediniň maşyn zallaryny we gulluk jaýlaryny ýylatmak üçin; dürli wezipeleri ýerine ýetirýän eksperimental desgalarda ulanylýar.

Merkezden daşlaşýan kompressorly maşynlar we desgalar esasan uly sowuk öndürjilik üçin ulanylýar. Olaryň has kiçi sowuk öndürjiligi ahyrky çarhdan çykanda sowadyjy jisimiň mineral sarp edilişiniň maksadalaýyklygyndan kesgitlenilýär. Häziki zaman freonda işleýän kompressorlar üçin bu sarp edilişi takmynan $0,165 \text{ m}^3/\text{s}$ deň kabul etmek mümkin. Bu 250 mm deň bolan işçi çarhyň D_2 (62-nji surata seret) diametrine gabat gelýär. Onda standart şertlerde senagat görnüşindäki senagat maşynlaryň has kiçi sowuk öndürjiligi R12 işlände 700 kWt, R11-de 160 kWt we R113-de 85 kWt düzer (howany kondisionirmeginiň şertlerinde bu sanlar az üýtgär). Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynyň nusgaly öndürilişinde sowuklyk öndürjiligiň amatly aşaky çägin başga görnüşdäki maşynlaryň (porşenli we hyrly) sowuk öndürjiligiň ýokarky çägin hasaba almak bilen belleýärler. Sowadyjy jisimiň görnüşinden baglylykda merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynyň has uly sowuk öndürjiligi standart şertlerde häzirki konstruksiýalarda 20000 kWt-a ýetýär.

Has giň ýaýran porşenli kompressorlar bilen deňeşdirilende merkezden daşlaşýan kompressorlar indiki artykmaçlyga eýe: birmeňzeş sowuk öndürililikde kiçi massa we gabaritler (göwrüm): gurluş ýönekeýligi, ygtybarlylyk we howpsuzlyk; deňagramlaşmadyk inersion güýçleriň ýoklugy we şunuň bilen baglanyşyklykda ýeňil fundamentleri ulanmak mümkinçiligi; çykýan buguň akymynyň deňölçeçililigi, sowadyjy jisimde çalgý ýagynyň ýoklugy; 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 sowuk öndürililigi sazlamagyň deňeşdirerlik ýönekeýligi.

Merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressoryň ýetmezçilikleri esasan uly bolmadyk sowuk öndürililiklerde ýüze çykýar. Kiçi kompressor ýokary aýlaw ýygylýga $0,5 \div 1,65 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ($30 \div 100 \text{ m}^3 \text{ min}$) eýe, bu ýörite hereketlendirijiniň (priwodyň) ýa-da köp basgançakly ýokarlandyryjy berijilik bilen bagly. Muňa garamazdan merkezden daşlaşýan kompressor kä ýagdaýlarda kiçi sowuk öndürililiklerde hem ulanylýar, hususanda, ykjamlyk, kiçi massa, oňat deňagramlylyk, ygtybarlylyk we başga zerurlyklar ýüze çykanda ulanylýar.

Howa we gaz kompressorlary bilen deňeşdirilende sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressorlar indiki aýratynlyga eýe: sowadyjy kompressorlar kiçi göwrüm öndürililige (adadça 0,55-den $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ -e çenli) eýe, diňe käbir ýagdaýlarda sorulýan göwrüm $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ýetýär, gysylma hadysasy has çylşyrymly (her bir seksiyada 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%-e çenli sowuk öndürililigiň üýtgemesiniň çäklerinde effektiv işi kepillendirmeli. Gysylma hadysasy buguň çäk egrisiniň golaýyndan, ýagny ideal gazyň kanunynyň we deňlemesiniň güýjüni ýitirýän meýdanyndan geçýär. Agyr işçi maddalar freonlar gysylanda

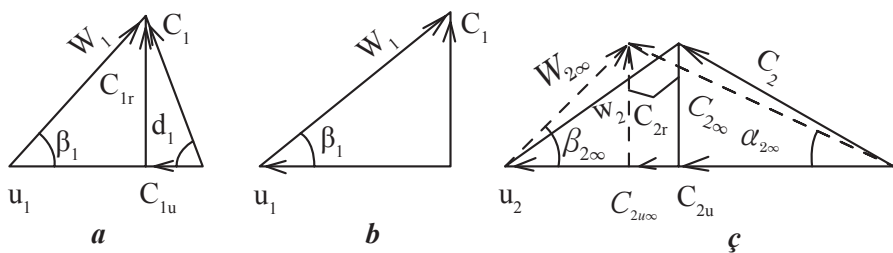
Mahyň sany ($M_u = u_2/a$) durnukly howa we gaz kompressorlary bilen deňeşdirilmede ep-esli ýokary: özem bu ýagdaýda bir basgançakda basyşyň ýokarlanmasynyň ýokary derejesine (3,2 çenli) ýetilýär we gysylýan buglaryň göwrümi güýçli kiçelýär.

Merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlar ilkinji gezek 1922-nji ýylda, haçanda «Carrier» 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-njy ýyllardan başlap merkezden daşlaşýan kompressorly sowadyjy maşynlarda esasan freonlary ulanyp başladylar. Häzirki wagtda, freondan başga-da, şeýle-de ammiak, propan – propilen garyndy, etilen, etan we metan ulanylýar. Russiýada R12-de, ammiakda we propanda işleýän merkezden daşlaşýan sowadyjy kompressorlar 1960-njy ýyldan bäri Kazanyň kompressor zawodynda öndürilýär.

Nazaryýetiň esaslary. Kompressoryň elementleri boýunça gazyň esasy akymynyň hereketlenýän ugurlarynyň jemine *gazyň akýan bölegi* diýilýär. Gazyň akýan bölegi bir ýa-da birnäçe basgançaklardan durýar. Kompressoryň basgançagy işçi çarhdan, diffuzordan we ulitkadan (ýa-da ýygyny 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 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.

İşçi çarhdan gaz akanda onuň absolýut tizligi (c) geçirilme (aýlaw) tizligiň (u) we göräli tizligiň (ω) wektor jemi bolup durýar (*63-nji surat*).



63-nji surat.

İşçi çarha giriş we çykyş tizlikleriniň üçburçluklary:
 a, b – giriş tizlikleriniň üçburçluklary ($a - \alpha_1 < 90^\circ$ bolanda; $b - \alpha_1 = 90^\circ$ bolanda);
 ζ – çykyş tizlikleriniň üçburçluklary

Tükeniksiz uly mukdardaky pilçeleriň çarhynda işiň udel sarp edilişi Eýleriň deňlemesinden kesgitlenilýär:

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

Çarhdan öň akymy towlaýan pilçeleriň ýok ýagdaýynda, çarhda we tizligiň giriş üçburçlugynda 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 koeffisiýenti.

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

$$\ell_E = u_2 c_{2u} = \mu \ell_{E\infty} = \mu \varphi_{2\infty} u_2^2 = \varphi_2 u_2^2,$$

bu ýerde $\mu = \frac{c_{2u}}{c_{2u\infty}} = \frac{\varphi_2}{\varphi_{2\infty}} = \frac{\ell_E}{\ell_{E\infty}}$ – işiň kemelmeginiň koeffisiýenti,

ol, köplenç, *aýlaw koeffisiýenti* diýlip hem atlandyrylýar.

A.Stodolyniň formulasy boýunça:

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

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

Adatça μ hasaplama bahasy $0,84 - 0,88$ düzýär. Sorujy görnüşdäki çarh üçin μ bahasy K.Pfleyderiň formulasy boýunça kesgitlenilýär, oseradial üçin – P.K. Kazanžanyň formulasyndan kesgitlenilýär.

Basgançagyň işiniň effektiwligi gazodinamiki PTK-da häsiýetlendirilýär.

ℓ_E iş gazyň gysylmagyna we geçmesine, onuň kinetiki energiýasynyň üýtgemesine sürtülmeden we basgançagyň akys böleginde köwlenmäniň emele gelmeginden gazodinamiki ýitgileri ýeňip geçmeklige sarp edilýär. Bu ýitgiler gazodinamiki PTK-da hasaba alynýar:

$$\eta_h = \frac{l_E - \Sigma \Delta l_{\text{geç.böl.}}}{l_E} = 1 - \frac{\Sigma \Delta l_{\text{geç.böl.}}}{l_E}.$$

Hasaplama kadalar üçin $\eta_h = 0,82 \div 0,88$

Effektiw iş

$$\ell_{ef} = \eta_h \ell_E = \mu \varphi_{2\infty} \eta_h u_2^2 = \psi u_2^2,$$

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

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

$$\beta_{\text{sür}} = \frac{\Delta \ell_{\text{sür}}}{\ell_E} = \frac{17,2}{10^3 \bar{b}_2 \varphi_2 \varphi_{2r} \tau_2},$$

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

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

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

Akyp geçmeden ýitgileriň göräli ululygy:

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

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

Mehaniki ýitgiden başga ähli ýitgileri hasaba almak bilen basgançakda işiň doly sarp edilişi:

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

Birinji basgançaklar üçin adatça koeffisiýent $a = 1,02 \div 1,05$

Politrop PTK:

$$\eta_{pol} = \frac{\ell_{pol}}{\ell} = \frac{\int_1^k \partial dp}{\ell},$$

bu ýerde ℓ – statiki parametrler boýunça işiň sarp edilişi:

$$\ell = i_k - i_l = \ell_o - \Delta k.$$

Udel kinetik energiýanyň üýtgemesi: $\Delta k = \frac{c_k^2 - c_l^2}{2}$; k indeks

basgançagyň ahyrky kese-kesigine degişli. 1 indeks – içki çarhyň pilçelerine girişine degişli.

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

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 edilişi.

Içki PTK (doly parametler boýunça):

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

Içki PTK hem politrop PTK ýaly mehaniki PTK-den 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:

$$\eta_h = \alpha \eta_0 = (1 + \beta_{\text{sür}} + \beta_{\text{ag}}) \eta_0.$$

Hasaplama ýylylyk diagrammalaryň kömegi bilen adiabat PTK-ny 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:

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

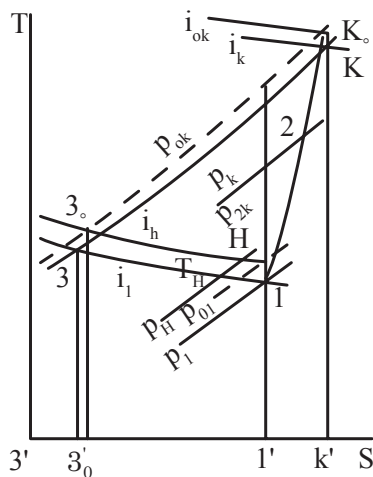
$\varepsilon_k \leq 3$ bolanda freon üçin $\frac{\eta_{pol}}{\eta_{ad}} = 1,01 \div 1,03$, ammiak üçin.

