

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**A.Ýagşymyradow**

# **ÝYLYLYK TEHNIKASYNYŇ ÖLÇEGLERI**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**A.Ýagşymyradow.** Ýylylyk tehnikasynyň ölçegleri.

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

## Giriş

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow gije-gündiz edýän atalyk aladalary, Watanymyzyň gülläp ösmeginiň hatyrasyna jan aýaman zähmet çekmäge, ýurdumyzyň tebigy baýlyklaryny halkyň bähbidine hyzmat etdirmäge gönükdiren parasatly we öňden görüjilikli syýasaty esasynda ýurdumyz ähli ugurlar boýunça gün geldigiçe ösýär we özgerýär. Olaryň biri hem sowadyjylar senagatydyr.

Şu günki gün Garaşsyz, Baky Bitarap Türkmenistanyň uly geljegini kesgitleýän esasy pudaklaryň biri sowadyjylar senagatydyr.

Sowadyjylar senagatyny ösdürmek üçin häzirki wagtda uly işler alnyp barylýar

Maksatnamanyň esasy özeni bolup Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow dünýäniň ösen döwletleriniň hataryna goşmak baradaky oý-pikirleri, maslahatlary, ykdysady ösüşiň işleri, tutulýan ugurlary baradaky görkezijileri bolup durýarlar.

Milli Maksatnamanyň yzygiderli durmuşa geçirilmegi Türkmenistanda ýokary Milli mümkinçilikleri, ykdysady ösüşiň mäkäm binýady bar bolan ýurt hökmünde, ösüşiň köp babatda geljegini kesgitleýän düýpden täze döwrüne gadam basmaga mümkinçilik berer. Türkmenistan dünýäniň iň ösen ýurtlarynyň hataryna goşylar, beýleki döwletler bilen ykdysady gatnaşyklar has giňeler.

## Ýylylyk tehniki ölçegler dersiniň maksatlary we meseleleri.

Ýylylyk tehniki ölçegler dersi Türkmenistanyň Bilim ministirligi tarapyndan tehniki ýokary okuw mekdepleriniň okuw prosesine girizildi. Umumy inženerçilik dersi hökmünde « Ýylylyk tehniki ölçegler» dersi tehniki ýokary okuw mekdepleriniň ähli hünärlerinde okaýan talyplaryň Ýylylyk tehniki ölçegler ugurlarynda bazalaýyn taýýarlygyny üpjün edýär. Onuň öwrenilmeginiň *esasy maksady* biziň Milli maksatnamamyz tarapyndan önümizde goýlan beýik işlerimizi üstünlikli amala aşyrmakdaky köp ugurlaýyn inženerçilik işlerini ýokary derejede ýerine ýetirmeklige gatnaşylmaklygy doly derejede üpjün edýän we ýokary bilimli, başarnykly we tejribeli talyplary taýýarlamakdyr.

Dersiň *esasy meseleleri* talyplary Ýylylyk tehniki ölçegler ugurlar boýunça üznüksiz taýýarlaýyş ulgamynda bazalaýyn ders hökmünde tutýan ornundan gelip çykýar. Onda metrologiýa, standartlaşdyryş we kwalimetriýa baradaky binýadyny tutujy (fundamental) maglumatlar öwrenilýär. Bu maglumatlar soňra ýörite hünärler boýunça giňeldilip, has-da çuňlaşdyrylýar.

«Ýylylyk tehniki ölçegler» dersiniň öwrenilmeginiň netijesinde *talyp* esasy metrologiki düzgünleri, talaplary we kada-normalary, standartlaşdyryş we metrologiýa boýunça döwlet namalaryny (aktlaryny) we kadalaşdyryjy normatiw-tehniki resminamalary *bilmeli*, olary öz alyp barýan hünärinde gyşarnyksyz *berjaý etmeli* we alan bilimlerini, başarnyklaryny hem-de tejribesini çykarylan önümiň hilini ýokarlandyrmakda we onuň dünýä bazarlarynda bäsdeşlik ukybyny üpjün etmekde ulanmagy *başarmaly*. Bu ders öwrenilende

umumy-ylmy we umumy inženerçilik dersleriniň Ýylylyk tehniki ölçegler degişli meselelerine seredilip geçilýär we talyplaryň öz alan hünärlerinde, pudaklaýyn ýörite ugurlarda ölçegleriň görnüşleriniň ulanylyşy we aýratynlyklary baradaky maglumatlar talyplary taýýarlamakda giňden peýdalanylýar.

Ýylylyk tehniki ölçegler inženerçilik işlerinde zerur bolan nazaryýetdäki we iş ýüzündäki esasy düzgünleriniň ählisi aşakda getirilen üç postulatdan gelip çykýar we olara daýanýar: «Tejribä esaslanmadyk (aprior) maglumatsyz ölçemeklik asla mümkin däl», «Deňeşdirmeklik — ölçeg maglumatlaryny almagyň ýeketäk usulydyr», «Ölçegleriň tegeleklemesiz alnan netijeleri tötänleýindir». Biziň ata-Watanymyzda Ýylylyk tehniki ölçegler döremegi we ösmegi Orsyýetiň bu ylymdaky taryhy bilen jebis baglanyşyklydyr. Şonuň üçin hem onuň ösüş döwürlerine garap geçeliň:

### **I döwür — metrologiki işleriň tebigy ösüş döwri.**

Metrologiýanyň tä 1892-nji ýyla çenli ösüş döwündäki gazananlary we üstünlikleri nesilden-nesle durmuşa geçirilip gelinýän ylalaşykly ylmy-tehniki syýasatyň netijesi bolmady. Esasy üstünlikler diňe XIX asyryň ortalaryna bolup başlady.

**II döwür — metrologiýanyň ösüşiniň Mendeleýew döwri.** D.I.Mendeleýewiň metrologiýany ösdürmekde uly goşandynyň bardygy sebäpli, onuň adynyň bu döwre dakylmagy tebigydyr. Bu döwürde metrologiki gulluk döredildi we metrologiýa ugrunda ylmy-barlag işleri geçirilip başlady.

**III döwür — metrologiýanyň kadalaşdyryjy döwri.** Bu döwür hökümet tarapyndan kadalaşdyryjy kararlaryň çykarylmagy bilen başlanyp, dürli derejedäki

kadalaşdyryjy         normatiw-tehniki         resminamalaryň  
girizilmegi bilen dowam etdi.

**«Ýylylyk tehniki ölçegler» dersiniň gysgaça mazmuny**  
**we onuň tehnikany we ykdysadyýeti öwrenýän**  
**dersleriň arasynda tutýan orny.**

Ýylylyk tehniki ölçegler — munuň özi ölçegleriň usullaryny we serişdelerini işläp düzmek, şolaryň bitewiligini we talap edilýän takyklygyny gazanmak baradaky işden ybaratdyr. Adamzat her günki alyp barýan işlerinde hemme ýerde ölçemeler bilen iş salyşýar. Uzynlyk, göwrüm, agram, wagt we beýlekiler ýaly ululyklary ölçemek gadym wagtlardan bäri bellidir we her ädimde duş gelýär.

Ölçeg işleri adamzadyň tebigat baradaky bilimlerini artdyrmagyň iň wajyp ýollarynyň biridir. Olar tebigatda hereket edýän kanunalaýyklary adamzada açyp görkezip, daş-töweregimizi gurşap alýan täsin dünýäni mukdar taýdan häsiýetlendirýärler. Matematika, fizika, himiýa, mehanika diňe tebigatyň obýektiw kanunlaryny aňladýan ölçegleri geçirmegiň takyk mukdar gatnaşyklaryny anyklamaga mümkinçilik berilýändigini üçin t a k y k y l y m l a r diýen ada eýe boldular.

Tisimat proseslerini, olara gözegçilik we olary dolandyrmagy hem-de öndürilýän önümleriň häsiýetlerini we hilini kesgitleýän giňden ýaýran ölçeg ulgamlary bolmadyk bolsa, tehnikanyň ähli pudaklary şeýle uly üstünliklere eýe bolmazdy.

Häzirki zaman jemgyýetinde ölçeg işleriniň ähmiýeti ägirt uludyr. Olar diňe bir ylmy-tehniki bilimleriň esasy bolup durman, eýsem adamzadyň maddy

baýlyklary hasaba almak we meýilleşdirmek, içki we daşky söwda, önümleriň ýokary hilini üpjün etmek, şaýlaryň we düwünleriň çalşyrylyp bilijiligini hem-de tilsimatlary kämilleşdirmek, zähmet howpsuzlugyny üpjün etmek we işleriň beýleki görnüşlerini amala aşyrmak üçin birinji derejeli ähmiýete eýedir.

Ölçeg işleriniň orny türkmeniň XXI Altyn asyrynda täze tehnikalaryň girizilmeginiň, mikroelektronikanyň, awtomatlaşdyryşyň, älem giňişliklerine uçuşlaryň asyrynda ýokary derejä galdy. Kosmiki apparatlaryň uçuşyny dolandyrmagyň ýokary takyklygy häzirki zaman kämil ölçeyiş serişdeleriniň kömegi bilen gazanyldy.

Iş salyşmaly bolunýan hadysalaryň dürli hililiginiň köp bolmagy ölçemeli bolýan ululyklaryň giň toparyny kesgitleýär. Eger-de XVIII asyryň ahyrynda ölçegleriň metriki ulgamynyň kada girizilen döwründe diňe uzynlygyň, meýdanyň, göwrümiň, sygymyň we agramyň ölçenilmeginiň zerurlygy bardy. Häzirki wagtda bolsa, ölçemeli ululyklaryň toparynyň örüsi mehaniki, ýylylyk, elektrik, ýagtylyk ululyklarynyň we beýleki ululyklaryň girmegi bilen has-da giňedi.

Ölçenilýän ululyga, ölçeg usullary we serişdelerine garamazdan, ölçeg işleri geçirilmeginiň ähli halatlarynda ölçemegiň esasyny düzýän umumylyk bar, ol hem berlen ululygy tejribe arkaly şoňa meňzeş, birlik hökmünde kabul edilen beýleki ululyk bilen deňeşdirmekdir. Islendik ölçeg işlerinde tejribe-eksperimentiň kömegi bilen fiziki ululyga onuň üçin birlik hökmünde baha berýäris, ýagny onuň bahasyny tapýarys.

Ylmyň ölçemeleri, ölçeyiş amallarynyň alnyp barlyşyny öwrenýän pudagy *metrologiýadyr*. «Metrologiýa» sözüniň sözme-söz terjimesi ölçegler baradaky taglymat diýmegi aňladýar. Metrologia ylym

hökmünde ölçemeler bilen baglanyşykly meseleleri öz içine alýar. Gadymy ýunan dilinden sözme-söz terjime edilende, *μετρον* — ölçeg, *λογος* bolsa, — gep, söz, taglymat ýa-da ylym diýmekdir. Şeýlelikde metrologiýa — ölçeg baradaky ylymdyr.

### **Metrologiýanyň ylmy-tehniki progres üçin ähmiýeti we onuň halk hojalygynda tutýan orný.**

Metrologiýanyň tebigy we tehniki takyk ylymlaryň ösmeginde ägirt uly ähmiýeti bar, sebäbi ölçemeleriň takyklygyny ýokarlandyrmak — adamzat tarapyndan tebigat baradaky bilimlerini artdyrmagynyň, ony öwrenmeginiň ýollaryny kämilleşdirmegiň, açyşlaryň we takyk bilimleriň iş ýüzünde ulanylmagynyň serişdeleriniň biridir.

Häzirki zaman ylmy-tehniki rewolýusiýa metrologiýanyň etalonlarynyň kämilleşdirilmegi, takyk ölçemeleriň täze usullaryny işläp düzmek, ölçemeleriň bitewiligini hem-de talap edilýän takyklygyny üpjün etmek boýunça çäreleriň amala aşyrylmagy bilen baglanyşykly ösmegine şert dörettdi.

Metrologiýanyň halk hojalygy üçin amaly taýdan ähmiýeti ägirtidir. Ol ölçeýji tehnikaýyň ylmy esasy bolup hyzmat edýär.

Ölçeýji tehnika diýlip, bu sözüň doly manysynda, ölçemeleri ýerine ýetirmäge ýardam berýän ähli tehniki serişdelere hem-de ölçeýiş amallaryny alyp barmagyň tehnikasyna düşünilýär.



Garaşsyz, Baky Bitarap Türkmenistan döwletimiziň ylmy-tehniki derejede zerur ölçeyiş işlerini amala aşyrmak üçin «Türkmenstandartlary» Baş döwlet gullygy döredildi. Metrologiýanyň döwlet ulgamy Türkmenistanyň standartlaşdyryş we metrologiýa baradaky döwlet edarasy tarapyndan işlenip düzülýän we tassyklanylýan, ölçeglere baha bermek boýunça işleri guramagy hem-de talap edilýän takyklygyny üpjün etmegi düzgünleşdirýän ýeketäk kadalary, düzgünleri we normalary belleýär. Bu ulgam ölçegleriň serişdeleriniň birmeňzeş bolmagyna, ölçegleriň etalonlarynyň we nusgalyk serişdeleriniň döredilmegine, ölçeyişleriň we ölçeg serişdeleriniň derňelip barlanmagyna, alnan netijeleriň hem-de ölçegleriň şübhelik ýagdaýynyň soňky ýaramaz netijeleriniň önüni almaklyga gönükdirilendir.