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

Sowadyjy merkezden daşlaşýan kompressorlar üçin η_{pol} hasaplama bahasy $0,72 - 0,82$ düzýär.

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

Kompressora girmezden öň 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 proses takmyny izoentropiýa boýunça geçýär diýip hasaplamak mümkin (onda girişde doly basyş $p_{01} = p_H$).



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

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

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

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

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

$$\text{bu ýerde } T_{01} = T_H \text{ we } \alpha_{01} \approx \alpha_H.$$

Statiki parametrler boýunça basyşyň ýokarlanmasynyň derejesi:

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

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

Real gaz üçin sesiň tizligi:

$$a = \sqrt{k_v \nu R z T},$$

bu ýerde k_v – adiabatanyň göwrüm görkezijisi, z – gysylyjylyk koeffisiýenti.

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

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

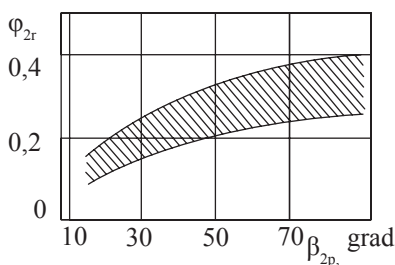
Pilçeleriň çykyş burçy β_{2p} . Burçuň artmagy bilen basgançagyň maksimal PTK çarhdan çykanda tizlikleriň üçburçlugynda c_2 tizligiň artmagy we basgançakda statiki basyşyň umumy artmagynda diffuzoryň üleşüniň artmagy netijesinde peselýär. Mundan başga-da, diffuzora girende M_{c3} sanyň artmagy PTK-ıň peselmegine ýardam edýär. Emma β_{2p} ýokary bahaly çarhlarynda naporyň koeffisiýenti 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 μ sirkulýasiýa koeffisiýenti peselýär. PTK maksimal bahasyga 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 massasyna gatnaşygy boýunça sür-tülme üsti uly bolanda – akymyň tekiz häsiýeti bozulýar. Görkezilen iki ýagdaýda hem gazodinamiki PTK η_h peselýär. b_2/D_2 amatly bahasy $0,04 - 0,06$ düzýär.

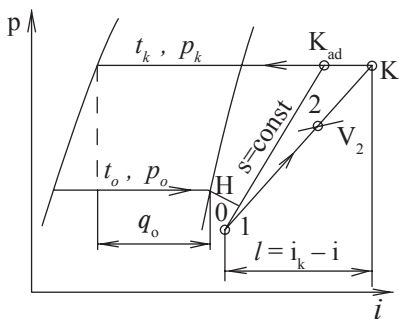
$\frac{b_2}{D_2} < 0,02$ çarhlarda PTK aýratyn düýpli peselýär, şonuň üçin şeýle çarhlary ulanmakdan gaça durmaly. Dar çarhlarda politrop we içki PTK diňe η_h peselmegi netijesinde kemelmän, eýsem, $\beta_{sür}$ we $\beta_{geç}$ artmagy sebäpli hem kemelýär. Emma ψ napor koeffisiýenti şeýle çarhlarda biraz artýar.

$M_{\omega1}$, M_{c2} , M_u sanlar. $M_{\omega1}$ we M_{c2} sanlaryň artmagy we olaryň bire ýakynlaşmagy bilen tolkunly garşylyklaryň we berkitmeleriň ýerli ýokary galmasynyň ýüze çykmagy netijesinde gözenekleri ýuw-magy sebäpli ýitgiler çalt artýar. $M_{\omega1}$ we M_{c2} sanlaryň bahasy $0,85 - 0,90$ uly bolmaly däl. Kä ýagdaýlarda pilçesiz diffuzorda $M_{c2} > 1$ ýol berýärler, bu ýerde berkitmeleriň bökmegi döremeýär, emma pilçesiz bölekde bu ululygy $M_{c3} < 1$ -e çenli peseldýärler.



65-nji surat.

Işçi çarhyň β_{2p} pilçeliriniň burçuna baglylykda ϕ_{2r} sarp ediş koeffisiýentiniň hasaplama bahasy



66-njy surat.

i - p diagrammada bir basgançakly sowadyjy maşynyň aýlawy

5.2. Merkezden daşlaşýan kompressorlary hasaplamagyň esaslary

Köp basgançakly kompressoryň hasaplamasynda ilki başda sowadyjy jisimi we aýlawyň görnüşini saýlaýarlar, soňra basgançaklaryň sanyny belleýärler, öňisyrä aralyk basyşy oturdýarlar we basgançaklar boýunça sowadyjy jisimiň massalaýyn sarp edilişini kesgitleýärler.

Sowadyjy jisim esasan t_o we t_k berlen temperaturalar, şeýle-de talap edilýän sowuk öndürjilikden Q_o kesgitlenilýär.

Ähli işçi çarhlaryň diametri adatça birmeňzeş kabul edilýär. Birinji basgançagyň işçi çarhlary pilçeleriň uly burçlarynda β_{2p} , soňkular β_{2p} kiçi burçlarynda ýerine ýetirilýär, soňky – sorujy görnüşde ($\beta_{2p} = 15 \div 32^\circ$). Birinji basgançakdan indikä geçende gysylyan gazyň göwrüminiň ep-esli kemelmegi netijesinde ýumaş-ýuwaşdan sarp ediş koeffisiýenti kemeldýärler, bu esasan ahyrky basgançaklarda b_2/D_2 bahasynyň has peselmegine ýol bermezlik mümkinçiligi üçin edilýär. 65-nji suratdaky aşaky çäk pilçeli diffuzorly basgançaklara, ýokarky – pilçesize degişli.

Her bir basgançakda çarhyň görnüşini oturdyp, onuň üçin naporyň koeffisiýentini 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 aralyk basyşyň paýlanmasynyň dogrulygyny barlaýarlar.

Hasaplama nokatda basgançagyň kabul edilen görnüşü üçin ýetil-
ýän basgançagyň ölçegleriniň gatnaşyklarynyň, akymyň tizlikleriniň
we işçi koeffisiýentleriň ($\eta_{\text{pol}}, \eta_{\text{ad}}, \eta_h, \psi$ we başg.) hödürülenýän gatnaşyk-
laryny ulanmak bilen bir basgançakly sowadyjy merkezden daşlaşýan
kompressoryň hasaplamasynyň mysaly tertibi aşakda getirilen.

Sowadyjy jisimiň we aýlawyň (66-njy surat) görnüşü saýla-
nylandan soňra hasaplamanýan sowadyjy jisim üçin i - p ýa-da s - T
diagrammanyň kömeginde alyp barmak amatly.

Diagrammanyň ýok ýagdaýynda buglaryň tablisasyndan we
ýagdaýyň deňlemesinden peýdalanýarlar.

H nokadyň başlangyç ýagdaýy (kompressoryň sorujy göwrümine
girmezden önürti) sorujy geçiriji turbada aşa gyzmagyň we basyşyň
ýitgisiniň ululygy boýunça kesgitleýärler. 1 nokatda entalpiýany (işçi
çarhyň pilçelerine girenden soňra) deňlemeden tapýarlar:

$$i_1 = i_H - \frac{c_1^2 - c_H^2}{2}.$$

Izoentalpiýada i_1 nokadyň ýagdaýy girişdäki ýitgä bagly.
Eger-de ony hasaba almasak, 1 nokat izoentalpiýanyň s_H izoentropa
kesişmesinde ýatar. Agyr sowadyjy jisimler üçin önüsyra hasaplama-
larda c_1 tizlik $c_1 \approx (0,50 \div 0,55)M_{\omega_1}\alpha_1$ gatnaşykdan saýlanylýar, bu ýer-
de: M_{ω_1} – bahasy 0,75 – 0,85 çäklerde belleniýär we α_1 (sesiň tizligi)
1 nokatdaky ýagdaý boýunça kesgitlenilýär.

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

Soňra adiabat gysylma işi kesgitlenilýär:

$$\ell_{ad} = i_{kad} - i_1.$$

Bir basgançakly kompressorlar üçin η_{pol} PTK bahasyny saýlap
we η_{ad} bahasyny kesgitläp, deňlemeden ψM_u^2 tapýarlar:

$$\psi M_u^2 = \frac{1}{\alpha_1^2} \left(\ell_{ad} \frac{\eta_{\text{pol}}}{\eta_{ad}} + \frac{c_k^2 - c_1^2}{2} \right),$$

bu ýerde c_k – basgançakdan çykandaky tizlik.

Işçi çarhyň (burç β_{2p}) görnüşini saýlap we onuň üçin naporyň
koeffisiýentini $\psi = \mu \varphi_{2\omega} \eta_h$ kesgitläp, M_h bahasyny we soňra M_{ω_1} tap-
ýarlar:

$$M_{\omega l} = M_u \cdot \frac{\overline{D}_1}{\cos \beta_1},$$

bu ýerde
$$\overline{D}_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{u_1}{u_2}.$$

Kompressor we awiasion görnüşdäki çarhlar üçin girişde pilçeleriň β_{1p} amatly burçy $30 - 35^\circ$ düzýär. Köplenç $\beta_{1p} = 32^\circ$ kabul edilýär. Agyr sowadyjy jisimler üçin $M_{\omega l}$ bahasy $0,85 - 0,90$ -dan geçmeli däl, ýeňil sowadyjy jisimler üçin aýlaw tizlik $u_2 = M_u \alpha_1$ saýlanylan materialyň berkliginiň çägi bilen çäklendirilen, ýol berilýäninden kiçi bolmaly. Garşylykly ýagdaýda β_{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 koeffisiýenti $\varphi_{2\infty}$ (ψ üçin formulada) formula boýunça tapýarlar:

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

Gysylmanyň ahyryndaky K nokadyň ýagdaýyny deňlemeden kesgitleýärler:

$$i_k = i_i + \frac{\ell_{ad}}{\eta_{ad}}.$$

Gysylma prosesiniň çyzygyndaky (2) nokat işçi çarhdan çykanda sowadyjy jisimiň ýagdaýyny häsiýetlendirýär. Onuň ýagdaýyny aşakdaky deňlemäni peýdalanyp, çykyş tizlikleriň üçburçlugy gurlandan soňra kesgitleýärler:

$$i_2 = i_1 + \ell_0 - \frac{c_2^2 - c_1^2}{2}.$$

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 ξ kiçi bahalary birinji, uly bahasy ahyrky çarhlara degişli.