Biziň senagatymyzyň önünde duran wajyp meseleler- önümiň tehniki derejesini we hilini ýokarlandyrmak meseleleri. Olary çözmekde aýratyn ornunyň barlygy ähli hil görkezijileriniň ölçeg serişdelerine degişlidir. Häzirki zamandaky önümçilik tilsimatynyň ösüşi onuň metrologiýa bilen jebis tebigy baglanyşygyň bardygyna şaýatlyk edýär we önüm öndüriş prosesinde hiliň zerur parametrleriniň üpjün edilmegini talap edýär. Munuň özi — senagatyň metallurgiýa, himiýa we pudaklarda önümçilik proseslerini işjeň gözegçiligi ulanyp, awtomatiki sazlamak arkaly gazanylýar.

Ylmy-tehniki progressi üpjün etmek üçin metrologiýa iş ýüzünde ylmyň, tehnikanyň ugurlarynda elmydama öňde bolmaly, sebäbi olaryň her biri üçin takyk ölçemeler olary kämilleşdirmegiň esasy ýollarynyň biri bolup durýar.

**Metrologiýanyň meseleleri.** Ylmy-tehniki progress halkyň maddy hal-ýagdaýyny kesgitleýär. Onuň

tizlenmegi metrologiýa, tebigy we takyk ylmlaryň ösmegi hem-de täze tilsimatlary döretmek we tehniki gözegçiligiň we dolandyryşyň serişdelerini kämilleşdirmek üçin zerur bolan takyk ölçemeleriň tehnikasynyň depginli möwç alyp ösüşi bilen göniden-göni baglansykda bolýar. Ölçeň birlikleri ugrunda esasy meseleleriniň biri olaryň birlikleriniň bitewi halkara ulgamynyň girizilmeginiň esasynda unifikasiýasydyr. Bu ýeke-täk halkara ulgam ylmyň we tehnikanyň ugurlary ählisi üçin birmeňzeş birlikleriň ulanylmagyny üpjün edýär.

Ölçeýiş serişdeleriniň ýokary derejeli bölegi bolan etalonlara talaplar has-da ýokarlanýar. Köp halatlarda ölçeg takyklygy senagatda tehnikanyň berlen ýagdaýy üçin aňryçäk takyklyga, diýmek etalonyň özleriniň takyklygyna golaýlaşýar. Häzirki wagtda täze-täze, has kämil etalonlar hökmünde ýokary durnuklylygy bilen häsiýetlendirilýän fundamental fiziki konstantlaryň we atom hemişelikleriň öňkünden hem has giň ulanylýar. Dürli ýerlerde we dürli wagtda geçirilýän ölçegleriň bitewiligini saklamak üçin ölçeg birlikleriň ululyklaryny etalonlardan nusgalara, olardan bolsa, ölçeg serişdelerine takyklygynyň iň az ýitgisi bilen geçirilmegini üpjün etmeli. Häzirki zaman etalonlaryň gurluşy we birlikleriň ölçegini geçirmek usullary bu talaplaryň ýerine ýetirilmegini üpjün etmelidir.

Takyk ölçemeleriň ölçenilýän juda az we ägirt uly ululyklara (ujypsyz we juda uly massalara, çuň wakuuma we aşa ýokary basyşlara, aşa pes we aşa ýokary temperaturalara, aşa ýokary ýygýlyklara we ş.m.-lere) çenli giňeltmek gaýra goýulmasyz mesele bolup durýar. Ölçemeleriň ölçeg birliklerini ýitip barýan derejede örän az ýa-da aşa ýokary ululyklaryň bahalaryny ölçeýän

abzallara geçirilmeginiň zerurlygy bir etalon bilen çäklenmäge mümkinçilik bermeýär we şol bir ululyk üçin birnäçe garaşsyz ýörite etalonlaryň döredilmegini talap edýär.

Aňryçäk takyk ölçegleriň aýratyn stasionar däl şertlerde, dinamiki režimde, uly tizlenmelerde, ýokary ýada örän pes temperaturalarda, basyşlarda, ýygylýklarda geçirmeginiň meseleleriniň hem ägirt uly ähmiýeti bar.

Ölçeyji we ölçeyji-dolandyryjy ulgamlarynyň ösmegi ölçeme prosesiniň özüniň hil taýdan özgermegine getirdi. Ululyklardan başga-da, köp sanly parametrleri we häsiýetnamalary bolan prosesler hem deňşdirilýär. Metrologiki üpjünçilik ölçeyji-dolandyryjy ulgamlara hem degişli edilmelidir.

Ölçegler nazaryýetiniň önünde hem möhüm meseleler durýar. Matematiki statistikanyň we tötänleýin funksiýalar nazaryýetiniň ösüşi ölçeg netijeleriniň metrologiýa taýdan işlenmeginiň meselelerine özüniň täsirini ýetirýär.

Gözegçiligiň we sazlanýşyň awtomatiki usullarynyň ulanylmagy öňki kemala gelen metrologik düşüňjelere we göz önüne getirişlere goşmaçalaryň girizilmegini talap edýär. Saglygy saklaýyşda, gurluşyklarda, himiýa senagatynda we ylmyň we tehnikanyň beýleki pudaklarynda ulanylýan usullar we ölçeg serişdeleri ylmyň soňky gazananlaryny girizmek arkaly kämilleşdirilmelidir.

Ölçeyji tehnikanyň ylmy esasy hökmünde gulluk edip, metrologiýa alynýan ölçeyiş maglumatlarynyň zerur ygtybarlygyny we dogrulygyny üpjün etmelidir. Şeýle hem ol ýurtdaky ölçegleriň bitewiligini, tilsimat prosesleriniň hem-de önümleri synagdan geçirmeginiň usullarynyň we serişdeleriniň bitewiligini kanun çykaryjylykly

kesgitleýär. Hut metrologiýa hem şu ugurda ýygňalan tejribäni jemleýär we degişlilikde ölçeýji tehnikanyň ösüşini ugrukdyrýar.

Türkmenistanyň Metrologiýa we standartlaşdyryş baradaky kanunyndanyň göçürmeler:

**Metrologiýanyň döwlet ulgamy.** Metrologiýanyň döwlet ulgamy Türkmenistanyň standartlaşdyryş we metrologiýa baradaky döwlet edarasy tarapyndan işlenip düzülýän we tassyklanylýan, ölçeglere baha bermek boýunça işleri guramagy hem-de şolary geçirmegi we ölçegleriň bütewiligini hem talap edilýän takyklygyny üpjün etmegi düzgünleşdirýän ýeke-täk kadalary, düzgünleri we kada-normalary belleýär. Bu ulgam ölçegleriň serişdeleriniň birmeňzeş bolmagyna, ölçegleriň etalonlarynyň we nusgalyk serişdeleriniň döredilmegine, ölçeyişleriň we ölçegleriň serişdeleriniň barlanylmagyna, netijeleriň hem ölçegleriň şübhelilik ýagdaýynyň ýaramaz netijelerinden ýuridiki we fiziki taraplary goramaga gönükdirilendir.

**Metrologiýanyň esasy maksatlary:**

- önümi, prosesleri we hyzmatlary normatiw-tehniki taýdan üpjün etmekden;
- önümiň, prosesleriň we hyzmatlaryň hili baradaky meselede alyjylaryň bähbitlerini goramakdan;
- adamlaryň ömri we durmuşy üçin önümiň howpsuzlygyny, daşky töweregi gorap saklamagy üpjün etmekden;
- söwdada tehniki päsgelçilikleri aradan aýyrmakdan, dünýä bazarynda önümiň bäsdeşlik ukybyny üpjün etmekden;
- önümiň utgaşylygyny we biri-biriniň deregini tutuýlygyny üpjün etmekden;

- çeşmeleriň (resurslaryň) aýawlylygyny üpjün etmekden;
- önümiň hilini ýokarlandyrmakdan we kepillendirmekden ybaratdyr.

Türkmenistanda ýeke-täk ylmy-tehniki syýasatyň geçirilmegini standartlaşdyryş we metrologiýa baradaky döwlet edarasy — «Türkmenstandartlary» Baş döwlet gullugy amala aşyrýar, ol standartlaşdyryşyň we metrologiýanyň döwlet ulgamyny döredýär hem-de bu babatda işi guraýar we sazlaşdyrýar, halkara guramalarynda Türkmenistana wekilçilik edýär. Hil we howpsuzlyk fonduny döredýär, onuň serişdelerine bolsa salgyt salynmaýar. Standartdyryş we metrologiýa baradaky iş hökmany suratda döwlet tarapyndan maliýeleşdirilmäge degişlidir.

### **Metrologiýanyň obýektleri:**

- önüm, iş, hyzmatlar we prosesler;
- fiziki ululyklaryň birlikleri, döwlet etalonlary, ölçeg nusgalary we serişdeleri;
- ölçegleriň serişdelerine, usullaryna hem-de netijelerine bolan talaplar, şolaryň takyk berjaý edilmegi, ölçegleriň serişdeleriniň we harydyň hiliniň tipiniň döwlet tarapyndan synag edilmegi we tassyk edilmegi, barlanyp görülmegi, ol serişdeleriň metrologik we attestasiýasynyň beýleki görnüşleri.

Metrologiýa standartlaşdyryş bilen jebis tebigy baglanyşykda bolýar. Bu baglanyşyk, ilkinji nobatda, ölçeg birlikleriniň, döwlet etalonlarynyň ulgamlarynyň, ölçeyiş serişdeleriniň we derňeme barlagynyň usullarynyň standartlaşdyrylmagyndan, maddanyň häsiýetleriniň we düzüminiň standart nusgalarynyň döredilmeginden durýar. Öz gezeginde standartlaşdyryş materiallaryň we deňeşdirip bolujylygyny üpjün edýän metrologiýa

daýanyar, şeýle hem hil görkezijilerini kesgitlemegiň we gözegçilik etmegiň usullaryny metrologiýadan alýar.

# I-nji Bölüm. Ölçegler we olaryň ýerine ýetirilişi

## 1. Ölçeg birlikleri we usullary

### 1.1 Fiziki ululyk

Fiziki obýektleriň – fiziki jisimleriň, sistemalaryň, meýdanlaryň, prosesleriň we beýlekileriň birnäçe fiziki häsiýetleri bolup bilýär, mysal üçin elektrik geçirijiligi, udel agramy, dykzlygy, uzynlygy, diametri, ýylylyk geçirijiligi we başgada birnäçe häsiýetleri haýsy hem bolsa bir fiziki häsiýet fiziki ululyk bilen görkezilip bir näçe fiziki obýektlerde ýüze çykyp bilýär. Şol bir wagtda fiziki ululygyň bahasy dürli obýektlerde dürli bolup bilýär. Ýagny udel elektrik garşylyk şol bir metaldan ýasalan geçirijilerde olaryň kese kesegine baglylykda dürli bolýar. Diýmek fiziki obýektler ululyklaryň hili (görnüşleri) we olaryň bahalary tapawutlanýar. Fiziki ululyklaryň obýektlerinde ýüze çykarylan san bahasy baradaky maglumaty bilmek ölçemeleriň wezipesidir. Ölçemeler, ölçemeleriň usullary we serişdeleri, ölçemeleriň ýeke-täkligini üpjün etmek baradaky ylma metrologiýa diýilýar.

Fiziki obýektlerde ululygyň bahasy şu aňlatma bilen tapylýar:

$$X = (X) \times [X], \quad (1)$$

bu ýerde  $X$  = fiziki ululygyň bahasy.

$(X)$  = şol ululygyň obýektde ölçänimizde alynan hyýaly san.

$[X]$  = fiziki ululygyň birligi.

Fiziki ululyk obýektde ölçelenende şol ululygyň ölçegi alynýar; şol ölçegi bolsa ululygyň birligine

köpeldip fiziki ululygyň bahasy tapylýar. Mysal üçin bir jisimiň massasy ölçelende teriziň görkezen bölümleriniň sanyny, ýagny hyýaly sany (X), ýada şol ululygyň ölçegini şol ululygynyň birligine [X] köpeldilýär; netijede jisimiň massasynyň bahasy tapylýar–10kg, 15kg, 750gr we ş.m. Fiziki obýektlerde ölçelýän ululygyň asyl bahasy bolýar; bu ululygyň hususy bahasyny tapyp bolmaýar, emma ölçeg gurallaryny kämilleşdirip we çylşyrymlaşdyryp ölçemeleriň netijesinde asyl baha ýakynlaşyp bolýar. Şol sebäpli asyl bahanyň ýerine fiziki ululygyň hakyky bahasy diýen düşünje kabul edilýär.

Birnäçe fiziki ululyklar özbaşdak, özara baglanşyksyz bolýar, beýlekileri bolsa özbaşdak ululyklaryň üstünde geçirilýän ammallaryň ýoly bilen tapylýar. Özbaşdak ululyklara uzynlyk, wagt, massa, temperatura, ekektrik togunyň güýji, elektrik zarýady ýaly ululyklar mysal bolup bilýär.

Özbaşdak bolmadyk ululyklar fiziki deňlemeleriň üsti bilen tapylýar. Bu deňlemeleriň simwollary bolup dürli hili özbaşdak fiziki ululyklar hyzmat edýär. Aşakdaky aňlatmada:

$$V = L/t, \quad (2)$$

Özbaşdak bolmadyk ululyk tizlik (V), özbaşdak ululyklar bolan aralygyň (L) wagta (t) bölünmegi bilen tapylýar.

## **1.2. Fiziki ululyklaryň sistemalary we ölçeglilik**

Özara deňlemeler sistemasy bilen baglanşykly bolup birnäçesi beýleki ululyklardan peýdalanylman ölçelip bilinýän ululyklaryň toplumyna fiziki ululyklaryň



sistemasy diýilýar. Her bir aýratyn anyk sistema esasy fiziki ululyklaryndan ybarat. Bu ululyklaryň toplumyny saýlap almak belli bir meseleler, fizikanyň ýada tehnikanyň belli ösen ugurlary bilen bagly bolýar. Mysal üçin mehanikada fiziki ululyklaryň sistemasynyň esasynda aralyk, wagt we massa goýulýar. Mehanikanyň beýleki hemme ululyklary şu üç ululygyň üstünde geçirilýän ammallar ýoly bilen alynýar. Bu üç ululyk özbaşdak bolup, olar biri – birinden gelip çykmaýarlar.

Fiziki ululygyň esasy häsiýetleriniň biri onuň ölçeglilikidir. Ölçeglilik bu ululygyň garalýan birlik sistemasynda kabul edilen beýleki fiziki ululyklar bilen arabaglanşygynyň görkezijisi diýip kabul etmek bolýar. Ölçeglilik koeffisientleri bire (1) deň bolan derejeli bir çilen görnüşinde ýazylýar; bu birçileniň esaslary bolsa esasy ululyklaryň ölçeglilikleridir.

Özbaşdak däl ululyklaryň ölçegliliği esasy diýilip, hasap edilen ululyklaryň derejeleriniň köpeltmek hasyly görnüşinde ýazylýar. Halkara fiziki ululyklar sistemasynda esasy diýlip massa (M), termodinamiki temperatura (T), elektrik togunyň güýji (I), wagt (t), maddanyň mukdary (N) we ýatlygyň güýji (j) kabul edilýär. Mysal üçin mehanikada islendik fiziki ululygyň ölçegliliği (X) derejeli birçilen görnüşinde şeýle ýazylýar:

$\dim X = L^a M^b T^c$ ; bu ýerde – ölçegliliğiň görkezijileri;  $\dim$  (dimension) – ölçegliliğiň alamaty; “dimension” latynça - ölçeglilik diýmekdir. Ululyklaryň ölçegliliğiniň üstünde diňe köpeltmek we bölmek amallaryny geçirip bolýar. Derejeli birçilene girýän esasy ululygyň görterilen derejesi ölçegliliğiň görkezijisi diýip

hasaplanýar. Ölçeçlilik özüni kesgitleýän deňlemelerden hem, ululygy kesgitleýän deňlemelerden hem has umumy düşünje. Mysal üçin, üst dartyşmasy  $d = F/m^2$ , energetiki ekspozisiýa bolsa  $He = F/m^2$ , ýaly dürli görnüşli deňlemeler hökmünde ýazylýar. Emma olaryň ölçeçliliği bolsa  $X = MT^{-2}$ , ýaly birçilen görnüşinde ýazylýar.

Eger ölçeçliliğiň dereje görkezijileri nula deň bolsa onda bular ýaly fiziki ululyga ölçeçsiz ululyk diýilýär. Hemme otnositel ululyklar ölçeçsiz ululykdyr; mysal üçin, otnositel dykzylyk ölçeçsiz ululykdyr.

$$P = \frac{L^{-3}M}{L^{-3}M} = L^0 M^0 = 1, \quad (3)$$

Fiziki ululyklar ölçeç işleriniň dürli ýerlerinde ulanylýar. Ol ululyklara şu aşakdakylar degişli.

1. ***Geometrik ululyklar*** – uzynlyk (aralyk), meýdan.
2. ***Mehaniki ululyklar*** – massa, tizlik, tizlenme, burç tizlenmesi, dykzylyk, güýç, güýjüň pursady, güýjüň impulsi, inersiýa pursady, hereketiň mukdary, güýjenme, üst dartyşmasy, iş, kuwwat, dinamiki süýgüjilik, kinematiki süýgüjilik.
3. ***Göwrümi, akymy we sarp bolmagy ölçemekde ulanylýan fiziki ululyklar*** – göwrüm, mukdar sarp bolmagy, göwrüm sarp bolmagy.
4. ***Basyş ölçemekde ulanylýan ululyklar*** – basyş.
5. ***Fiziki himiýada ulanylýan ululyklar*** – maddanyň mukdary; molýar massa; otnositel atom we molekulýar

massa; molýar göwrüm; molýar konsentrasiýa; molýarlyk.

6. **Ýylylyk fizikasynda ulanylýan ululyklar** – ýylylyk mukdary; udel ýylylyk mukdary; ýylylyk sygymy; entropiýa; ýylylyk akymy; ýylylyk akymynyň üst dykyzlygy; ýylylyk geçirijiligi; temperatura geçirijiligi.

7. **Wagty we ýygylgy ölçemekde ulanylýan fiziki ululyklar** – wag, ýygylgy, aýlanma ýygylgy.

8. **Elektrik we magnit ululyklary** – elektrik togunyň güýji; elektrik zarýadynyň üst dykyzlygy; elektrik zarýadynyň göwrüm dykyzlygy; elektrik zarýadynyň boý dykyzlygy; elektrik dipolyň pursady; elektrik süýşmesi; elektrik süýşmesiniň akymy; elektrik güýjenmesi; elektrik potensialy; elektrik hereketlendiriji güýç; elektrik meýdanynyň süýşmesi; elektrik sygymy; magnit induksiýasy; özünden döreýan özara induksiýa; magnit garşylygy; magnit geçirijiligi; aktiw kuwwat; reaktiw kuwwat.

9. **Optiki – fiziki ölçegleriň ululyklary** – ýagtylygyň güýji; şöhlenme.

10. **Akustiki ululyklar** – sesiň tizligi; ses basyşy; göwrüm tizligi; akustiki garşylyk; mehaniki garşylyk; ses energiýasy; ses energiýasynyň akymy; intensiwlik; ses energiýasynyň dykyzlygy.

11. **Ionlaýji işýhlenme welaýatyň fiziki ululyklary** – ionlaýji şöhlenmäniň energiýasy; ionlaýji bölejikleriň akymy; ionlaýji bölejikleriň flýuensi; ionlaýji

energiýanyň akymynyň energiýasy; ionlaýjy şöhlenmäniň energiýasynyň flýuensi; ionlaýjy şöhlenmäniň täsir ediş kese kesigi; gowşamanyň boý koeffisienti; energiýa geçirmeginiň boý koeffisienti; energiýanyň ýuwdulmagynyň boý koeffisienti; ionizasiýanyň boý dykyzlygy; maddanyň boý togtadyjy ukyby.

12. ***Dozimetriki ululyklar*** – ionlaýjy şöhläniň ýuwdulan dozasy; şöhlenme dozasyň kuwwaty; kerma; kermanyň kuwwaty; foton şöhlenmäniň ekspozision dozasy; foton şöhlenmäniň ekspozision dozasyň kuwwaty.

13. ***Ionlaýjy çeşmäniň häsiýetlendirýän radiosion ululyklar*** – çeşmäniň radionuklid aktiwligi; çeşmäniň molýar aktiwligi; çeşmäniň üst aktiwligi.

Häzirki döwürde fiziki ululyklaryň birlikleriniň Halkara sistemasy ulanylýar. Ilkinji gezek fiziki ululyklaryň birlikleriniň sistemasy “metriki sistema“ ady bilen 1790–nji ýylda Beýik fransuz rewolýusiýasyndan bir ýyl soň kabul edilýär. Bu sistema boýunça uzynlyk ölçeg birligi hökümünde platinadan ýasalan metr we massanyň ölçeg birligi höküminde bolsa kilogram kabul edilýär. Muňa garamazdan XIX-nji asyrda dürli ýurtlarda dürli görnüşli ölçeg birlikleri ulanylypdyr. Hatda Fransiýanyň özünde 1840–nji ýyla çenli dürli ölçeg birlikleriniň ulanylmagyna ýol berlipdir.

Fiziki ululyklaryň birlikleriniň dürli ýurtlarda birmeňzeş bolmany sebäpli söwda, ylmy–tehniki we beýleki aragatnaşyklar çylşyrymlaşýar. Şol sebäpli ölçeg birliklerini bir nusga getirmek, unifikasiýa geçirmek örän möhüm meseleleriň biri bolýar. 1887–nji ýylda bütin

dünýä Pariž sergisi döwründe ölçeg birliklerini unifikasiýalaşdyrmak maksady bilen komitet esaslandyrylýar. Geodeziýaçylar bolsa, metriň 1790–nji ýylda döredilen platina etalonyny kämilleşdirmek üçin býuro döredilmegini hödürleýarler. 1870-nji ýylda Fransuz hökümeti metriki sistemany halkara derejesinde ýaýbaňlandyrmak üçin dürli döwletleriň wekillerini toplamakçy bolýar. Emma başlanan Franko – prussiýa urşy sebäpli, bu ýygnaga diňe 15 döwletiň wekili gatnaşýar; ýygnakda “Halkara metriki komissiýa” esaslandyrylýar. Bu komissiýa 1872-nji ýylda ilki başky platina etalonyna mümkin boldugyça ýakyn bolan metriň we kilogramyň platina – etalonyny taýýarlamagy karar edýär. Bu iş “Halkara ölçegler we agramlyklar” býurosyna tabşyrylýar. Metriki sistema boýunça ylalaşygy “Metriki konwensiýa” 1875-nji ýylda 17 döwlet birikýär, 1980-nji ýylda bolsa bu konwensiýa 45 döwlet birikýär. Döwletleriň wekilleri ölçegler we agramlyklar boýunça Baş konferensiýa 4 ýylda bir gezek ýygnaýar; bu ýygnaýşygy ölçegler we agramlyklar boýunça halkara komiteti we onuň maslahatçy komiteti taýýarlaýarlar. Halkara SI sistemasyndan öň ulanylýan sistemalaryň birnäçesini agzap geçeliň.

### 1.3. Ölçegler sistemalary

**MKS sistemasy** – mehaniki ululyklaryň birlikleriniň sistemasy; esasy birlikleri metr, kilogram, sekund; 1901–nji ýylda italýan fizigi J.Jorjo tarapyndan hödürlenilýär, bu sistemanyň ululyklary SI sistemasynyň mehaniki ölçemeleriniň esasy bolup hyzmat edýär. Olara MKS, SGS, SGSE, SGSM, MKGSS girýär.

**SGS sistemasy** – bu hem mehaniki ululyklaryň birlikleriniň sistemasy, esasy birlikleri santimetr, gram we sekund, elektrikleriniň halkara kongressi tarapyndan 1881–nji ýylda girizilýär. Bu iki sistemanyň hem fiziki ululyklary birmeňzeş, emma olar ölçeglilikleri bilen tapawutlanýarlar.

SGS sistemasynyň elektrik we magnit ölçegleri üçin ýedi (7) sany ikinji derejeli sistemasy (podсистема) bar, olaryň arasynda şu aşakdakylar ulanylýar:

SGSE sistemasy–esasy ululyklary santimetr, gram, sekund; wakumyň dielektriki syzyjylygy ölçegsiz birlik hökümünde kabul edilýär.

SGSE sistemasy (absalýut elektromagnit sistemasy) – esasy ululyklary santimetr, gram, sekund; magnit syzyjylygy ölçegsiz birlik hökümünde kabul edilýär.

**MKGSS sistemasy** – esasy ululyklary metr, kilogram we sekund. Esasan mehanikada we tehnikada ulanylýany sebäpli “tehniki” sistema diýlip hem atlandyrylýär. Bu sistemanyň ýörgünli bolmagynyň sebäpleriniň biri güýjüň birliginiň agramyň birligi bilen gabat gelmeginde hem-de güýjüň birliginiň kilogram – güýç görnüşinde bolmagyndadyr.

**MTS sistemasynda** esasy birlikler bolup metr, tonna hemde sekund hyzmat edýär.

Absolýut praktiki birlik sistemasy 1881-nji ýylda Elektrikleriň Halkara Kongresi tarapyndan SGSM sistemasyndan gelip çykan sistema hökmünde kabul edilýär. Bu sistema SGSM sistemasynyň birlikleriniň ölçeg işlerinde oňaýsyz bolany sebäpli elektrik we magnit meseleleriniň praktiki işlerine gönükdirilýär, absolýut praktiki sistemada elektrik we magnit birlikler SGSM sistemasynyň biratly birliklerini 10 degişli derejeli sanlaryna köpeldip alynýar.

Halkara elektrik birlikleri 1893—nji ýylda Elektrikleriň Halkara Kongresinde kabul edilýär, özi hem birlikleriň teoretiki kesgitlenmesine esaslanman etalonlara esaslanýär. Kongres iki sany esasy birliги ykrar edýär, ýagny halkara amperi we halkara wagty. Beýleki elektrik ululyklar şu üçüsiniň üstünden çykarylýar. Bu sistema SSSR-de 1919-nji ýyldan 1948-nji ýyla çenli hereket edýär.

Uzynlyk  $L$  - metr  $m$ ;  
Massa  $M$ - kilogram  $kg$ ;  
Wagt  $T$  - sekund  $s$ ;  
Elektrik togunyň güýji  $I$  - amper  $A$ ;  
Termodinamiki temperatura - kelwin  $K$ ;  
Maddanyň mukdary  $N$  – mol  $mol$ ;  
Ýagtylygynyň güýji  $J$  - kandela  $kd$ ;  
Tekiz burç - radian  $rad$ ;  
Göwrüm burçy - steradian  $cr$ .