Tehnologiki nukdaý nazardan pilçeleriň başlangyjynyň D_1 diametri adatça D_0 -den 2-5% uly.

Işçi çarhyň daşky diametri:

$$D_2 = \frac{D_1}{\bar{D}_1},$$

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 ℓ_0 – basgançakda işiň doly sarp edilişi.

Girişde işçi çarhyň ini

$$b_1 = \frac{m\nu_1}{\pi D_1 \tau_1 c_1}.$$

Çykyşda ini

$$b_2 = \frac{m\nu_2}{\pi D_2 \tau_2 c_{2r}}.$$

Çarhdan çykanda radial c_{2r} tizlik öň kabul edilen φ_{2r} bahasy boýunça kesgitleýärler. τ_1 we τ_2 koeffisiýentler pilçeleriň barlygy sebäpli giriş we çykyş meýdanyň kemelmesini hasaba alýar.

$\varphi_1 = \frac{c_{1u}}{u_1} = 0$ bolanda, işçi çarhyň esasy parametrleri indiki gatnaşykda baglanyşýar:

$$\frac{b_2}{D_2} = \frac{\overline{D_1^3}(1 - \xi^2) \operatorname{tg} \beta_1 k_{v0}}{4k_D^2 k_c \varphi_{2r} \tau_2 k_{v2}},$$

bu ýerde

$$k_{v0} = \frac{v_H}{v_0}; k_{v2} = \frac{v_H}{v_2}; k_D = \frac{D_1}{D_0}; k_c = \frac{c_1}{c_0}.$$

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

VI bap

SOWADYJY KOMPRESSORLAR ÜÇIN ÝAGLAR

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

Nebit önümlerinden alnan 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 deňişli sintetiki suwuklyklar deňişli: kremniý-organiki, poliefirler, poliglikollar we başgalar.

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 agressiwligе eýe.

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

6.1. Esasy alamatlar

Sowadyş tehnikasynda ulanylýan ýaglaryň häsiýetnamalary VIII-1-nji tablisada [12] getirilen.

Şepbeşiklik. Işň we ýylylyk sürtülmesiniň ululygy, iýilme, yşlary berkitmegiň hili ulanylýan ýagyň şepbeşikligine bagly.

Sowadyjy ýaglaryň kinematiki şepbeşikligi 50 °C temperaturada kadalaşdyrylýar. MS348-75 halkara standartyna laýyklykda ýaglaryň kinematiki şepbeşikligini 40 °C-da häsiýetlendirmek tekliп edilen.

Ýag temperatura 1°C üýtgände şepbeşikligiň üýtgemesini kesgitleýän temperatura-şepbeşiklik koeffisiýenti bilen hem häsiýetlendirilýär.

Ýaglaryň temperatura-şepbeşiklik koeffisiýentiniň synag arkaly kesgitlenen baglylyklary VIII-1-nji tablisada [12] getirilen.

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

$$SI = \frac{L - v}{L - H} \cdot 100,$$

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

Şepbeşiklik indeksini 37.8°C -da we 98.9°C -da we standart ýagyň şepbeşikliginde berlen ýagyň şepbeşikligi boýunça hasaplaýarlar.

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

Häzirki zaman çalt hereketli kompressorlaryň kadaly ýaglanylmagy üçin 100°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 kompressorlarda HF(XΦ) 12-16 görnüşdäki pes şepbeşikli ýaglar ulanylýar. Kompressoryň ýokary temperaturadaky işinde ýagyň ýeterlik şepbeşikligini üpjün etmek üçin uly SI ýagy kabul etmek has maksadalaýyk.

Dykyzlyk. $-80 \div +120^{\circ}\text{C}$ temperatura interwalda $\pm 0,15\%$ takyklykda ýagyň dykyzlygy aşakdaky deňlemede kesgitlenilýär:

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

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

Gatama temperaturasy we akyjylyk temperaturasy. Sowadyjy maşynlar üçin ulanylýan ýaglar pes gataýanlaryň hatary-

na 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°C -dan -40°C -a çenli doňma temperatura eýe. Käbir sintetik ýaglaryň gatama temperaturasy -100°C we ondan hem pes.

Ot alma temperaturasy. Açyk otda ot alma temperaturasy, edil öz-özünden ýanmak temperaturasy ýaly, ýaglardaky ýeňil uçýan fraksiýalar bilen bagly.

Halkara talaplaryna laýyklykda sowadyjy maşynlaryň ýaglarynyň ot alma temperaturasy $160 \div 180^\circ\text{C}$ -dan 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 temperaturasyna we bugaryjylyk temperaturasyna bagly. Ýokary ot alma, 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 sygymy. Sowadyjy ýaglaryň ýylylyk sygymy $1,6 - 2,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ aralyklarda saklanylýar. Sowadyjy ýaglaryň ýylylyk sygymyny kesgitlemek üçin aşadaky deňleme teklipe edilen:

$$c_p^t = c_p^{30} [1 + \alpha_c (t - 30)],$$

bu ýerde c_p^{30} – 30°C temperaturada ýylylyk sygymy; α_c – temperatura koeffisiýenti.

Elektrik geçirijiligi. Sowadyjy maşynlaryň elektrik geçirijiligi $10^{-12} \div 10^{-18} \cdot \text{Cm}^{-1}\text{m}^{-1}$ tertipde. Mineral ýaglaryň dielektrik hemişeligi 2,26, sintetik ýaglaryňky 2,17.

Ýylylyk geçirijiligi. Sowadyjy maşynlaryň köpüsiniň ýylylyk geçirijiligi -60 -dan $+120$ °C-a çenli temperatura araçäkde indiki deňlemeden kesgitlenilýär:

$$\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \alpha(t - 30)],$$

bu ýerde λ_{30} – 30 °C temperaturada ýylylyk geçirijiligi; α – temperatura koeffisiýenti.

6.2. Ýaglary synagdan geçirmek

Ýagy ulanmaga goýbermek üçin synaglaryň birnäçesi geçirilýär. Synaglar yzygider birnäçe döwürlerden durýar: tejribe, diwar we ulanma.

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 synaglarynyň netijesinde ýagyň berlen häsiýetnamalara gabat gelmegi barada önüsyra 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 konstruksiýa materiallaryna durnuklylygyny bahalandyrmak, sowadyjy ulgam boýunça ýagyň aýlanyşyny 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 ilki başdaky çig maly we tehnologiýasy üýtgedilen ýag Döwletstandartynyň çözgüdi boýunça ulanylmaga goýberilýär.

VII bap

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 bejergini geçirmegiň mümkinçilik we ykdysady maksadalaýyklygynyň kriteriýasy goýlan.

Bu bölmeklik şertli, sebäbi mysal üçin, bejerilmeýän enjamlaryň toparyna degişli germetik kompressorlar we onuň esasyndaky sowadyjy maşynlar ýörite kärhanalarda merkezleşdirilip 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 bozulmasyňa çenli işleýän bu enjamy bejerilmeýänleriň toparyna degişli edýärler.

Birinji toparda kompressorlaryň uzak ömürliligi iýilme ýagdaýy 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 (düwünlerden we şaýlardan) durup biler. Kompressorlarda dikeldip bolýan elementler birinji nobatda esasy şaýlar (tirsekli wal, silindr), şeýle-de babbit bilen guýulan wkładyşlar we ş.m. degişli. Esasy detallaryň hatardan çykmagy kompressoryň düýpli bejerilmegine getirýär. Dikeldip bolmaýan düwünler we şaýlar (klapanlaryň plastinasy, pružinler, prokladkalar, porşen halkalar we ş.m.) zaýalananda we döwülende gaýtadan dikeldilmeýär we täzesine çalşylýar. Şol bir detal (şaý) bir kompressorda dikeldip bolmaýan görnüşde seredilip bilner. Prokladkalaryň sanynyň hasaby sazlanýan we babbite guýlan wkładyş dikeldilýän önüm, bimetal wkładyş – dikeldilmeýän. Gorizontalkompressorlaryň silindri iýlende sür-tülip (gyrlyp) oýulýar we oňa wtulka preslenip bilner, blok-karterli kompressorlaryň gilzasy dikeldilmeýär, düýpli bejerilende täzesine çalşylýar.

Ýagdaý we hadysa. Bu topara maşynyň guratlygy, gurat däl-digi, işe ukyplylygy, işe ukypsyzlygy, durmagy (bozulmagy) baradaky düşüňjeler girýär.

Guratlyk – bu ýagdaýda sowadyjy maşynyň tehniki parametrleri normatiw-tehniki resminamalaryň ähli talaplaryny kanagatlandyryýar.

Gurat dällik – bu ýagdaýda maşynyň tehniki parametrleri tehniki resminamalaryň talaplarynyň hiç birine gabat gelmeýär. Bozulmaklyga getirmeýän gurat däldigi we bozulmaklyga getirýän gurat däldigi tapawutlandyrmak zerur.

Işe ukyplylyk – bu sowadyjy maşyny ulanmagyň berlen şertlerinde kesgitlenilen tehniki resminamalaryň talaplarynyň iş parametrlerini üpjün etmek ukyby. Degişlilikde, işe ukyply kompressor gurat däl (mysal üçin, tirsekli walyň salniginden ýag akdyrýan kompressor) hem bolup biler.

Durmak (bozulmak) – bu işe ukyplylygyny doly ýa-da bölek-leýin ýitirmekden durýan ýagdaý.

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 ukyplylygy. Ygtybarlylyk görkezijileri 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 kesgitleýär.

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 başda çäk ýagdaýa çenli hyzmat etmeklige we bejermeklige çenli mümkin bolan arakesmeler bilen önümiň uzak wagtlap işe ukyplylygyny 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 wezipesine baglylykda önümiň ygtybarlylygyny kesgitleýän islendik alamaty esasy bolup biler.

7.2. Ygtybarlylygyň mukdar görkezijileri

Mukdar görkezijiler ýokarda bellenilip geçilen alamatlary häsiýetlendirýär, özem olary alamatlaryň özleri bilen deň hasaplamaly däl, mysal üçin, ygtybarlylygy sagatda, göterimde we ş.m.