## **2. Ölçeg abzallarynyň toparlara bölünishi**

### **2.1. Ölçeg serişdeleri**

Obýektleriň ýa-da hadysalaryň aglabasyna degişli hil taýdan umumy häsiýetler ulanylýandygy sebäpli, adamyň duýgy synalary gatnaşmazdan nähili hem bolsa, bir ýol bilen ýüze çykarylmalý bir zat bilen görkezmeli fiziki häsiýetleri ýüze çykarmak (indikasiýa) üçin niýetlenen ýörite tehniki gurluşlara *i n d i k a t o r l a r* diýilýär. Meselem, magnit kompasynyň peýkamjagazy — magnit meýdanynyň dartgynlylygynyň indikatory; ýagtylandyryjy elektrik lampajygy — ulgamdaky elektrik dartgynlylygynyň indikatory; lakmus kagyzy — erginlerdäki

wodorod ionlarynyň işjeňliliginiň (aktiwliginiň) indikatory.

Indikatorlaryň kömegi bilen diňe bizi gyzyklandyrýan materiýanyň häsiýetiniň ölçenilýän fiziki ululygynyň bardygy anyklanylýar. Şu babatda indikatorlar adamyň duýgy synalarynyň wezipesini ýerine ýetirýär, ýöne onuň mümkinçiligini has-da giňeldýär. Meselem, adam ýygýlygyň 16-dan 20 kGs-e çenli diapazonynda eşidýär, şol bir wagtda, infrapes (gersiň ülüşleri) ýygýlykdan ultraýokary (onlarça we yüzlerçe kilogers) ýygýlyga çenli diapazondaky ses yrgyldylary ýüze çykarylýar. Adam elektromagnit tolkunlarynyň örän dar optiki diapazonynda görýär, abzallar tarapyndan bolsa, ýygýlygy gersiň üleşinden ybarat aşa pes ýygýlykly radiotolkunlardan başlap, tä ýygýlygy  $10^{23}$  Gs derejedäki gamma-şöhlemenmäniň ýokary energatiki derejä çenli elektromagnit yrgyldylaryny hasaba alýarlar (registrirleýärler). Şol bir wagtda adamyň ýa-da haýwanyň (jandaryň) ys alşy bilen bäsleşip biljek tehniki gurluş entek döredilmändir.

Indikatorlar diňe biziň daş-töweregimizi gurşap alýan dünýäniň häsiýetleriniň ýüze çykmagyna reagirleýändigini sebäpli, olaryň in möhüm häsiýet aýratynlygy *r e a g i r l e m e b o s a g a s y* bolmaly (oňa kä halatlarda duýgurlyk bosagasy hem diýilýär). Reagirleme bosagasy näçe pes bolsa, şonça-da gowşak häsiýetleri indikator ýüze çykarýar. Häzirki zaman indikatorlary fonlaýyn päsgelçiligiň hem-de abzallaryň (apparatlaryň) öz hususy sesiniň derejesinde ýatýan reagirleme bosaga eýedirlir. Apparatlaryň öz hususy sesiniň tebigaty ýygýlyga esaslanýandygy sebäpli juda duýgur indikatorlaryň duýgur elementlerini we elektron düwünleriň päsgelçiliklerini azaltmak üçin olaryň



temperaturasyňy absolýut nola çenli peseldilýär, ýagny sowadylýar. Päsgeçilikleriň fonunda signallaryň seleksiýasy (bölünip alynmagy) ýörite süzujileriň (filtrleriň) hem-de ýygnaýjylaryň kömegi bilen amala aşyrylýar. Şunuň ýaly hem beýleki çäreleriň hasabyna, meselem, santimetrler diapazonyndaky radioteleskoplaryň duýgurlylyk bosagasy  $10^{-18}$  Wt-a çenli ýetirildi.

Ýöne fiziki ululygy ýüze çykarmak hem-de ony ölçemek — o diýen şol bir zat däl. Öňden belläp geçişimiz ýaly, ölçemek üçin näbelli ölçeg ululygy bilen belli ölçeg ululygy bilen deňeşdirilmeli hem-de näbelli ölçeg ululygyny belli ölçeg ululygynyň üsti bilen galyndysyz bölünýän ýa-da üleşleýin gatnaşykda aňlatmaly. Eger-de belli ölçeg ululygy bilen fiziki ululyk bar bolsa, ol gönüden-göni deňeşdirilmekde peýdalanylýar. Meselem, uzynlygy ölçeg çyzgyjy arkaly, tekiz burçy — transportir bilen, massany çekim daşlary hem-de terezi arkaly, elektrik garşylygyny — garşylyklar magazininiň kömegi bilen ölçenilýär. Eger-de fiziki ululyk ýok bolsa, onda abzalyň ölçenilýän ululygyň eden täsirine bolan reaksiýasy (jogap gaýtarmasy) şol ululygyň öň ýüze çykaran, ýöne belli ölçegli reaksiýasy bilen deňeşdirilýär. Muňa mysal edip, meselem, elektrik togunyň güýjüni — ampermetr, elektrik dartgynlygyny — woltmetr, tizligi — spidometr, basyşy — manometr, termodinamiki temperaturany — termometr bilen ölçenilýändigini we ş.m.-leri getirse bolar.

Bu ölçeýji abzallar indikatorlardan tapawutlylykda fiziki (belli we näbelli) ululygyň iki dürli ölçeg ululyklarynyň täsirine bolan jogap gaýtarmalaryň deňeşdirilmegini üpjün edýär. Şunlukda jogap gaýtarmalaryň arasyndaky gatnaşyklar deňeşdirilýän ölçeg ululyklarynyň arasyndaky ýaly diýlip hasap edilýär.

Deňeşdirilmegiň aňsat bolmagy üçin belli täsiri bolan jogap gaýtarma degişli abzal ýasalmanka, onuň hasaplaýjy gurluşynyň şkalasynda belleniپ berkidilýär, soňra şkalagalyndysyz bölünýän ýa-da üleşleýin gatnaşyklarda derejelere bölünýär. Bu amala (prosedura) şkalanyň graduirlemesi diýilýär. Ölçemelerde şeýle abzallar görkezijiniň ýagdaýy boýunça, deňeşdirilmäniň netijesini gönüden-göni gatnaşyklar şkalasynda almaga mümkinçilik döredýär.

**Ölçemelerde ulanylýan hem-de kadalaşdyrylan (normirlenen) metrologiki häsiýetnamalary bolan ähli tehniki serişdelere ölçeg serişdeleri diýilýär.** Olara: *maddalaýyn ölçegler, ölçeýji özgerdijiler, ölçeg abzallary, ölçeg desgalary we ölçeg ulgamlary* degişlidir.

## **2.2. Ölçeg serişdeleriniň takyklyk synplary**

Ölçeg serişdeleriniň ähli normirlenýän metrologiki häsiýetnamalaryny hasaba almak — diňe metrologiki amalyýete mahsus bolan örän ýokary takyklykdaky ölçemeler delillendirilen örän çylşyrymly we köp zähmet sarp edilmegini talap edýän iş prosedurasydyr. Adatça, durmuşda hem-de önümçilikde şeýle takyklygyň zerurlygy ýok. Şonuň üçin hem gündelik amal işlerinde ulanylýan ölçeg serişdeleri üçin takyklyklary boýunça synplara bölünýär. **Takyklyk synpy** diýlip, berlen nusgawy görnüşiniň (tipini) ähli ölçeg serişdeleriniň görkezýänleriniň digrulygyny üpjün edýän hem-de görkezme takyklygynyň aşagynda baha belleýän, olaryň umumylaşdyrylan häsiýetnamasyna aýdylýar. Ölçeg serişdeleriniň konkret nusgawy görnüşine bolan standartlarda, jemleri alnanda, bu nusgawy görnüşli (tipi) ölçeg serişdeleriniň takyklyk synpyny kesgitleýän metrologiki häsiýetnamalara bolan

talaplar bellenilýär. Meselem, uzynlygyň tekiz-paralleleýin ölçeglerde şeýle häsiýetnamalar hökmünde nominal uzynlykdan we tekiz-parallellikden rugsat edilýän çäkler (predeller);uzynlygyň ýylyň dowamynda rugsat edilýän üýtgemegiň çäkleri (predelleri) hyzmat edýär. Elektrik hereketlendiriji (nominal elementdäki) güýçleriň (EHG) ölçeglerinde bolsa, — ýylyň dowamynda elektrik hereketlendiriji güýjüň rugsat edilýän durnuksyzlygynyň çäkleridir.

Az üýtgeýän metrologiki häsiýetnamalarda takyklygyň iki ýa-da ondan-da köp synplary üçin bitewi (hemmesi üçin bir — ýeke-täk) talaplary bellemek rugsat edilýär.

Takyklyk synpyna bagly bolmazdan ähli takyklyk synplary bolan ölçeg serişdeleri üçin bitewi (ýeke-täk) talaplarynyň bellenilmegi maksadalaýyk, meselem, giriş ýa-da çykyş garşylyklar ýaly, metrologiki häsiýetnamalar normirlenýär.

Ölçeg serişdeleriniň nusgawy görnüşlerine takyklyk synplary döwlet kabul ediş synaglarynyň netijelerini hasaba alyp, dakylýar. Şol bir fiziki ululygyň birnäçe diapazonly ölçemegiň ýa-da dürli hili fiziki ululyklary ölçemek üçin niýetlenen ölçeg serişdelerine her bir diapazon ýa-da her bir ölçenilýän ululyk üçin takyklyk synpy berlip bilner. Meselem, 0–1, 0–20 we 0–50 diapazonly ampermetriň her bir aýratyn alnan diapazony üçin takyklyk synpy bolup biler; dartgynlylygy garşylygy ölçemek üçin niýetlenen elektrik ölçeýji abzala iki sany: biri — woltmetr hökmünde, beýlekisi ommetr hökmünde — takyklyk synpy berlip bilner. Ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalary bellenen takyklyk synplaryna taýýar önüm çykarylanda-da, ulanylyş prosesinde hem laýyk gelmeli.

Takyklyk synplarynyň ölçege serişdeleriniň siferblatlaryndaky, diwarjyklarynyň ýüzündäki hem-de daşyndaky belgilenmesi barada kadalaşdyryjy normatiw-tehniki resminamalarda berilýär. Şunlukda takyklyk synpynyň belgili ölçege serişdelerine bolan ulanylyş iş kagyzlarynda ölçege serişdeleriniň şol nusgawy görnüşi (tipi) üçin takyklyk synpy bellenilýän standarta ýa-da tehniki şerte salgylanma bolmaly.

Belgilenmeler latyn elipbiýiniň baş harplarynyň (meselem, M, C we ş.m.) ýa-da rim sifrleriniň (I, II, III, IV we ş.m.) şertli belgili görnüşlerine eýe bolup bilerler. Şeýle belgilenmeleriň manysy kadalaşdyryjy normatiw-tehniki resminamalarda doly aýdyňlaşdyrylýar. Eger-de takyklyk synpy haýsy hem bolsa bir şertli belginiň goşulmagy bilen arap sifrlerinde belgilenilýän bolsa, oda ol sifrleri gönüden-göni ölçege serişdeleriniň görkezýänleriniň takyklygynyň aşagyndaky bahany bellýär. Deňölçeqli, amaly deňölçeqli ýa-da derejeli şkalaly, giriş (çykyş) signalynyň nol bahasy ölçege diapazonynyň gyrasynda ýa-da daşynda ýerleşýän ölçege serişdeleri üçin takyklyk synpynyň arap sifri bilen belgilenmegi  $(1; 1,5; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6) \cdot 10^n$ , (bu ýerde  $n = 1, 0, -1, -2$  we ş.m.) ölçenilýän ululygyň hasaplaýjy gurluşynyň görkerzijasiniň görkezýäniniň, ölçemeleriň ýokarky çäklerinden (predellerinden) göterimleriň (prosentleriň, %) degişli sanyndan köp tapawutlanmaýandygyny aňladýar.

Eger-de şol bir şertlerde nol baha ölçemeleriň diapazonynyň içinde ýerleşýän bolsa, onda ölçenilýän ululygyň bahasy görkerzijasiniň görkezýäninden ölçege çäkleriniň (predelleriniň) modullarynyň in ulusyndan takyklyk synpyna degişli göterim (prosent) sanyndan köp tapawutlanmaýar.

Bellenen nominal bahaly ölçeğ serişdeleriniň ölçenilýän ululygyň görkezijiniň görkezýäninden nominal bahadan göterimleriň (prosent) sanyndan geçmeýär.

Beýleki halatlarda, haçanda takyklyk synlary ýokarda görkezilen hatardan alnan sifrlerde belgilenende, bu görnüşiniň ölçeğ serişdeleriniň standartlaryna ýüzlenmeli.