Ygtybarlylygyň görkezijilerini bahalandyryňan sanawy sowadyjy maşynyň spesifikasiýasyny doly şekillendirer ýaly, taslama döwründe ýeňil hasaplanar ýaly, synag we ulanma netijeleri boýunça kesgitlemeler ýaly we çylşyrymly ulgamlaryň ygtybarlylyk hasaplamalarynda ulanmak üçin amatly bolar ýaly belleýärler. Mundan başga-da, görkezijiler önümiň ygtybarlygyny onuň ömürlük aýlawynyň islendik döwründe häsiýetlendirmeli.

Uzakmöhletli işlemegiň görkezijilerini kesgitlemek üçin ilkinji maglumatlar iýilmäniň tizligi ýa-da sürtülýän detallaryň serişdeleri bolup durýar: bökdençsizligiň görkezijisi duýdansyz bozulmalaryň akymynda häsiýetlendirilýär.

Ygtybarlylygyň görkezijilerini kesgitlemek üçin maglumatlary ýygnamak aktiw we passiw barlaglary geçirmekligiň esasynda amala aşyrylýar.

Aktiw barlag bökdençsizlige zawod-taýýarlaýjynyň synag diwarlarynda we tejribe şertlerinde serişde (resurs) ýa-da ýörite synaglara esaslanýar. Aktiw barlagda esasan kiçi we orta sowadyjy maşynlar (priwodyň kuwwaty 15-20 kWt-a çenli) synag edilýär.

Passiw barlag (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 alnanda, 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 ygtybarlylyk görkezijilerine ulanmanyň we tehniki hyzmat etmekligiň ulgamlarynyň şertleriniň täsir derejesi kesgitlenilýär.

Synaglaryň ähli görnüşleriniň prosesinde periodiki kompressorlaryň sürtülýän detallarynyň mikrometrilenmesi amala aşy-

rylýar, 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 gaýtalanýan ýagdaýynda, bozulmanyň degişli mukdary bolup geçdi diýlip hasaplanylýar; şol bir wagtda 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, wajpylygyndan 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 girmeyän abzallaryň ýa-da gurluşlaryň näsazlyklary netijesinde dörän.

Bökdençsizlik synaglary. Bökdençsizlik synaglary synagyň işläp taýýarlanylýan ýörite meýilnamasy boýunça geçirilýär, onuň esasynda synagyň maksatnamasy düzülýär. Ygtybarlylyk synagynyň meýilnamasy synagyň görnüşine baglylykda üýtgeýär (kesgitleýji ýa-da barlag).

Synagyň meýilnamasy düzgünleriň toplumy bolup durýar, oňa laýyklykda synagyň göwrümi (synag edilýän önümleriň mukdary we synagyň wagty) kesgitlenilýär, bozulan önümiň dikeldilmegi we di-

keldilmezligi çözülyär, olary täzä çalyşmalymy ýa-da çalyşmaly dälmi, synag döwründe, şol sanda synagyň ahyrynda çözgütleri kabul etmegiň tertibi belgilenilýär.

Synagyň meýilnamasy synagy geçirmegiň görnüşini we usulyny, kesgitlemekligi ýa-da barlamaklygy talap edýän ygtybarlylygyň görkezijilerini, synag kadalaryň häsiýetnamasyny, saz işlemekligi barlamagyň usulyny, bozulmalary kesgitlemegiň usulyny saklaýar.

Ygtybarlylygyň görkezijileri statistiki ululyklar bolup durýar we tötänleýin ululyklaryň paýlanylyşynyň nazary kanunlaryna boýun egýär. Sowadyjy maşynlaryň ygtybarlylygynyň görkezijisiniň empiriki paýlanmasynyň aglaba köpüsiniň ýagdaýy eksponensial, adaty ýa-da Weýbulla kanunlaryna eýerýär.

Synagyň göwrümi (synag edilýän önümiň mukdary we synagyň dowamlylygy) güman edilýän kanunyň paýlanylyşyndan, görkezijisini kesgitlemegiň ynanç ähtimallygyndan α we onuň kesgitlenilmeginiň göräli nokadyndan δ bagly. Paýlanylmagyň eksponensial we adaty kanunlary üçin synagy t_s wagtyň dowamynda N önümi synamagyň görnüşi ýaly meýilleşdirilýärler. Weýbulla paýlamak üçin synagy N önümiň her biriniň bozulmagyna çenli synamak görnüşinde meýilleşdirilýärler.

Eksponensial 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 koeffisiýenti kabul edilen ynanç ähtimallygyň α we alynýan ululyklaryň göräli takyklyklaryndan δ baglylykda matematiki tablisa boýunça kesgitlenilýärler.

Synagyň dowamlylygyny saýlanyp alnan maşynlaryň mukdaryna 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 λ_0 – bozulmanyň garaşylýan intensiwligi.

t wagtyň dowamynda bökdençsiz işlemegiň dowamlylygyny kesgitlemek üçin synag edilýän nusgalaryň mukdary aşakdaky 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; σ_0 – orta işlenilmeden bozulma çenli garaşylýan orta kwadrat gyşarma; ε – 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 koeffisiýentinden (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 müň 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.

VIII bap

KOMPRESSORYŇ GORAG ELEMENTLERI WE ABZALLARY

Gysyp iteklenme basyşyň aşa ýokarlanmasyndan kompressory goramak 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 turbasyna 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 togtadýar. Netijede, fazanyň bölünmesinden, hereketlendirijini sowadyjy işçi jisimiň sarp edilişiniň ýeterlik däldigi ýa-da aşa ýüklenen kompressora ýylylyk akymalaryň gelmesiniň artmagy netijesinde aşa gyzmagyndan goraýar.

Gorag klapalary diňe teswirleýän göwrümi $V_{km} \geq 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ ($100\text{m}^3/\text{sag}$) bolan kompressorlarda ulanylýar. Ol gysyp iteklenme we sorulma basyşlaryň tapawudynyň berlen çäkden artmagyndan kompressoryň hereketlenýän mehanizmlerini goraýar. Gorag klapany bugun bir bölegini gysyp iteklenme giňişliginden sorulma giňişligine geçirýär, emma gysyp iteklenme basyşyň ýol berilýän bahadan geçmeginden kompressory goramaýar.

Puržinli öz-özünden hereketlenýän 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 unifikirlenen porşenli kompressorlarda şol bir ölçegdäki gorag klapany ulanmak maksadalaýyk. Klapanyň 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 $t_0 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($v_{\text{sor}} = 0,0424\text{ m}^3/\text{kg}$), $\Delta p = 1,68\text{ MPa}$ (bu ýagdaýda $t_k = 76\text{ }^{\circ}\text{C}$ we $v_{\text{g.i}} = 0,008\text{ m}^3/\text{kg}$) bahalarda 150 m/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-kesigidinden 3 esse uly bolmaly.

Metal işçi organly puržinli gorag klapany köplenç basyş peselenden soňra olaryň doly berkidilmesi amala aşyrylýar, şonuň üçin ýumşak berkidijileri ulanýarlar: eýer we klapany polatdan, berkidiji guşak – ýokary temperaturaly gysyp iteklenmäni saklaýjy ýaga durukly rezinden ýerine ýetirilýär.

Gorag klapany kompressora oturtmazdan öň sazlaýarlar we açylmagyň hem-de ýapylmagyň basyşynyň berlen tapawudynda howa arkaly synaýarlar, şeýle-de klapanyň eýerde ýerleşmeginiň dykzlygy synagdan geçirilýär.

500 kWt-a çenli sowuk öndürijilikli maşyn üçin sorulmanyň basyşynyň ýol berilýän bahadan peselmeginden kompressory goramak pes basyşyň relesiniň kömeginde amala aşyrylýar, ol kompressoryň elektrik hereketlendirijisini togtatýar. Bir basgançakly ýokary we orta temperaturaly maşynlarda reläni 120 kPa sorulma basyşda togtatmaga sazlaýarlar – kompressor karterde wakuum emele gelende işlemeli däl, pes temperaturaly kompressorlarda 20 kPa sazlanýar.

Ýaglaýyş berijiligini togtatmakdan goramagy şesternaly ýag nasoslar 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 klapany arkaly geçmedik suwuklygy aýyrmak üçin oturdylýar. Ýalan gapak hökmünde kompressorlarda gysyp itekleýji klapany ulanylýarlar. Bu klapany buferli puržini arkaly silindriň berkidiji burtigine gysylýar. Buferli puržinler basyşyň $0,35 \div 0,45 \text{ MPa}$ tapawudynda silindriň diametriniň $0,1$ beýikligine ýalan gapagyň galmagyny üpjün etmeli. Gapagyň ýygy-ýygydan galmagy buferli puržiniň we silindriň berkidiji guşaklarynyň deformasiýasynyň emele gelmegini döredýär, netijede silindrde gysyp itekleýji giňişlikden buguň geçmegi bilen geçýär we kompressoryň öndüriligi peselýär.

Silindre sowadyjy jisimleriniň buglary bilen birlikde ýagyň ep-esli mukdarynyň gelýän freonly kompressorlarynda hem ýalan gapaklary ulanmak maksadalaýyk. Kiçi kompressorlarda klapanyň galmagyny çäklendirijini ýüklemek üçin ikinji has gaty puržini oturtýarlar. Şeýle goşmaça gurluşlar karterde ýagyň çalt gaýnamagynda howpsuzlygy üpjün edýär.

IX bap

NASOSLAR

9.1. Nasoslar barada umumy maglumatlar

Suwuklygyň akymyny döretmek üçin niýetlenen maşyna *nasoslar* diýilýär. Nasoslar senagatyň ähli pudaklarynda, ulagda ulanylýar. Olar diňe bir özbaşdak maşyn ýa-da agregat hökmünde ulanylman, eýsem çylşyrymly maşynlaryň we desgalaryň düwünleri görnüşinde hem ulanylýar. Mysal üçin, energetiki gurluşlaryň, ulag maşynlaryň we ş.m.

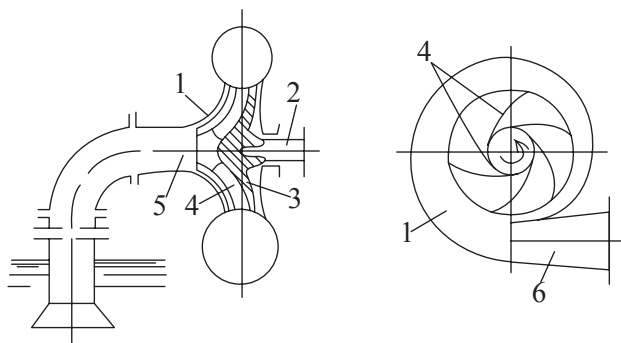
Sowadyjy desgalaryň suw üpjünçiliginde we sowadyjy jisimleriniň aýlawynda ulanylýan nasoslar, nasos desgalar, bu ulgamlaryň esasy düwünleriniň biri bolup durýar. Suw üpjünçiligiň ulgamlarynda nasoslar ulanyjylara suwuň berilmegini üpjün edýär. Ýyladyş we gyzgyn suw üpjünçiliginde nasoslaryň kömegi bilen gyzgyn suwlaryň aýlawy amala aşyrylýar.

Nasoslaryň ösüşi umumy tehniki ösüş bilen ykjam baglanyşykly. Maşyngurluşygyň, himiýa senagatyň, sowadyjylaryň ösmegi bilen nasoslaryň dürli görnüşlerini döretmek mümkinçilikleri artdy. Häzirki wagtda nasoslar diňe suwy geçirmekde ulanylman, eýsem agressiw gurşawlary (maddalary) geçirmekde hem giňden ulanylýar.

Nasoslaryň esasy terminleri we kesgitlemeleri. DS laýyklykda nasoslar iki esasy topara bölünýär: dinamiki we göwrüm.

Dinamiki nasoslarda suwuklyk gidrodinamiki güýjüň täsiri netijesinde nasosyň girişi we çykyşy bilen hemişe birleşýän ýapyk bolmadyk göwrümde hereketlenýär.

Göwrüm nasoslarynda suwuklyk ýapyk göwrümde göwrümiň periodiki üýtgemeginiň hasabyna geçirilýär.



67-nji surat. Merkezden daşlaşýan nasosyň çyrgyzy

Dinamiki nasoslar lopastly, inersiýa we sürtülme nasoslaryna bölünýär.

Lopastly nasoslar iki topara bölünýär: merkezden daşlaşýan nasoslar we osly nasoslar.

Sürtülme nasoslaryna diskaly, labirintlí, hyrly we beýleki görnüşdäki nasoslar degişli. Bu nasoslarda suwuklyk sürtülme güýjüň täsiri astynda hereketlenýär.

Göwrüm nasoslaryň toparyna öňe-yza täsirli nasoslar (porşenli, plunžerli, diaflagmaly) we rotorly (şesternaly, plastinkaly, hyrly we başgalar) girýär.

Köplenç nasoslar agregat görnüşinde getirilýär, ýagny özara birikdirilen nasos we hereketlendiriji. Mundan başga-da, nasos desga düşüňjesi bar, ýagny berlen şertlerde nasosyň işini üpjün ediji enjamlaryň toplumy bilen bilelikde jemlenen nasos agregat.

Nasosyň esasy görkezijilerine onuň berijiligi degişli. Wagt birliginde nasosyň berýän suwuklygynyň göwrümüne onuň *berijiligi* diýilýär. Berijilik m^3/s ýa-da m^3/sag ölçenilýär; ℓ/s ölçemeklige hem ýol berilýär. Wagt birliginde berilýän suwuklygyň massasyna nasosyň *massa berijiligi* diýilýär. Massa berijilik kg/s ýa-da kg/sag ölçenilýär.

Nasosyň esasy görkezijilerine, şeýle-de onuň döredýän basyşy we napory degişli. Basyş MPa-da, kPa-da ölçenilýär, napor geçirilýän suwuklygyň sütüninde kesgitlenilýär.

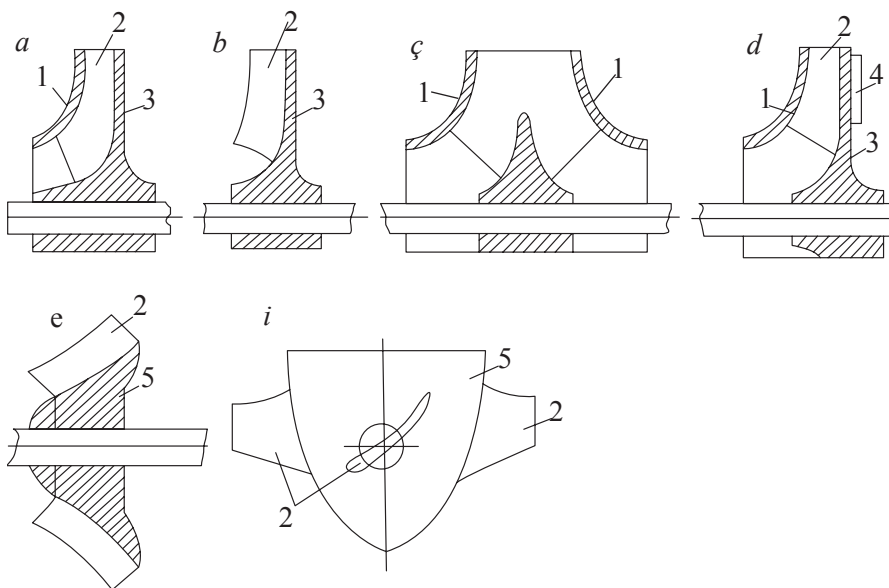
Nasosyň esasy görkezijilerine onuň kuwwaty we PTK hem degişli.

9.2. Lopastly nasoslaryň täsir esaslary

Lopastly nasoslaryň toparyna merkezden daşlaşýan, diagonal we osly nasoslar degişli. Olardan has giňden ýaýrany merkezden daşlaşýan nasoslar.

Merkezden daşlaşýan nasosyň gurluşy 67-nji suratda getirilen. Spiral forma eýe bolan nasosyň (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 turbalaryň kömegi bilen nasosyň daşy (korpusy) sorujy we napor turbageçiriji bilen birleşen.

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, çarhyň merkezinde selçeňlenme, daşynda



68-nji surat. Lopastly nasosyň işçi çarhlary

- a* – suwuklyk bir taraplaýyn çykýan ýapyk görnüşli; *b* – ýarym açyk görnüşli;
ç – iki taraplaýyn çykyşly (ýapyk görnüşli); *d* – impellerli;
e – diagonal nasosyň çarhy; *i* – osly nasosyň çarhy; 1 – öňki disk;
 2 – pilçeler; 3 – esasy disk; 4 – impeller; 5 – wtulka

ýokary basyş döreyär. Bu basyşyň täsiri netijesinde suwuklyk nasosdan naporly turbageçirijä barýar we şol bir wagtda suwuklygyň selçeňlenmeginiň (basyşyň peselmeginiň) hasabyna nasosa sorujy turbageçiriji arkaly suwuklyk gelýär. Şeýlelikde, merkezden daşlaşýan nasos arkaly suwuklygyň üznüksiz berilmegi amala aşyrylýar.

Merkezden daşlaşýan nasoslar bir basgançakly (bir işçi çarhly) we köp basgançakly (birnäçe işçi çarhly) bolup biler. Bu ýagdaýda hem onuň işleýiş esasy üýtgemän galýar.

Osly nasosyň 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 göwürümde hereket edýär, we çarhyň çäklerinde akymyň esasy massasy okuň ugrunda hereketlenýär. Hereket edýän suwuklyk işçi çarhdan oň biraz tovlanýar. Suwuklygyň aýlawly hereketini aýyrmak üçin göwürümde işçi çarhdan käbir aralykda göneldiji apparat goýulýar, ol arkaly suwuklyk naporly turbageçirijä barýar.

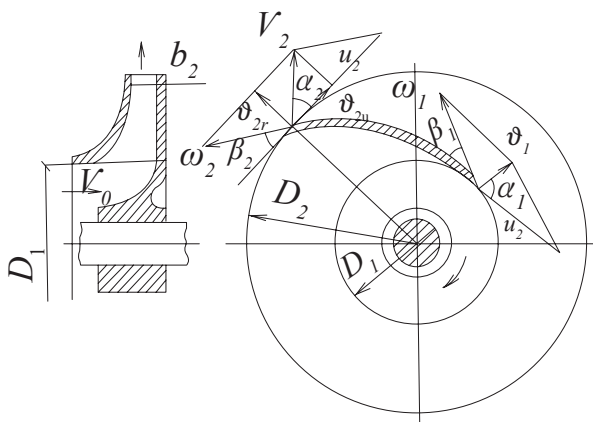
9.3. Merkezden daşlaşýan nasosda suwuklygyň hereketiniň nazary esaslary

Merkezden daşlaşýan nasosyň işçi çarhyna suwuklyk aksial görnüşde berilýär. İşçi çarhda suwuklygyň akymynyň ugry okuň ugrundan radiala çenli walyň okuna perpendikulýar üýtgeýär (69-njy surat).

Işçi çarhyň kanallaryna suwuklyk v_1 tizlikde barýar, ol kanalda artýar we çarhdan çykanda v_2 tizlige ýetýär.

Işçi çarhyň kanallary boýunça hereket edip, suwuklygyň bölejikleri çylşyrymly hereketi amala aşyrýarlar: aýlawly – işçi çarh bilen u töwerekleýin tizlikli we oňe gidýän – lopastlaryň üstüne görälikde ω tizlikli. Göräli tizlik berlen nokatda lopastyň üstüne galtaşýan boýunça ugrukdyrylan, töwerekleýin tizlik u – bu nokadyň ýerleşýän ýerinde töwerege galtaşýan boýunça ugrukdyrylan. İşçi çarhdan çykanda:

$$u_2 = \pi D_2 n, \quad (9.1)$$



69-njy surat. Merkezden daşlaşýan nasosyň işçi çarhynda suwuklygyň hareketiniň çyzgysy

bu ýerde D_2 – işçi çarhyň diametri, m; n – aýlaw ýygylgy, s^{-1} . Suwuklygyň hareketiniň absolýut tizligi v ony düzüjileriň geometrik jemine deň: $v' = \omega' + u'$.

Mundan başga-da, absolýut tizligi v düzüji radial we töwerekleýin tizlikleriň düşünjesini girizeliň. Absolýut tizligiň radial düzüjileri $v_r = v \sin \alpha$, bu ýerde α – burç.

Absolýut tizligiň töwerekleýin düzüjileri $v_u = v \cos \alpha$.

1 sekuntda suwuklygyň massasynyň hareketiniň mukdarynyň momentiniň üýtgemesine seredeliň. Bu ýagdaýda suwuklygyň hareketine gatnaşýan massa $m = \rho Q$ (ρ – suwuklygyň dykzlygy, Q – nasosyň berijiligi).