Takyklyk synlarynyň öňünden oňalyly diýlip çaklanylýan sanlarynyň şol bir hatardan alnan sifrler bilen bellenilmegi goşmaça şertli belgileriň ulanylmagy arkaly alnyp barlyp bilner. Meselem, aşakdan ( $\overset{0,5}{\sqrt{}}; \overset{1,6}{\sqrt{}}; \overset{2,5}{\sqrt{}}$  we ş.m.) bellikler düýpli deňölçepli bolmadyk şkalaly ölçeýji abzallaryň şu nusgawy görnüşinde (tipinde) ölçeýän ululygyň bahasy ölçeğleriň diapazonyna degişli bolan şkalanyň tutuş uzynlygyndan ýa-da onuň böleginden göterimleriň (prosentleriň) sanyça hasaplaýjy gurluşyň görkezijisiniň görkezýäninden tapawutlanyp bilýändigini görkezýär. Daşy töwerek bilen alnan sifrler (meselem,  $\textcircled{0,02}$ ,  $\textcircled{0,4}$ ,  $\textcircled{1,0}$ ,  $\textcircled{3,0}$  we ş.m.) göterimleriň (prosentleriň) gönüden-göni görkezijiniň görkezýän bahasyndan hasaplanýandygyny görkezýär.

Kä halatlarda takyklyk synpy drob, meselem,  $0,02/0,1$  görnüşinde berilýär. Bu bolsa, ölçenilýän ululygyň görkezijiniň görkezen  $X$  bahasyndan  $\left[ c + d \cdot \left( \left\lfloor \frac{X_k}{X} \right\rfloor \right) - 1 \right] \%$ -den köp tapawutlanyp bilmeýändigini aňladýar. Bu ýerde  $c$  we  $d$ , degişlilikde, takyklyk synpynyň belgilenmegindäki sanawjy we maýdalawjy;  $X_k$  bolsa, — ölçemeler çäk-predelleriniň (modul boýunça) in ulusy.

Takyklyk synpynyň umumylaşdyrylan häsiýetnamadygyny ýene-de bir gezek belläp geçmek zerurdyr. Ony bilmeklik konkret ölçemäniň takykygyny kesgitlemäge däl-de, bary-ýogy ölçenilýän ululygyň bahasynyň ýerleşýän çäklerini (predellerini) görkezmäge mümkinçilik berýär. Onda-da, konkret ölçemäniň takykygy, köp halatlarda, belli gyzyklanmadan ybarat bolup durýar.

### **3. Abzallaryň elementleriniň we alamatlarynyň häsiýetleri**

#### **3.1. Ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalary**

Ölçemeleriň hili köp faktorlara bagly bolup durýar. Ýöne käbir halatlarda, ölçeg serişdeleriniň ölçemeleriň netijesine hem-de olaryň takykygyna nähili täsir edýändigini bilmek zerur bolup durýar. Şol ýagdaýlar aşakdakylardyr:

- ***ölçemeleriň takykygyna tejribä esaslanmazdan (apriori) baha bermek.*** Baha bermegiň bu görnüşi ýerine ýetirilende, beýleki faktorlar bilen bilelikde ölçeg serişdeleriniň takykygy hem hasaba alynmaly;
- ***belli bir kesgitli şertlerde ulanylmagy ölçemeleriň talap edilyän takykygyny üpjün etjek ölçeg serişdelerini saýlap almak.*** Bu mesele ýokarka garaňda, tersdir;
- ***ölçeg serişdeleriniň görnüşlerini taslama düzülyän döwründe-de, ulanylyş prosesinde-de olaryň metrologiki häsiýetleri boýunça deňeşdirmek;***

- ***ölçeg serişdeleriniň çylşyrymly ölçeýiş ulgamlary işlenip düzülende, toplam ýygnaýjy (komplektleýji) hökmünde ulanmak.*** Ölçeg ulgamyna bolan şol bir talaplar komplektleýji hökmünde ulanylýan ölçeg serişdeleriniň häsiýetleriniň dürli hili utgaşdyrylmagynda kanagatlandyrylyp bilner. In oňalyly utgaşdyrylma ykdysady-tehniki esaslandyrylmagyň netijesi bolmalydyr;
- ***maglumat ulgamlarynyň takykglygyny hasaplama usuly arkaly kesgitleme meselesiniň tejribe-eksperimental taýdan çözülmegi uly kynçylyklar bilen baglanyşykly bolanda, ýa-da iş şertleriniň aýratynlygy zerarly düýbünden mümkin bolmadyk ýagdaýynda hasaplama arkaly maglumat ulgamlarynyň takykglygyny kesgitlemek.*** Bu mesele maglumat ulgamlary taslananda ýüze çykýar;

**Ölçeg serişdeleriniň ölçemeleriň netijelerine hem-de olaryň takykglygyna täsir edýän häsiýetleriniň aýratynlyklaryna ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalary diýilýär.** Olary aşakdaky toparlara bölmek bolar:

**1. Ölçeg serişdeleriniň görkezmelerini kesgitlemek üçin niýetlenen häsiýetnamalar.** Olara ölçeýiş özgerdijisiniň, şeýle hem atlandyrylmadyk şkalaly ýa-da giriziş ululygynyň birliklerinden tapawutlanýan birliklerde graduirlenen şkalaly ölçeýji abzalyň özgerdiş funksiýasy; bir belgili ýa-da köp belgili ölçegleriň bahalary; ölçeýji abzalyň ýa-da köp belgili ölçegiň şkalalarynyň derejeleýin bölme bahasy; netijeleriň sanlaýyn (sifrleýin) kodda berilmegi üçin niýetlenen ölçeg serişdeleriniň çykyş kodunyň görnüşi; kodunyň razrýadlarynyň mukdar sany, kodunyň in pes razrýadynyň birliginiň bahasy degişlidir.

2. **Görkezmelerin** — takyklygynyň hem-de dogrulygynyň **hiliniň häsiýetnamasy**. Görkezmäniň takyklygy onuň ortaça kwadratiki gyşarmasy ýa-da oňa meňzeş (onuň analogy) arkaly kesgitlenilýär. Dogrulyk ölçeg serişdeleri metrologiki attestatlaşdyrylanda bellenilýän düzedişiň girizilmegi arkaly üpjün edilýär.

3. **Ölçeg serişdeleriniň täsir edýän ululyklara bolan duýgurlygynyň häsiýetnamalary**. Olara: ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalarynyň täsir edýän ululyklaryň bellenen çäklerde döreden üýtgemeleriniň täsir funksiýasy we hasaba alyşy girýär.

4. **Ölçeg serişdeleriniň inersiýalaýyn häsiýetlerini hasaba alyan dinamiki häsiýetnamalary**. Dinamiki häsiýetnamalar ölçeg serişdeleriniň kadalaşdyrylýan (normirlenýän) metrologiki häsiýetnamalara degişlidir.

5. **Obýektler ýa-da gurluşlar bilen ölçeg serişdeleriniň girişinde we çykyşynda bolup geçýän özara täsirleriň häsiýetnamalary**. Bu toparyň häsiýetnamalarynyň mysaly hökmünde çyzyklaýyn ölçeyiş özgerdijisiniň giriş hem-de çykyş impedanslaryny getirse bolar.

6. **Ölçeg serişdelerine birikdirilen gurluşlaryň kadaly-normal işlemegini üpjün edýän çykyş signalynyň maglumat bermeyän parametrleri**. Meselem, dartgynlylygy özgerdijiniň ortaça dowam ediş ýygylga bolan çykyş signaly hökmünde, impulsalaryň yzygiderliligi hyzmat edýär. Ölçenilýän dartgynlylygyň bahasyny kesgitlemek üçin özgerdijiniň çykymyna ýygylk ölçeyji çatylyar. Ol diňe özgerdijiniň impulsalarynyň amplitudasy we formasy, olar ölçenilýän dartgynlylygyň bahasy baradaky maglumatlary görtermeseler-de, diňe belli bir talaplar kanagatlandyrylanda kadaly işleýär. Şu ýagdaýa ters gelýän halatlarda ýygylk ölçeyji şol impulsalaryň



dowam ediş ýygylgyny takyk ölçemez ýa-da asla işlemez.

**Metrologiki häsiýetnama ölçeg serişdeleriniň hijisini aýyrmazdan ählisiniň hiliniň we tehniki derejesiniň görkezijileri bolup durýar.** Ýöne olary kesgitlemek üçin ölçeg serişdeleriniň konkret nusgasynda, ol *metrologiki attestatlaşdyryşdan* geçmeli. **M e t r o l o g i k i a t t e s t a t l a ş d y r y ş** diýlip, ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetlerini kesgitlemek üçin metrologiki edara tarapyndan ýerine ýetirilýän şol ölçeg serişdesiniň ähli tarapdan barlanylmagyna hem-de alnan maglumatlar görkezilen resminamanyň berilmegine aýdylýar. Bu — uzak wagtlaýyn, çylşyrymly we gymmat düşýän, her bir aýratyn ýagdaýda maksadalaýyklygy esaslandyrylmaly iş prosedurasydyr. Adatça, ölçeg serişdelerine bolan kadalaşdyryjy normatiw-tehniki resminamalaryndaky metrologiki häsiýetnamalar baradaky maglumatlardan peýdalanylýar. Şol resminamalarda ähli köp mukdarda (seriýalaýyn) ýasalyp çykarylýan ölçeg serişdeleriniň berlen nusgawy görnüşiniň (tipiniň) metrologiki häsiýetnamalarynyň kanagatlandyrylmaly talaplary (kadanormalary) getirilýär. Ölçeg serişdesiniň her bir aýratyn alnan nusgasyň metrologik häsiýetnamalarynyň şol talaplara laýyklygy barlanyp durulmaly.

**Metrologiki edara ýa-da ýörite ygtyýarly wekil tarapyndan metrologik häsiýetnamalaryň kadanormalara laýyklygynyň barlanylmagyna we şonuň esasynda ölçeg serişdeleriniň ulanylmaklyga ýaramlydygyny anyklamaklyga d e r ñ e w - b a r l a g y** diýilýär.

Türkmenistanyň «Standartlaşdyryş we metrologiýa baradaky» Kanunyna laýyklykda **derňew-barlagyndan geçmeik ölçeg serişdelerini ulanmak gadagan.**

### **3.2. Ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalarynyň toparlara bölünişi**

Ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalarynyň kadalaşdyrylyşy (normirlenilişi). Birinji toparyň *nusgawy (tipleýin)* metrologiki häsiýetnamalaryny berlen ölçeg serişdeleriniň nusgawy görnüşiniň (tipiniň) barlanyp tassyklanan nominal bahasy hökmünde kadalaşdyrylýar (normirlenýär). Ölçeýiş özgerdijisiniň özgartme nominal funksiýasy formula, tablisa, çyzgy-grafik görnüşde berilýär. Bir belgili ýa-da köp belgili ölçegleriň nominal bahalaryny atlandyrylan sanlar arkaly görkezilýär.

Ölçeg serişdeleriniň *konkret nusgalary* üçin düzüminde birinji toparyň ölçeg serişdeleriniň göz önünde tutulan şertlerdäki ýekebara (indiwiidual) metrologiki häsiýetnamalary bolmaly **ç ä k l e r** — predeller (araçäk häsiýetnamalary) *normirlenýär*.

Ölçeg serişdeleriniň ulanylyşynyň kadaly (normal) we işçi şertleri ölçeg serişdelerine bolan kadalaşdyrylan normativ-tehniki resminamalarda bellenilýär. **K a d a l y** (normal) **ş e r t l e r** hökmünde metrologiki häsiýetnamalaryň täsir edýän ululyklaryň bahalaryna baglylygyny hasaba almasyz şertler hasaplanylýar. Meselem, ölçeg serişdeleriniň nusgawy görnüşleriniň (tipleriniň) aglabasy üçin kadaly (normal) şertler bolup: temperatura —  $293 (\pm 5) \text{ K}$ , göräleýin çyglylyk —  $65 (\pm 15) \%$ , elektrik ulgamynyň dartgynlylygy —  $220 \text{ V } (\pm 10$

%). Işçi şertler kadaly (normal) şertlerden täsir edýän ululyklaryň bahalarynyň üýtgemeginiň has giň diapazony bilen tapawutlanýar.

Ikinji toparyň metrologiki häsiýetnamalary kadalaşdyrylanda (normirlenende) her bir ölçeg serişdesiniň konkret nusgasy üçin takyk bahasy näbelli düzediş arkaly üpjün edilýän ölçeg serişdeleriniň görkezýänleriniň dogrulygyndan ugur alynýar. Şonuň üçin hem düzüminde berlen nusgawy görnüşiň (tipiň) ölçeg serişdeleriniň ählisiniň *düzedişi bolmaly çäkleri* (predelleri) *bellenilýär*. Şeýle hem ýagdaýlaýyn (situasiýalaýyn) modelirlmä ýüz urulýar we *düzüminde situasiýalaýyn modeliň san häsiýetnamalarynyň analoglary bolmaly çäkleri* (predelleri) *normirlenýär*. Ölçeg serişdeleriniň *görkezýänleriniň takyklygy ortaça kwadratiki gyşarmanyň aňryçäk* (predel) *rugsat berilýän bahalaryny* (ýa-da onuň bahalanmagyny) görkezmek arkaly normirlenýär. Ölçeg serişdeleriniň görkezýäniniň we düzedişiň jemleriniň alynýandygy sebäpli, ölçeg serişdesiniň görkezýäniniň ähtimallygyň paýlanma kanunynyň kompozisiýasynyň ortaça kwadratiki gyşarmasynyň analogy we situasiýalaýyn modeliň düzedişi normirlenip bilner.

Ikinji toparyň kadalaşdyrylan (normirlenen) metrologiki häsiýetnamalary giriş ýa-da çykyş signalynyň maglumatlaýyn parametriniň biri ýa-da funksiýasy (formula, tablisa, grafik) arkaly berilýär.