Giriş kese-kesiginde işçi çarhyň okuna görälikde hareketiň mukdarynyň momenti:

$$M_1 = \rho Q v_1 r_1. \quad (9.2)$$

Işçi çarhdan çykanda hareketiň 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:

$$\sum M_g = M_2 - M_1 = \rho Q (v_2 r_2 - v_1 r_1). \quad (9.4)$$

69-njy surata laýyklykda:

$$r_1 = (D_1/2) \cos \alpha_1; \quad r_2 = (D_2/2) \cos \alpha_2,$$

onda

$$\sum M_g = \rho Q (v_2 (D_2/2) \cos \alpha_2 - v_1 (D_1/2) \cos \alpha_1). \quad (9.5)$$

Işçi çarhyň lopastlarara kanallarynyň arasyny doldurýan suwuklygyň massasyna, daşky güýçleriň üç toparý täsir edýär: agyrlyk güýji, hasaplama kese-kesiklerde basyşyň güýçleri we suwuklygyň sürtülme güýçleri täsir edýär.

Agyrlyk güýçleriň 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

$$\sum M_g = M_k. \quad (9.6)$$

Işçi çarh arkaly suwuklyga berilýän kuwwat, ýagny M_k ululygyň göräli tizlige köpeldilmegi nasosyň döredýän nazary basyşynyň sarp edilişe köpeldilmegine deň. Degişlilikde,

$$M_k \omega = Q p_n. \quad (9.7)$$

(9.6) we (9.7) aňlatmalary hasaba almak bilen (9.3) deňlemäni indiki görnüşde ýazmak bolar:

$$Q p_n = \omega \rho Q (v_2 (D_2/2) \cos \alpha_2 - v_1 (D_1/2) \cos \alpha_1). \quad (9.8)$$

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 (9.8) deňlemä goýup we onuň iki tarapyny Q bölüp alarys:

$$p_i = \rho (u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1). \quad (9.9)$$

Gidrawlikadan belli bolşy ýaly, napor $H = p/\rho g$ ýa-da $p = \rho g H$. Bu bahany (9.9) deňlemede goýup, alarys:

$$H_n = (u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1) / g. \quad (9.10)$$

(9.10) baglanyşyk ilkinji bolup Eýler tarapyndan alyndy we Eýleriň deňlemesi diýlip atlandyrylýar.

Nasosyň döredýän hakyky basyşy we napory nazarydan kiçi, sebäbi nasosyň işleýşiniň hakyky şertleri deňleme getirilip çykarylandaky idealdan tapawutlanýar. Nasosyň döredýän basyşy, esasan işçi çarhyň lopastlarynyň ahyrky sanynda suwuklyklaryň bölejikleriniň deňölçeqli gyşarmaýanlygy sebäpli absolýut tizligiň kemelmegi netijesinde azalýar. Mundan başga-da, energiýanyň bir bölegi gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmeklige sarp edilýär. Lopastlaryň ahyrky sanynyň täsiri k düzediş koeffisiýentiniň girizilmegi bilen hasaba alynýar. Gidrawliki ýitgileriň netijesinde basyşyň kemelmegi η_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

$$H = k \eta_g \rho u_2 v_{2u} / g. \quad (9.12)$$

η_g koeffisiýentiň bahasy nasosyň konstruksiýasyndan, onuň ölçeglerinden we çarhyň içki üstleriniň ýerine ýetirilişiniň hilinden bagly. Adatça η_g bahasy 0,8 – 0,95 aralyklarda ýerleşýär.

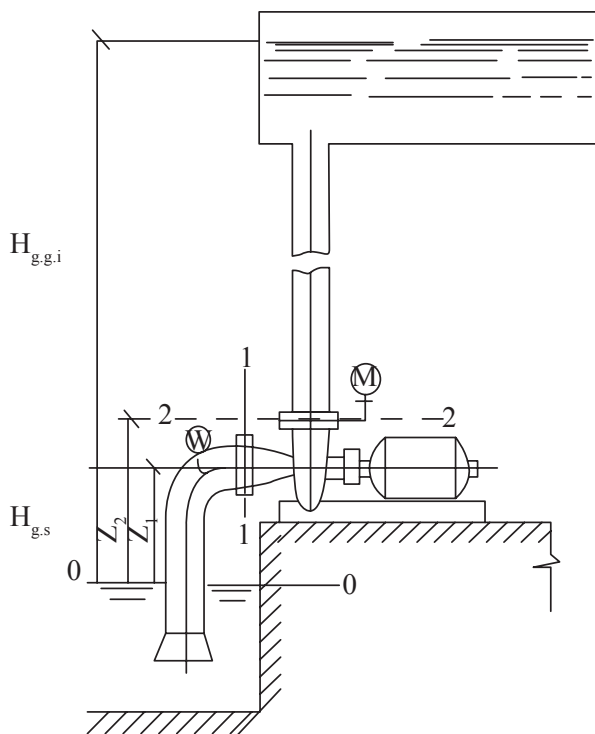
Merkezden daşlaşýan nasosyň we lopastly nasosyň nazary berijiligini Q_n (m³/sag) akymyň üznüksizliginiň deňlemesinden hasaplamak mümkin:

$$Q_n = F v_{or}, \quad (9.13)$$

bu ýerde F – akymyň kese-kesiginiň meýdany; v_{or} – bu kese-kesikde kadaly akymyň orta tizligi.

9.4. Nasosyň döredýän basyşy we napory

Ulgamda nasosyň işi suwuklygyň udel energiýasynyň, ýagny 1kg suwuklygyň massasyna degişli edilen energiýanyň köpelmegini döredýär, nasosa girende geçirilýän suwuklygyň doly udel energiýasy ($1 - I$ kesik, 70-nji surat):



70-nji surat. Merkezden daşlaşýan nasosyň çyzgysy:
W – wakuummetr; M – manometr

$$E_1 = z_1 g + p_1 / \rho + v_1^2 / 2,$$

bu ýerde z_1 – deňeşdirme tekizlikden $1-1$ kese-kesigiň agyrylyk merkezine çenli aralyk, m; p_1 we v_1 soruja girende suwuklygyň basyşy we tizligi.

Nasosdan çykanda doly udel energiýa (70-nji suratda $2-2$ kesige seret),

$$E_2 = z_2 g + p_2 / \rho + v_2^2 / 2,$$

bu ýerde z_2 – deňeşdirme tekizlikden $2-2$ kese-kesigiň agyrylyk merkezine çenli aralyk, m; p_2 we v_2 – nasosdan çykanda suwuklygyň basyşy we tizligi.

Udel 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 nasosyň döredýän 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 indiki görnüşde bolar:

$$H=(z_2-z_1)+(p_2-p_1)/\rho g+\rho(v_2^2-v_1^2)/2g. \quad (9.15)$$

(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, nasosyň napory:

$$H=H_M+(v_2^2-v_1^2)/2g, \quad (9.17)$$

ýagny nasosyň napory manometrik naporyň hem-de nasosyň sorujy we gysyp itekleýji sowma turbalarynda tizlikli naporlaryň tapawudynyň jemine deň.

9.5. Nasosyň kuwwaty we peýdaly täsir koeffisiýenti

Kuwwaty – wagt birligindäki işi – berijiligiň, basyşyň ýa-da naporyň kabul edilen ölçeglerinden baglylykda birnäçe gatnaşyklarda kesgitlemek mümkin. Eger-de Q berijilik m^3/s , sorujynyň basyşy MPa aňladylan bolsa, onda peýdaly kuwwat N_p (kWt) indiki formuladan kesgitlenilýär:

$$N_p=1000Qp. \quad (9.18)$$

kg/s-de aňladylan massaýyn berijilikde Q_p :

$$N_p=1000Q_p p/\rho. \quad (9.19)$$

Eger-de nasosyň napory geçirilýän suwuklygyň m sütüninde aňladylan bolsa, onda

$$N_p=0,001\rho gQH. \quad (9.20)$$

20°C temperaturadaky suw üçin ($g=9,81 \text{ m/s}^2$):

$$N_p=9,81QH. \quad (9.21)$$

Eger-de suwuň berijiligi m^3/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 formula-dan hasaplaýarlar:

$$N_p = \rho g QH / 75. \quad (9.23)$$

Nasosyň kuwwaty, ýagny nasosyň sarp edýän kuwwaty

$$N = N_p / \eta, \quad (9.24)$$

bu ýerde η – nasosyň PTK-sy.

(9.24) formuladan görnüşi ýaly, nasosyň PTK-i peýdaly kuwwatyň nasosyň kuwwatyna gatnaşygyny aňladýar

$$\eta = N_p / N. \quad (9.25)$$

Nasosyň peýdaly täsir koeffisiýenti geçirilýän suwuklyga energiýa berlende döreýän gidrawliki, göwrüm we mehaniki ýitgileri hasaba alýar. Nasosa girenden we ondan çykýança suwuklyk hereketlenende gidrawliki garşylyklary ýeňmeklige sarp bolýan energiýanyň ýitgilerine *gidrawliki ýitgiler* diýilýär. Gidrawliki ýitgiler nasosyň gidrawliki PTK bilen bahalandyrylýar:

$$\eta_g = N_p / (N_p + N_g), \quad (9.26)$$

bu ýerde N_p – nasosyň peýdaly täsir koeffisiýenti; N_g – nasosda gidrawliki garşylyklary ýeňip geçmeklige sarp edilýän iş.

Göwrüm ýitgileri suwuklygyň bir böleginiň ýokary basyşyň meýdanından pes basyşyň meýdanyna (nasosyň sorujy bölegine) geçmegi we salnik arkaly suwuklygyň syzmasynyň hasabyna döreýär. Göwrüm ýitgiler nasosyň göwrüm PTK-sy bilen bahalandyrylýar:

$$\eta_o = N_p / (N_p + N_o), \quad (9.27)$$

bu ýerde N_o – suwuklygyň geçmegi we syzmasy netijesinde ýitirilýän 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 nasosyň mehaniki PTK-sy bilen häsiýetlendirilýär:

$$\eta_{meh} = (N_p + N_{meh}) / N_p, \quad (9.28)$$

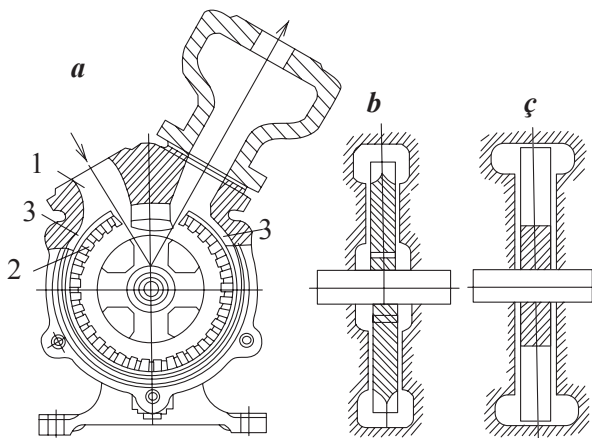
bu ýerde N_{meh} – mehaniki ýitgileri ýeňip geçmeklige sarp edilen kuwwat.

Nasosyň peýdaly täsir koeffisiýenti gidrawliki, göwrüm we mehaniki koeffisiýentleriň köpeldilmegine deňdir:

$$\eta = \eta_t \eta_o \eta_{\text{meh}}. \quad (9.29)$$

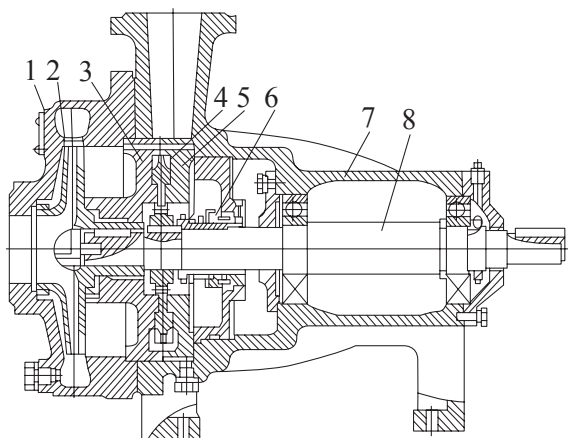
9.6. Hyrly we merkezden daşlaşýan hyrly nasoslar

Nasoslaryň bu toparynda suwuklygyň akymy sürtülme we inersiýa güýçleriň hasabyna döredilýär (mysal üçin, hyrly, wibrasiýaly, labirintl nasoslar). Hyrly nasosyň täsir esaslary 71-nji suratda getirilen. Suwuklyk halkaly kanalyň (1) girişinde lopastlar arkaly tutulyp alynýar, (2) lopastlara giňişlige düşýär we soňra ýene-de (5) halkaly kanala zyňlýar. Işçi çarhyň bir aýlawynda suwuklygyň bölejigi lopastlar arkaly birnäçe gezek tutulýar we halkaly kanallara zyňlýar. 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 nasoslar merkezden daşlaşýan nasoslar bilen deňeşdirilende 2 – 4 esse napory köp dördýär. Şol sebäpli



71-nji surat. Hyrly nasos:

a – sowma turbalaryň oky boýunça dikligine kesigi; *b* – ýapyk görnüşdäki çarh; *ç* – açyk görnüşdäki çarh



72-nji surat. Merkezden daşlaşýan hyrly nasos:

- 1 – daşyň gapagy; 2 – merkezden daşlaşýan çarh; 3 – daşyň oturtmasy;
4 – hyrly çarh; 5 – daş; 6 – salnik; 7 – kronşteýn; 8 – wal

hyrly nasoslaryň we merkezden daşlaşýan nasoslaryň meňzeş parametrleri deňeşdirilende, hyrly nasos kiçi göwrüme we massa eýe.

Hyrly nasoslaryň esasy artykmaçlygy, olar öz-özünden sorujylyga eýe, şonuň üçin olaryň ulanma işleri has ýeňilleşýär.

Hyrly nasoslaryň işçi çarhy aýyk we ýapyk görnüşde bolýar. Aýyk çarhlarda adatça 12-den 24-e çenli pilçeler, ýapykda – 18-den 30-a çenli pilçeler bolýar.

Hyrly nasoslar 25 – 100 m naporda 1 – 50 m³/s berijilikde öndürilýär. Soruş beýikligi 4 – 8 m çäklerde ýerleşýär. Hyrly nasosyň döredýän naporyny indiki formuladan kesgitlemek bolar:

$$H = \Psi u^2 / 2g, \quad (9.30)$$

bu ýerde Ψ – ýapyk görnüşdäki çarhlar üçin 3,3 – 4,5 deň bolan koeffisiýent; u – töwerek boýunça tizlik.

Hyrly nasoslar kiçi berijilikde uly napory döretmek zerurlygy ýüze çykanda ulanylýar.

Merkezden daşlaşýan hyrly nasoslarda iki sany işçi çarh bar: merkezden daşlaşýan we hyrly. Merkezden daşlaşýan çarh hyrlydan öň ýerleşýär, ýagny suwuklyk ilki merkezden daşlaşýan çarha düşýär, bu ýerde uly bolmadyk basyş döredilýär, bu basyş soňra hyrly çarhda

ýokarlanýar. Işçi çarhlaryň şeýle utgaşdyrylmasynda kiçi berijilikde uly napor alynýar.

72-nji suratda getirilen merkezden daşlaşýan hyrly nasoslar 14 – 36 m³/s berijilikde we 280 m-e çenli naporda öndürilýär.

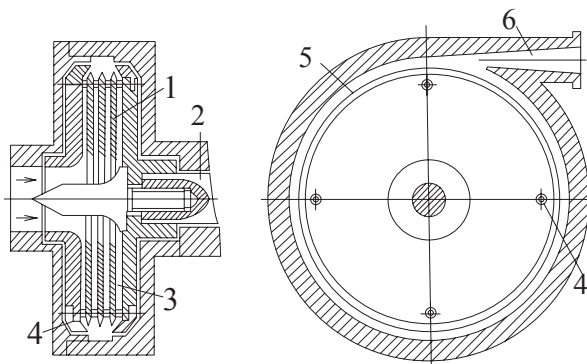
9.7. Diskaly, labirintlí we göwrümlí nasoslar

Sürtülmeli nasoslaryň ýene-de bir görnüşi diskaly nasoslar. Ol 1911-nji ýylda teklip edildi. Bu nasoslar gurluşy boýunça has ýönekeý we beýleki nasoslar bilen deňeşdirilende artykmaçlyga eýe. Diskaly nasosyň gurluşy 73-nji suratda getirilen. Ol 2 wala oturdylan birnäçe 1 disklerden durýar.

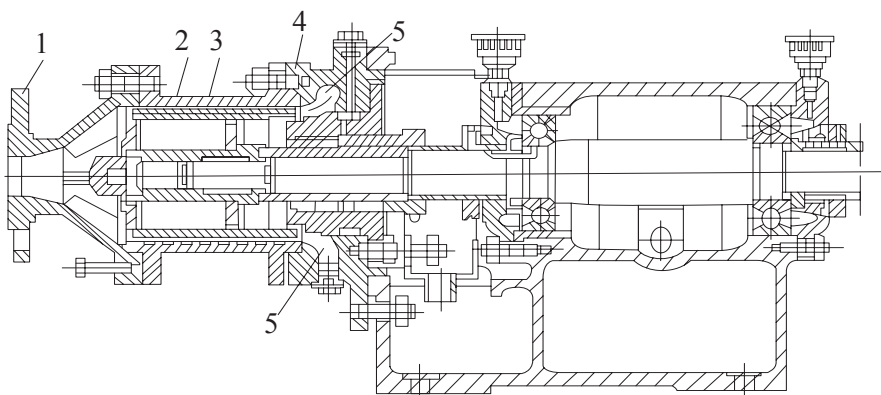
Diskleriň arasynda uly bolmadyk inlikde 3 giňişlik emele gelýär. Diskleriň merkezinde suwuklygyň gelmegi üçin yşlar goýlan, diskiň daşky gyrasy boýunça birnäçe nokatlarda olar (4) birleşdirilen. Nasosyň rotory aýlananda, diskleriň arasyndaky yşda ýerleşýän suwuklyk, sürtülmäniň hasabyna diskler arkaly 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 nasoslaryň esasy artykmaçlygy bolup durýar.

Labirintlí nasoslar täsiri boýunça hyrly nasoslara ýakyn. Bu görnüşdäki nasos (74-nji surat) esasan silindrik şnekden we oboýmadan durýar. Bu elementlerde gapma-garşylykly ugrukdyrylan hyrly kanallar bar.



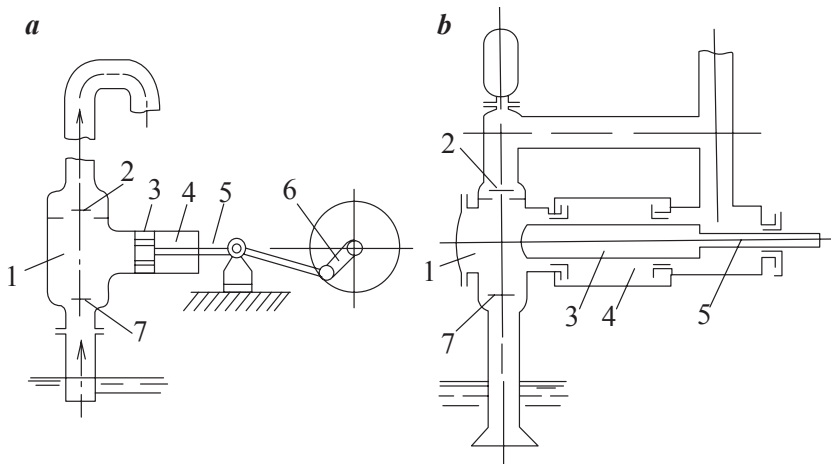
73-nji surat. Diskaly nasosyň çyzygysy



74-nji surat. Labirintlí nasoslar

1 – naporly sowma turba; 2 – oboýma; 3 – rotor; 4 – daş;
5 – sorujy kanaldan sowma turba

Göwrümlí nasoslar. Göwrüm nasoslara dürli görnüşdäki nasoslaryň uly sany degişli: porşenli, plunžerli, diafragmaly, hyrly we başgalar. Göwrümlí nasoslaryň has ýaýranlaryna porşenli we plunžerli nasoslar degişli. Porşenli nasosyň gurluşyny we täsir esasyyny 75-nji suratdan (a) bilmek mümkin. Şeýle nasos sorujy we gysyp itekleýji klapan-



75-nji surat. Öňe-ýza hereketlenýän nasoslaryň çyzgysy:

a – bir taraplaýyn täsirli porşenli nasos; *b* – iki taraplaýyn täsirli plunžerli nasos;
1 – içşi göwrüm; 2 – napor klapany; 3 – porşen (plunžer); 4 – silindr; 5 – ştok;
6 – kriwoşip; 7 – sorujy klapan

ly işçi göwrüme we öňe-yza hereketi amala aşyryan porşenli silindre eýe. İşçi göwrüme sorujy we gysyp itekleýji turbageçiriji hem birikdirilen.

Bir aýlawda, ýagny kriwoşipli walyň bir öwürümde, silindre suwuklyk sorulýar we soňra gysyp çykarylýar.