Ikinji toparyň metrologiki häsiýetnamalary normirlenmegi hem kadaly — normal şertler üçin, işçi şertler üçin hem amala aşyrylyp bilner. Mundan tapawutlylykda, **üçünji toparyň metrologiki häsiýetnamalary diňe ölçemeleriň işçi şertleri üçin normirlenýär**. Işçi şertlerde täsir edýän ululyklaryň

bahalarynyň üýtgemegi ölçeg serişdeleriniň görkezýänleriniň takyklygynda hem-de dogrulygynda yz galdyryp başlaýar. Munuň özi *täsir etme funksiýalary* arkaly hasaba alynýar. Berlen nusgaawy görnüşini (tipini) ölçeg serişdeleriniň dürli nusgalary üçin hem bu funksiýalaryň görnüşleri hem-de olaryň parametrleri tapawutlanyp bilerler. Ýöne, umuman alnanda, berlen nusgawy görnüşini (tipini) ölçeg serişdeleriniň nusgalarynyň ählisi üçin bu funksiýalar meňzeş bolmaly, olaryň parametrleri bolsa, ýakyn bolmaly. Şonuň üçin hem *käbir ortalaşdyrylan täsir funksiýalary*, olaryň parametrlerini görkezmek bilen bilelikde, *nominal funksiýalar hökmünde normirlenýär*. Şeýle hem berlen nusgawy görnüşini (tipini) ölçeg serişdeleriniň aýratyn nusgalarynyň *täsir funksiýalarynyň kadaly* (normal) *funksiýadan rugsat edilýän gyşarmalarynyň çäkleri* (predelleri) *hem normirlenýär*. Eger-de berlen nusgawy görnüşini (tipini) ölçeg serişdeleriniň dürli hili nusgalarynyň täsir funksiýalary özara düýpli tapawutlanýan bolsalar, onda *täsiriň araçäkleýin funksiýalary normirlenýär*.

Kadalaşdyryjy normatiw-tehniki resminamalarda täsiriň nominal funksiýasy, ondan gyşarmalaryň rugsat edilýän çäkleri (predelleri) hem-de täsiriň araçäkleýin funksiýalary san, formula, tablisa ýa-da gyzgy-grafik görnüşinde berilýär. Täsiriň koordinatalaryň başyndan geçýän çyzyklaýyn funksiýasyny san görnüşinde *täsir koeffisiýenti* hökmünde bermek rugsat edilýär. Täsir funksiýalary başdan hasaplap almagyň ordinatalar oky boýunça başlangyjy absissalar okundaky täsir edişi ululygyň kadaly (normal) bahasy bilen gabat gelýän koordinatalarda berilýär.

Täsir edýän ululyklaryň üýtgemegi bilen ýüze çykarylan metrologiki häsiýetnamalaryň üýtgemeginiň rugsat edilýän çäkleri (predelleri) kadaly (normal) şertlerdäki metrologiki häsiýetnamalaryň bahalarynyň töweregindäki zonanyň araçäkleri görnüşinde bellenilýär. Dördünji toparyň metrologiki häsiýetnamalary şuna meňzeşlikde normirlenýär

***Nominal dinamiki häsiýetnamalary, ondan gyşaryan rugsat edilýän çäkleri (predelleri) hem-de araçäkleýin dinamiki häsiýetnamalary*** bellenilýär. Olar san, formula, tablisa ýa-da çyzgy-grafik görnüşinde berilýär.

Ähli halatlarda, **kadalaşdyrylan (normirlenen) häsiýetnamalary çyzgy-grafiki görnüşinde görkezilmegi, diňe olary formula ýa-da tablisa görnüşinde bir wagtda bilelikde görkezilmeginde rugsat edilýär.**

Bäşinji we altynjy toparyň normirlenen metrologiki häsiýetnamalarynyň görkeziliş formalary ölçeg serişdeleriniň konkret görnüşlerine we nusgawy görnüşlerine (tiplerine) bolan kadalaşdyryjy normatiw-tehniki resminamalarda bellenilýär.

Ölçeg serişdeleriniň ulanylmagynyň aýratynlyklaryna laýyklykda olaryň metrologiki häsiýetnamalarynyň ol ýa-da beýleki ýygyny toplumynyň zerurlygy ýüze çykýar. Meselem, maddalaýyn ölçegler we san-analog özgerdijiler, görkeziji, hasaba alyjy we ýazyp alyjy (registrirleýji) ölçeýän analog we san abzallary, ölçeýän analog we analog-san özgerdijiler üçin metrologiki häsiýetnamalaryň dürli hili ýygyny toplumlary normirlenýär. Mundan başga-da, her bir ýygyny toplumdaky normirlenen metrologiki häsiýetnamalaryň düzülip tassyklanan atlaýyn toplumy

(nomenklaturasy) ölçmelerin jogapkäriligine we beýleki faktorlara baglydyr.

## **4. Ölçeğin ýalňyslyklary**

### **4.1. Ölçegleriň takyklygy**

Islendik ululyk ölçelende, näçe üns bilen ölçeg alynsa-da, arassa ýoýulmadyk netije almak mümkin däldir. Bu ýoýulmalaryň dürli sebäpleri bardyr. Ýoýulma ölçeg alynma usulynyň ölçeg serişdesiniň kämil däldigi, ölçeg alma şertleriniň hemişelik däldigi we başga birnäçe sebäpleri täsir edip biler.

Ölçegler barada umumy düşünje. Ölçegleriň serişdeleri barada maglumat. Ölçeg abzallarynyň klassifikasiýasy.

Ölçenilýän ululyk bilen deňeşdirme birligi hökmünde kabul edilen onuň käbir bahasynyň arasynda tejribe usuly bilen san gatnaşygyny almak prosesine ölçemek diýilýär.

Ölçenilýän ululygyň ölçeg birligine gatnaşygyny aňladýan sana ölçenilýän ululygyň san bahasy diýilýär; ol bütin ýa-da drob san bolup biler, ýöne ol çykarylan sandyr. Ölçeg birligi hökmünde kabul edilen ululygyň bahasyna bu birligiň ölçegi diýilýär.

Eger  $x$ - ölçenilýän ululyk bolsa,  $u$ -ölçeg birligi we  $A$ - Kabul edilen birlikde ölçenilýän ululygyň san bahasy bolsa, onda  $x$ - ölçenilýän ululygyň netijesi aşakdaky deňlemede aňladylýar.

$$X=A*u, \quad (4)$$

(4) deňlemä ölçenilýän esasy deňleme diýilýär.

Bu deňlemeden görnüşi ýaly  $A$ - ululyk,  $u$ - ululygyň saýlanyp alynan ölçeg birliginiň ölçegine baglydyr. Saýlanyp alynan birlik näçe kiçi boldugyça, şonça-da berilen ölçenilýän ululyk üçin san bahasy uly bolýar. Islendik ölçegiň netijesi atlandyrylýan sandyr. Şoňa laýyklykda ölçegiň netijesiniň kesgitli ýazylmagy üçin ölçenilýän ululygyň san bahasynyň ýanynda kabul edilýän birligiň gysgaldylan birligi goýulýar.

$x$ - ululyk ölçenilende  $u$ - birligiň ýerine başga bir  $u$  birlik alynsa, onda (4) aňlatma aşakdaky görnişe eýe bolýar:

$$A*u = A_1U_1, \quad (5)$$

ýa-da

$$A_1 = A*u/U_1, \quad (6)$$

Bu formuladan görnüşi ýaly, “ $u$ ” birlikde aňladylan “ $A$ ” ölçeg netijesinden “ $u$ ” birlikde aňladylan “ $A_1$ ” ölçege geçmek üçin “ $A$ ”-ny kabul edilen birlikleriň gatnaşygyna köpeltmeli.

Ölçeg birligi saýlananda “amatlylyk” faktoryny hasaba almak hökmandyr. Ölçegiň netijesi mümkin boldugyça “amatly” san bilen aňladylmaly: has uly hem bolmaly däl, has kiçi hem bolmaly däl.

Eger ölçeg birligi ölçeg diýip atlandyrylýan kesgitli nusga görnüşinde berilse, onda ölçeg prosesi ölçeg birliginiň material aňlatmasy ýaly ölçenýän ululygyň ölçegi bilen gönümel deňeşdirilmesine getirilýär.

Haçan-da gönümel deňeşdirmäni amala aşyrmak mümkin bolmadyk we kyn bolan ýagdaýynda ölçenilýän ululyk käbir başga ölçenilýän ululyk bilen gönüden- gönü bagly we ölçemek üçin has amatly fiziki ululyga öwrülýär. Meselem: suwuklukly aýna termometr bilen temperaturany ölçemek şkalanyň bölünmelerinde aňladylan suwukluk sütüniniň uzynlygyny ölçemeklige syrykdyrylýar, garşylyk temometriň kömegi bilen temperaturany ölçemek elektrik garşylygyny ölçemeklige syrykdyrylýar we ş.m.

## **4.2. Ölçeşleriň görnüşleri**

Ölçeşleriň görnüşleri: Fiziki ululyklary ölçemek senagat (tehniki) we laboratoriýa ölçeşlerine bölünýär.

Senagat ölçeşleri: Takyklygy uly bolmadyk, tejribe maksatlary üçin ýeterlik bolan, hem-de gurluşy niýetlenýän ýerine görä we işiň şertini doly kanagatlandyryýan abzal bilen amala aşyrylýar.

Tejribe (laboratoriýa) ölçeşleri: Has kämil usullary we abzallary ulanylmagy netijesinde ýokary takyklygy bilen, hem-de mümkin bolan ýalňyşlygy hasaba alynmagy bilen tapawutlanýarlar. Ölçeşleriň bu görnüşini ylmy-barlag ýola goýmak we deňeşdirme işlerinde amala aşyrylýar.

Ölçenilýän ululygyň bahasyny kesgitlemek üçin göni we göni däl ölçeş almalar hyzmat edýärler.

Tejribäniň üsti bilen gönüden-göni alynýan netijeler göni ölçeşlere degişli bolýar. Bu ýerde gözlenilýän



ululygyň bahasy ölçegler bilen gönüden-göni deňeşdirmek bilen, ýa-da degişli birlikde sazlanan ölçeýji abzallaryň üsti bilen alynýar.

Göni ölçeglerde netije ölçenýän ululygyň birliginde aňladylýar. Ölçenilýän ululyk we onuň ölçeginiň netijesi ýönekeý gatnaşyk bilen aňladylýar.

$$X=z, \quad (7)$$

Göni ölçegler örän giňden ýaýran tehniki ölçegleriň görnüşlerine degişlidir. Olar metr bilen uzynlyk ölçemek, termometr bilen temperaturany ölçemek, manometr bilen-basyşy ölçemek degişlidir.

Gözlenýän ululyk bilen belli bir baglanşykda bolan birnäçe beýleki ululyklaryň ölçegleriniň esasynda alynýan netijä göni däl ölçegler diýilýär.

Gözlenilýän ululyk umumy görnüşde käbir funksional baglanşyklar boýunça kesgitlenip biler:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots), \quad (8)$$

$x_1, x_2$ , - göni ölçeg bilen alynýan ululyklaryň bahasy.

Göni däl ölçeglere gysylan gurluşda basyşyň üýtgemesi boýunça suwuklygyň, gazyň we buguň sarp edilen mukdaryny kesgitlemek we ş.m degişlidir.

Ölçeg almagyň usuly: diýip, ölçeg almagyň prinsipleriniň we serişdeleriniň toplumyna aýdylýar. Ölçeg almagyň birnäçe usullary bardyr, olardan has ýaýrany: gönüden-göni baha bermek usuly, ölçeg bilen deňeşdirme usuly we nul usuly.

Gönüden-göni baha bermek usuly: gözlenilýän ululygy ölçeýji abzalyň hasap başlangyçly gurluşy boýunça kesgitlemegi göz önünde tutýar, meselem: manometriň görkeziji peýkamynyň onuň şkalasyna görä ýagdaýy boýunça.

Ölçeg bilen deňeşdirme usuly: ölçenilýän ululygyň, berilen ululyk üçin bar bolan ölçeg bilen deňeşdirme usulyndan durýar; meselem: uzynlygy kalibrlen metr bilen ölçemek.

Nul usuly: ölçeg bilen deňeşdirmäniň bir görnüşidir. Bu ýerde biri-birine gönükdirilen iki ululygyň (ölçenilýän we döredilýän ölçeg bilen) netijeleyji täsiri nula deňlenýär. Muňa mysal edip, maddanyň massasynyň ryçag terezisinde kalibrlen ýükler bilen deň agramlaşdyrylýşyny almak bolar.

Ölçeg serişdeleri: ölçemekde ulanylýan we normirlenen metrologok häsiýetnamasy bolan tehniki serişdeleri.

## **II-nji Bölüm. Ölçeqleri ýerine ýetirýän abzallaryň işleýşi, gurluşy we häsiýetnamalary**

### **1. Temperaturany ölçemegiň usullary we temperatura şkalalar**

#### **1.1. Temperaturany ölçemegiň usullary**

Önümçilikdäki tehnologik prosesleriniň esasy parametrleriniň biri bolup temperatura hyzmat edýär. Ol käbir aýratynlyklara eýedir.