Iki taraplaýyn täsirli plunžerli nasosda (75-nji surat, *b ýagday*) porşeniň iki giňişligi hem işçi bolup durýar, göni ugurda porşeniň bir ädiminde suwuklygyň sorulmasy we gysyp iteklenmesi bolup geçýär. Bu ýagdaýlar porşen yzyna hereketlenende hem gaýtalanýar.

Bir taraplaýyn täsirli nasosyň nazary berijiligi porşeniň ýa-da plunžeriň meýdanynyň F onuň ädimine S we wagt birliginde aýlaw sanyna köpeldilmegine deň:

$$Q = FSn. \quad (9.31)$$

Iki taraplaýyn täsirli porşenli nasosyň hakyky berijiligi Q aşakdaky formuladan kesgitlenilýär:

$$Q = \eta_0 60(2F - f)Sn. \quad (9.32)$$

Bu ýerde f – ştogyň kese-kesiginiň meýdany.

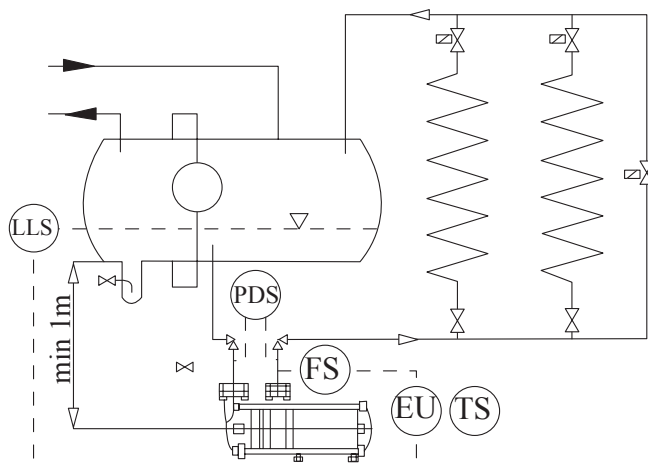
9.8. Senagatda ulanylýan freon we ammiak nasoslary

HRP görnüşdäki germetiki nasoslar WITT sowadyjynyň içinde sowadyjy jisimiň aýlawyny amala aşyrmak üçin niýetlenen. Olar ýerine ýetirilişi we iş şertleriniň temperatura we basyş çäkleri boýunça belgilenilýär. Sowadyjy jisimler üçin ulanylýan nasoslar howpsuzlyk düzgünleriniň ýörite talaplaryna laýyklykda taýýarlanylýar.

Täsir esaslary. Sirkulýasion resiwerden sowadyjy jisim nasosyň sowma turbasyna barýar, bu ýerde sorujy süzgüç ýerleşen. Nasosyň girişinde gidrodinamiki garşylyk konstruktiv ölçegler boýunça peseldilen. Sowadyjy jisimiň basyşy işçi çarhyň we ugrukdyryjy halkalaryň kömegi bilen ýokarlanýar. Nasosda oturdylan ežektor podşipnikleriň we elektrik hereketlendirijiniň ýeterlik sowamagyňy üpjün edýär. Waldaky ys



76-nji surat.
HRP kysymly nasos



77-nji surat. Nasosly – aýlawly sowuk üpçünçiligiň usuly

ýokarky böleginde kiçijik baýpasly ýş bar. Ol nasosyň sorujy we napor tarapyny birleşdirýär. Jemlenýän buglar bu ýş arkaly sorujy tarapa aýrylýar we bu ýerden aýlawly resiwere barýar. HRP 3232 görnüşli nasosyň konstruksiýasy walyň wertikal ýerleşmesinde buguň emele gelýän buglaryny ýüze çykarmak bilen aýyrýar (76-njy surat).

Gorizontall wally nasoslarda podşipnigiň iýilmesini görkeziji abzal oturdylýar. Ol nasosyň daşynda ýerleşýär we zerur maglumatlary almaga mümkinçilik berýär.

Uly sowadyjy desgalarda nasoslary bugardyja sowadyjy jisimiň eltilmegi üçin ulanylýar. Nasosly-aýlawly sowuk üpçünçiligiň usuly 77-nji suratda getirilen.

Ammiak we freon üçin GP görnüşdäki WITT salnikli nasos, sowadyjy jisimleriniň aýlawyny amala aşyrmak üçin niýetlenendir.

Ýerine ýetirýän wezipesi. Aýlawly resiwerden suwuk sowadyjy jisim nasosyň sorujy sowma turbasyna barýar, bu ýerde sorujy süzgüç oturdylyan. Nasosyň giriş gidrodinamiki garşylygy konstruktiw ölçegler 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.

Peýdalanylan edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
3. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
4. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Umumymilli «Galkynyş» Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik partiýasynyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlisinde sözlän sözi. Aşgabat, 2007.
5. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Eserler ýygyndysy. I tom. Aşgabat, 2007.
6. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
7. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
8. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
9. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş 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» gazetiniň, 2003-nji ýyl, awgust aýynyň 27-si.
11. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
12. *Безжанишвили Э.М.* Холодильные компрессоры. М. 1981.
13. *Пластилин П.И.* Теория и расчет поршневых компрессоров. М. 1987.

14. *Польман*. Учебник по холодильной технике: Основы-Комплектующие-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
I bap. PORŞENLI KOMPRESSORLAR	9
1.1. Umumy maglumatlar	9
1.2. Esasy kesgitlemeler	12
1.3. Porşenli kompressoryň paýlaýjy organlary	16
1.4. Indikator diagramma.....	18
1.5. Energetiki balans	19
1.6. Ideal kompressor.....	20
1.7. Ideal kompressoryň indikator diagrammasy.....	21
1.8. Ideal kompressorda gazyň gysylmagy we ýerini üýtgetmegi üçin zerur iş.....	22
1.9. Ideal kompressorlaryň görnüşleri	24
1.10. Real bir basgançakly kompressor	26
1.11. Real kompressoryň idealdan tapawudy	28
1.12. Real kompressoryň indikator diagrammasy. Real kompressorda işçi prosesleriň aýratynlygy	30
1.13. Real kompressoryň öndürijiligi. Berijilik koeffisiýenti	33
1.14. Kompressoryň öndürijiligine porşeniň täsiri ýetmeýän göwrüminiň täsiri.....	35
1.15. Bir basgançakly hakyky kompressoryň indikator kuwwaty	38
1.16. Hakyky kompressoryň hereketlendirijisi üçin zerur kuwwat.....	41
1.17. Bir basgançakly kompressoryň peýdaly täsir koeffisiýenti	42
1.18. Bir basgançakly porşenli kompressoryň esasy ölçeglerini kesgitlemek	45
1.19. Köp basgançakly gysylma. Köp basgançakly kompressor... ..	49
1.20. Nazary köp basgançakly gysylma	51
1.21. Bir basgançakly gysylmadan köp basgançakly gysylma geçmegiň sebäpleri	52

1.22. Gysylma basgançagynyň sanyny saýlamak.....	54
1.23. Porşenli kompressoryň hasaplamalarynda gazyň realdygyny hasaba almak.....	55
1.24. Kompressoryň çyzgysy we gurluşy. Esasy üleşleriň (detallaryň) konstruksiýasy.....	58
1.25. Porşenli bir basgançakly kreýskopfly kompressorlar	60
1.26. Porşenli bir basgançakly kreýskopfsyz kompressorlar	73
1.27. Klapanlar. Porşenli kompressoryň öz-özünden hereketlenýän klapanlarynyň hasaplamasy.....	76
1.28. Klapanlar nazaryýetiniň esasy düşüňjeleri	79
II bap. ROTORLY KOMPRESSORLAR	83
2.1. Umumy maglumatlar	83
2.2. Rotorly sowadyjy kompressorlaryň nazaryýetiniň esaslary ...	86
2.3. Rotorly kompressoryň konstruksiýasy we shemasy	91
III bap. SPIRALLY KOMPRESSORLAR.....	96
IV bap. HYRLY KOMPRESSORLAR.....	101
4.1. Umumy maglumatlar	101
4.2. Nazaryýetiň we hasaplamanýň esaslary	104
4.3. Hyrly kompressoryň göwrüm öndüriljiligi	107
4.4. Berilýän ýagyň mukdary.....	111
4.5. Kompressorlaryň we kompressor agregatlaryň konstruksiýasy, çyzgysy we häsiýetnamasy	112
V bap. MERKEZDEN DAŞLAŞÝAN KOMPRESSORLAR.....	118
5.1. Umumy maglumatlar	118
5.2. Merkezden daşlaşýan kompressorlary hasaplamagyň esaslary.....	128
VI bap. SOWADYJY KOMPRESSORLAR ÜÇIN ÝAGLAR	133
6.1. Esasy alamatlar	133
6.2. Ýaglary synagdan geçirmek	136
VII bap KOMPRESSORYŇ YGTYBARLYGY	137
7.1. Esasy kesgitlemeler, görkezijiler	137
7.2. Ygtybarlylygyň mukdar görkezijileri	139

VIII bap. KOMPRESSORYŇ GORAG ELEMENTLERI	
WE ABZALLARY	144
IX bap. NASOSLAR	147
9.1. Nasoslar barada umumy maglumatlar	147
9.2. Lopastly nasoslaryň täsir esaslary	149
9.3. Merkezden daşlaşýan nasosda suwuklygyň hereketiniň nazary esaslary	150
9.4. Nasosyň döredýän basyşy we napory	153
9.5. Nasosyň kuwwaty we peýdaly täsir koeffisiýenti.....	155
9.6. Hyrly we merkezden daşlaşýan hyrly nasoslar.....	157
9.7. Diskaly, labirintlil we göwrümli nasoslar	159
9.8. Senagatda ulanylýan freon we ammiak nasoslary	161
Peýdalanylýan edebiýatlar	163

Allaberdi Annageldiýew, Serdar Nazarow

KOMPRESSORLAR WE NASOSLAR

Ýokary okuw mekdepleri üçin
okuw kitaby

Redaktor	<i>A. Ekiýewa</i>
Teh. redaktor	<i>O. Nurýagdyýewa</i>
Surat redaktory	<i>G. Orazmyradow</i>
Neşir üçin jogapkär	<i>M. Myradow</i>

Çap etmäge rugsat edildi 15.05.2014. Ölçeği 60x90 $\frac{1}{16}$.
Edebi garniturasy. Şertli çap listi 10,5. Şertli reňkli ottiski 19,75.
Çap listi 10,5. Hasap-neşir listi 9,7. Sargyt № 3051. Sany 1000.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.
744000. Aşgabat, Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.
744004 Aşgabat, 1995-nji köçe. 20.