Temperatura diýilip maddanyň gyzgynlyk derejesine aýdylýar. Temperatura baradaky şu düşünje iki sany ýylylyk gatnaşygynda bolan jisimiň arasyndaky ýylylyk çalşylygy esasanýar. Ýagny ýylylygy berýän has gyzgyn jisim ýylylygy kabul edýän jisim bilen deňeşdireniňde has ýokary temperatura eýe. Ýylylyk çalşylygyň bolmadyk ýagdaýynda, ýagny ýylylyk deňagramlygynda jisimleriň temperaturasy özara deň.

Temperaturany beýleki adaty ululyklar, meselem: uzynlyk, agram, göwrüm we wagt ýaly gönüden-göni ölçäp bolmaýar. Sebäbi tebigatda onuň etalony ýa-da nusgasy ýokdur. Şonuň üçin temperaturany başga maddanyň gyzgyn jisim bilen gatnaşyp fiziki häsiýetlerini üýtgetmeginiň hasabyna ölçeyärler. Şonuň ýaly maddalar termometrik (iş) madda diýilip atlandyrylýar.

#### Temperaturany ölçemegiň usullary:

1. Göwrümleýin giňelme.

2. Çäkli göwrümde basyşyň üýtgemegi (manometrik termometrler).
3. Elektrik garşylygyň üýtgemegi.
4. Termoelektrohereketlendiriji güýjüň döremegi.
5. Şöhlelenmegiň ýygjamlygy.

Hersine aýratynlykda seredeliň:

1. Göwrümleýin giňelme jisimleriň gyzgynyň täsiri astynda öz göwrümünü üýtgetmegiň hasabyna amala aşyrylýar. Şol esasy suwuklukly, aýnaly we dilatometrik termometrler peýdalanylýar.

Suwuklukly termometrlerde aýna sütünde iş madda ýerleşdirilen. Ol iş madda gyzgynyň hasabyna aýna sütüniň içindäki derejesini üýtgetýär, ýagny giňelýär. Şu madda hökmünde simap, etil spirti we beýlekiler ulanylýar. Dilatometrik termometrlerde temperaturanyň täsiri astynda iki sany gaty jisim uzynlygyny üýtgedýär. Esasy şert gaty jisimleriň temperatura giňelme koeffisientleriň dürli bolmagydyr. Olarda gaty jisimler hökmünde alýumin, demir, inwar (64%Fe, 35% Ni), latun, nikel, magnitlenmeýän polat ( $H_{18}N_{10}T$ ), fosfor peýdalanylýar. Dilatometrik termometrler giňden peýdalanylmaýar. Olar esasan temperaturany yşarat edýän (temperaturanyň signalizatorlary) abzallarda duýgur element hökmünde peýdalanylýar.

2. Çäkli göwrümdäki maddanyň temperatura görä suwuklygyň, gazyň ýa-da bugyň basyşy bilen

arabaglanşykda bolmagynyň hasabyna temperatura ölçenilýär. Agzalan usulda  $600^{\circ}\text{C}$  çenli temperaturany ölçemek mümkinçiligi döreýär. Olar çäkli göwrümdäki maddanyň görnüşine baglylykda gazly, suwuklykly we kondensasion görnüşlere bölünýärler.

Gazly manometrik termometrler azot bilen doldurylýarlar. Suwuklykly manometrik termometrler organik suwuklyklar bilen doldurylýarlar. Kondensasion manometrik termometrler hloristyý metal, aseton we freon bilen doldurylýarlar.

3. Gyzgynlygyň hasabyna elektrik garşylygyny üýtgedýän metal geçirijileriň kömegi bilen temperatura ölçenilýär. Hemmämize fizikanyň kursundan mälim bolşy ýaly metallar gyzdyrylanda garşylyklary ýokarlanýar. Şeýlelikde, geçirijiniň garşylygynyň temperatura bolan baglanşygyny bilsek we şol garşylygy elektrik ölçegi abzal arkaly ölçesek geçirijiniň temperaturasyny bilip bolýar.
4. Eger iki dürli geçirijileriň (termoelektrodларыň) uçlaryny birikdirsek onda şol birikdirmäniň temperaturasynyň hasabyna termoelektrikhereketlendiriji güýç döreýär. Termoelektrikhereketlendiriji güýjüň temperatura göre üýtgemeginiň kanunalaýyklygyny bilip we termoelektrikhereketlendiriji güýji elektrik ölçeyji abzal bilen ölçäp temperaturany anyklap bolýar. Termoelektrikhereketlendiriji güýji ölçeyän temometrler energetiki desgalarda aşa gyzdyrylan buguň temperaturasyny, tüsse gazlaryň

temperaturasyny, gazan desganyň metallynyň temperaturasyny ölçemek üçin giňden peýdalanylýar.

5. Gyzdyrylan jisimleriň gyzgynlygyna görä söhrlenmesiniň hasabyna temperatura ölçenilýär. Ýylylyk şöhlenmesiniň hasabyna temperaturany ölçýän abzala pirometr diýilýär. Ol temperaturany 300-6000 °C aralykda ölçýär.

## 1.2. Temperatura şkalalary

### 1-nji Tablisa

#### MPTŞ-68-iň esasy reper (hemişelik) nokatlary

№	Faza deňagramlylyk ýagdaýy	Temperaturanyň bahasy	
		K	°C
1.	Deňagramly wodorodyň gaty, suwuk we bug fazalarynyň arasyndaky (deňagramly wodorodyň üçleýin nokady)	13,81	-256,34
2.	Deňagramly wodorodyň 33,330 kPa (250mm. sim. süt) basyşda suwuk we bug fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk	17,042	-256,108
3.	Deňagramly wodorodyň suwuk we bug fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (deňagramly wodorodyň gaýnama nokady)	20,28	-252,87
4.	Neonyň suwuk we bug fazalarynyň arasynda deňagramlylyk (neonyň gaýnama nokady)	27,102	-246,048
5.	Kislorodyň gaty, suwuk we bug fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (kislorodyň üçleýin nokady)	54,361	-218,789
6.	Kislorodyň suwuk we bug fazalarynyň arasynda deňagramlylyk (kislorodyň gaýnama nokady)	90,188	-182,962
7.	Suwuň gaty, suwuk we bug fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (suwuň üçleýin nokady)	273,16	0,01
8.	Suwuň suwuk we bug fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (suwuň gaýnama nokady)	373,15	100
9.	Sinkiň gaty we suwuk fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (sinkiň gaty hala geçiş nokady)	692,73	419,58
10.	Kümüşiň gaty we suwuk fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (kümüşiň gaty hala geçiş nokady)	1235,08	961,93
11.	Altynyň gaty we suwuk fazalarynyň arasyndaky deňagramlylyk (altynyň gaty hala geçiş nokady)	1337,58	1064,43

## 2. Termometrler. Manometrik termometrler

### 2.1. Temperaturanyň ölçeniş prinsipleri

**Temperatura** – jisimiň ýylylyk ýagdaýyny ýa-da başgaça aýdylanda onuň gyrgyzlyk derejesini häsiýetlendirýän ululyk. Temperaturany gös-göni ölçemek mümkin. Dürli temperaturada bolan iki jisim gatlaşsa ýokary temperaturaly jisimden pes temperaturaly jisime ýylylyk geçýär. Şeýlelikde temperaturanyň tapawudy boýunça ýylylygyň geçýän ugry kesgitlenilýär. Eger jisimleriň temperaturasy deň bolsa, onda olaryň arasynda ýylylyk çalyşmasy bolmaýar. Temperatura jisimiň molekulalarynyň ortaça tizligi bilen häsiýetlendirilýän ululykdyr. Islendik jisimiň molekulalary hemişe tertipsiz /haotik/ hereket edýärler. Temperatura jisimiň içki energiýasynyň derejesini häsiýetlendirýän ululykdyr.

Jisimiň temperaturasynyň ýokarlanmagy onuň molekulalarynyň hereketiniň tizliginiň artmagynyň, ýagny onuň içki energiýasynyň artmagynyň netijesidir. Jisimiň molekulalarynyň hereketiniň togtan ýagdaýyny häsiýetlendirýän temperatura *absolýut nol temperatura* diýilýär. Ol temperatura ýetmek mümkin däldir. Absolýut noldan başlanyp hasaplanylýan temperatura *absolýut temperatura* diýilýär we ol Kelwin şkalasy boýunça aňladylýar. Kelwiniň şkalasyndan başga-da Selsiniň şkalasy bolup, olaryň özaralarynda belli baglanyşyk bardyr. Mysal üçin, suwuň gaýnamak temperaturasy Selsiniň şkalasy boýunça 100 gradusa /°C/ deň bolsa. Kelwiniň şkalasynda 373 gradus /K/ deň bolýar.

Bu şkalalarda aňladylan temperaturalaryň tapawudy 273 deňdir. Absolýut temperatura  $T$  bilen

Selsiniň temperaturasyňyň  $t$  arasyndaky baglanyşyk aşakdaky formula bilen aňladylýar.

$$T=273 + t, \quad (9)$$

*Basyş* – gabyň içindäki gazyň molekulalarynyň onuň içki diwaryna edýän täsirini aňladýan ululyk. Basyş  $P$  üstiň bir-birlik meýdanyna  $S$  perpendikulýar düşýän  $F$  güýç bilen häsiýetlendirilýär.

$$P = \frac{F}{S}, (10)$$

Basyşyň ölçeg birligi Paskal /Pa/. Ol bir inedördül metr / $1m^2$ / meýdana bir Nýutona /  $1N$  / güýç täsir edende döreýän basyşdyr.

$$1Pa = 1 \frac{N}{m^2}, (11)$$

Paskalyň ululygy örän kiçidir. Tehnikada basyş kilopaskal / kPa /: we Megapaskal /MPa/ bilen ölçenilýär.

$$1 \text{ MPa} = 1000 \text{ kPa} = 1000000 \text{ Pa}$$

Basyş manometr abzal bilen ölçenilýär.

Basyş babatda absolýut we tapawutlanýan basyş diýen düşünje bar. *Absolýut basyş* diýip gabyň içki diwaryna gazdyr suwuklygyň hut hakyky basyşyna aýdylýar. Tapawutlanýan basyş diýip gabyň içindäki absolýut basyş bilen daşky gurşawyň ýagny atmosfera basyşynyň tapawudyna aýdylýar. Bu basyşlaryň kesgitleniş usullaryny anyklalyň. Gabyň içindäki gazyň ýa-da suwuklygyň basyşy onçakly uly bolmasa ony  $U$  görnüşli egreldilen çüýşe turbajygy bilen ölçäp bolýar. Bu ýönekeýje abzalyň iki uýy açyk bolup hiç zada birikdirilmedik ýagdaýda onuň içindäki suwuklygyň ýagny simabyň görkezýän derejesi gatnaşykly gaplaryň kanunynyň esasynda egreldilen turbajygyň iki tarapynda-



da özara deň bolar (1 çyzgy) Şeýle abzal bilen gabyň içindäki gazyň basyşyny ölçemeli bolsun.

Egreldilen turbajygyň bir ujy gaba birikdirilýär. Eger şeýle ýagdaýda (2-nji çyzgy) egri turbajygyň çep tarapynda simap sütüniniň derejesi aşak düşüp sag tarapynda ýokary galsa onda gabyň içindäki gazyň basyşy daşky gurşawyň ýagny atmosfera basyşyndan ( $P_B$ ) uludygyny aňladýar.

Eger-de egri turbajygyň çep tarapynda simap sütüniniň derejesi ýokary galyp sag tarapynda aşak düşse (3-nji çyzgy) onda gabyň içindäki gazyň basyşy daşky gurşawyňkydan ýagny atmosfera basyşyndan kiçidigini aňladýar.

Egri turbajygyň AB kese-kesigi boýunça deňagramlylyga seredeliň (2-nji çyzga seret). Turbajygyň sag tarapynda AB kese-kesiginiň meýdanyna atmosfera basyşy  $P_B$  we  $h$  beýiklikdäki simap sütüniniň basyşy täsir edýär. Turbajygyň çep tarapynda AB kese-kesiginiň meýdanyna gabyň içindäki gazyň basyşy täsir edýär. Şeýlelikde  $h$  beýiklikdäki simap sütüniniň  $P_m$  basyşy tapawutlanan basyş bolýar.

Çünki ol gabyň içindäki gazyň basyşynyň atmosferanyňkydan näçe tapawudynyň (artykmaçlygynyň) bardygyny aňladýar. Şeýlelikde egri turbajygyň AB kese-kesigi boýunça onuň sag we çep turbajyklarynda basyşlaryň deňagramlaşmagy esasynda aşakdaky deňlemäni şazyp bolar:

$$P_a = P_m + P_B, \quad (12)$$

Şeýlelikde  $P_m$  tapawutlanýan basyşy ölçeyän abzala manometr diýilýär. (12) formuladan görnüşi ýaly

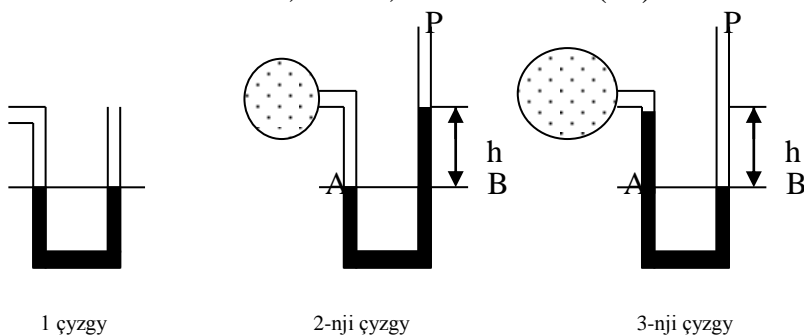
$$P_m = P_a + P_B, \quad (13)$$

ýagny ol gabyň içindäki absolýut (hakyky) basyş bilen daşky gurşawyň ýagny atmosfera  $P_B$  basyşynyň

tapawudyny ölçeýär. Şeýledigi sebäpli **manometriň ölçeýän basyşyna *manometrik* basyş diýilýär**. Atmosfera basyşyny ölçeýän abzala bolsa ***barometr*** diýilýär.

Barometriň ölçeýän basyşyna ***atmosfera*** ýa-da ***barometrik*** basyş diýilýär. Şeýlelikde (1) formuladan görnüşi ýaly gabyň içindeki gazyň absolýut basyşyny bilmek üçin manometriň görkezýän basyşyna atmosfera basyşyny goşmaly. Tehniki ölçeglerdir hasaplamalarda basyş köplenç *megapaskallarda* (MPa) aňladylýar. Şeýle hasaplamalarda atmosfera basyşyny  $P_B=0.1\text{MPa}$  diýip kabul etmek mümkin. Onda gabyň içindeki gazdyr suwuklygyň absolýut basyşy:

$$P_a=P_m+0,1 \text{ MPa}, \quad (14)$$



Ýylylyk energiýasyna degişli hasaplamalarda peýdalanylýan jedwellerde basyşyň bahasy absolýut basyşda aňladylýar. Indi gabyň içindeki gazdyr suwuklygyň basyşynyň atmosfera basyşyndan kem ýagdaýyna seredeliň (3-nji çyzgy). Bu ýagdaýda egri turbajygyň sag tarapynda simap sütüniniň derejesi aşak düşer emma çep tarapynda ýokary galar. Eger indi egri turbajygyň AB kese-kesigindäki deňagramlylyk şerte seredilse onda abzalyň sag tarapyndaky turbajygyň kese-kesigindäki meýdanyna täsir edýän atmosfera  $P_B$  basyşy

gabyň içindäki gazyňabsolýut basyşy bilen abzalyň çep tarapyndaky simap sütüniniň  $P_w$  basyşyny deňagramlaşdyrar. Bu ýagdaýda gabyň içindüki absolýut basyş atmosfera basyşyndan simap sütüniniň  $h$  beýikligindäki basyşyça az bolar. Simap sütüniniň bu basyşynyň ululygyna seýreklik ýa-da wakuum diýilýär. Egri turbajygyň AB kese-kesigi boýunça onuň sag we çep turbajyklarynda basyşlaryň deňagramlaşmagy esasynda aşakdaky deňlemäni ýazyp bolar:

$$P_a + P_w = P_B, \quad (15)$$

Şeýlelikde,  $P_w$  basyşyň ululygyny ölçeyän abzala *wakummetr* diýilýär. (15) fomuladan görnüşi ýaly, gabdaky gazyň basyşy atmosfera basyşyndan pes ýagdaýynda gazyň basyşynyň absolýut bahasyny hasaplamak üçin barometriň görkezýäninden wakummetriň görkezýänini aýyrmaly:

$$P_a = P_B - P_w, \quad (16)$$

Şu aýdylanlaryň esasynda gabyň içindäki gazyň  $P_a$  absolýut basyşyny ölçemekde manometrik we wakummetrik basyşlaryň diňe kömekçi basyş bolup hyzmat edýändigini bilmek möhümdir. Çünki berlen bir hemişelik gaz halynyda atmosfera basyşynyň bahasynyň üýtgemegine baglylykda manometrik we wakummetrik basyşlar dürli baha alyp bilerler. Howanyň üýtgemegine baglylykda atmosfera basyşynyň üýtgemeýändigini hemä mälüm bolsa gerek. Şeýlelikde, gaz halyny diňe onuň  $P_a$  absolýut basyşy häsiýetlendirýäre şol sebäpli absolýut basyş, ýokarda aýdyşymyz ýaly, gaz halynyň esasy parametrleriniň biri bolup hyzmat edýär. Kähalatda onçakly uly bolmadyk basyşy simapdyr suw ýa-da başga suwuklygyň turbajykdaky sütüniniň basyşy bilen ölçelýär. Millimetr simap ýa-da suw sütüniniň basyşy ölçege birlik

hökmünde tehnikada giňden ulanylýar. Basyş ölçeg birlikleriniň özara gatnaşyklary şeýle:

$$760 \text{ mm simap sütüni} = 10000 \text{ mm suw sütüni} = 0.1 \text{ MPa};$$

$$1 \text{ mm suw sütüni} = 9.81 \text{ N/m}^2.$$

## 2.2. Manometriki termometrler

Manometriki termometrleri temperaturany signalizasiýalandyrmak ýa-da tertibe salmak üçin goşmaça gural bilen öndürilýär. Käbir termometrleriň görnüşleri 0-5 mA üznüksiz togyň unifisirlenen çykaryş signaly bolan geçiriji özgerdiji ýa-da 0,2-1 kgs/sm<sup>2</sup> (0,02-0,1 MPa) unifisirlenen çykaryjy bolan pneumatiki geçiriji özgerdiji bilen üpjün edilýärler.

Görkeziji we özünden ýazyjy manometriki termometrleri partlamasy howply otaglaryň temperaturasyny ölçemek üçin ulanyp biliner. Bu ýagdaýda diagramma kagyzyň hereketlendirmesi (priwody) sagat mehanizmi bilen amala aşyrylýar. Eger-de bu şertlerde ikinji enjama görkezijileri distansion geçirijisi bolan termometri hökmany gerek bolsa, onda ol pneumatiki bolmalydyr. Termometriň termosistemasy sredanyň içine batyrylýan, temperaturasy ölçenýän termoballondan, kapillýardan we manometriki pružinadan ybaratdyr. Pružinanyň bir uýy gysawaja berkidilen, onuň kanaly kapillýaryň üsti bilen manometr pružinasynyň içki boşlygyny termoballon bilen birikdirýär. Pružinanyň ikinji boş uýy germetizirlenen we nogtanyň kömegi bilen şarnir usully sektor bilen birikdirilen. Bu sektro öz gezeginde dişli görnüşli halkalanmasy bilen tribka birikdirilen, onuň okuna (os) görkeziji strelka oturdylan. Geçiriji mehanizmde ara boşlugy saýlap almak üçin spiral gyly

gurnalan, onuň içki sargysynyň uýy tribkanyň okunda berkidilen. Termometriň termosistemasy, mysal üçin, käbir başlangyç basyşy bolan gazly (ýa-da suwukly işjeň maddylar (weşestwa)) bilen doldyrylandyr. Termoballon gyzanda gysylan germetizirlenen termosistemada gazyň basyşy köpeliýär, şonuň netijesinde pružina ters towlanýar (deformirlenýär) we onuň bir uýy ýerini üýtgedip dur. Pružinanyň boş uýynyň geçiriji mehanizmi (nogta, sektor we tribka) tarapyndan hereketlenmesi enjamyň şkalasynyň üýtgemegine görä özgertmegine getirýär. Temperaturanyň hasaplamasyny termometriň şkalasyndaky görkezijiniň düzgünine görä geçirilýär.

Belläp geçmeli, ýagny gazly we suwukly termometrlerden tapawutlanýan kondensat (bugsuwukly) termometrleriň termoballony kondensat (takmynan 0,7 – 0,75 göwrümine görä) bilen bölekleyin doldyrylan, kondensatyň üstündäki termoballonyň ýokarky bölümünde bu suwuklygyň goýy bugy ýerleşýär. Ondan başga-da, bu termometrleriň kapillýary termoballonyň içinde käbir çuňlukda oturdylandyr. Termoballon ýaly manometriki pružinasy we termometriň kapillýary şol bir kondensat bilen doldurylandyr. Kondensatly termometriň termosistemasynda basyşy termoballondaky bugyň basyşyna deňdir. Şonda goýy bugyň basyşy we temperaturanyň baglylygy örän kesgitli bolýandyr, kondensat üçin birmeňzeş manylydyr we bellidir, çünki ol termometriň termosistemasyna doldyrylandyr. Termometriň termoballony gyzanda, kondensatyň bugly göwrümündäki bir bölegi aýnadan bugaryp gidýär, güýçlendirme basyşyny belli bir derejä çenli üýtgedip, ýagny termoballondaky kondensatyň temperaturasyna laýyk bolmalydyr. Bu öz gezeginde termometriň termosistemasynda basyşyň ýokarlanmagyny getirýär,

onuň täsiri sebäpli pružina tovlanyp dur we onuň boş uýy geçiriji mehanizmiň kömegi bilen strelkanyň ýerini üýtgedýär. Kazan şäheriniň “Teplokontrol” zawod tarapyndan öndürilýän görkeziji manometriki termometrler manometriki pružinanyň täze kesmekli profili bilen ulanylýar. Bu profiliň ozal ulanylan süýrügilt, ýasysüýrügilt we başga profillerden aýratyn tapawutlylygy onuň orta dykyzlanan bölüminiň barlygy, onda diwarlaryň arasyndaky ara boşlugynyň ýoklygydyr. Kesmegiň seçeniyanyň, gapdaly gyrasynda iki damjagörnüşli kanal ýerleşendir, olar pružinanyň mehaniki berkligini ýokarlandyrýarlar. Belläp geçmeli, ýagny orta dykyzly bölümlü pružinanyň içki göwrüminiň we onuň ölçeginiň yranyşlary örän azdyr (minimaldyr). Şuda termometrleň temperatura ýalňyşlygyny peseldýär we onuň ähmiýetleriniň durnuklylygyny üpjün edýär. Bu pružinanyň kesmeginiň uly okyny üýtgedip, onuň başlangyç içki göwüminiň we bu göwrümi aýlanyp duran pružinanyň işjeň burçyna saplap, iň derkar (optimal) degişliligi gazanýarlar. Gazly we suwukly termometrleriniň geljekdäki temperatura ýalňyşlygynyň peselmegi, pružinanyň temperaturasynyň normal (20°C) ýagdaýyndan gysarmasy sebäpli, geçiriji mehanizmiň nogtasyna termobimetalliki kondensatoryň girizilmegi bilen gazanylýar. Termometrleriň kapillýary latundan ýada daşky diametri 2,5mm. we içki diametri 0,35mm. bolan polatdan öndürilýändir. Termometriň kapillýarynyň uzynlygy dürli (her hili) bolýandyr, ýöne ol adatça indiki hataryň: 1;1,6;2,5;4;6;10;16;25;40 we 60m. çäginde bolýandyr. Enjamyň korpusyndan (göwresinden) termoballony tarap barýan kapillýary goraýjy metalliki perdä ýerleşdirýärler, çünki ony haraplanmadan gorap saklaýar. Termoballony we onuň yzky guýrugyny

(hwoſtyk) öndürmek üçin häzirkî wagtda 1X18H9T markaly polady ulanýarlar.

Bu poladyň ulanmasy termometrleriň termoballonlary şertli basyşy  $64\text{ kgs/sm}^2$  ( $6,4\text{ MPa}$ ) çenli öndürmek üçin mümkinçilik berdi. Goraýjy gilzasy bolmadyk we diňe sredanyň şertli basyşyna, onuň temperaturasy ölçenýän, 64-den  $250\text{ kgs/sm}^2$  ( $6,4\text{--}25\text{ MPa}$ ) çenli – goraýjy gilzasy bilen.

Temperaturanyň ahyrky çäginin ähmiýetine ýetendigi baradaky signalizasiýany bermek üçin ulanylýan elektrokontaktly görkeziji manometriki termometrler öndürilýär.

Nolsyz şkalaly manometriki termometrler enjamyň şkalasynyň başlangyç belgisini tertibe salmak üçin korrektör bilen üpjün edilýär. Aýlawly pružinadan we regulirleýji aýlawdan ybarat bolan termometr korrektorydyr. Olar özünden ýazyjy manometriki termometrler.

Gysylan profili kesmegi bolan spiral manometriki pružinasy, bir uly bilen gysawaja galaýylyp goýlan, ikinji boş uýy skobanyň kömegi bilen şarnir nogta bilen birikdirilen we termobitellaki kompensator bilen üpjün edilen. Nogtanyň ikinji uýy şarnirleýin ryçag bilen birikdirilen, ol öz gezeginde ryçagynyň oky bilen baglanan. Spiral pružinasynyň içki boşlugyny birikdirýän gysawajyň kanalyňa kapillýar galaýyplanan, ol özüniň ikinji uýyny yzky guýrugyň üstünden termoballon bilen germetiki birikdirilen, sredanyň içine çümdirilen, onuň temperaturasy bolsa ölçenýändir. Diagrammaly guralyň sinhron hereketlendirijisiniň ýa-da sagat mehanizminiň kömegi bilen amala aşyrylýar. Seriyalyn öndürilýän enjamlaryň disk diagrammasy bir gündelik aýlanmasyna çaklanan. Iki termosistemaly özünden ýazyjy termometr

iki sredanyň temperaturasyny diagramma kagyzynda birden ýazgy geçirmäge mümkinçilik berýär. Bu görnüşdäki özünden ýazyjy termometrler, termoballonlardan birini çyglandyrmak üçin gural (esbap) bilen üpjündirilendir, hem-de temperaturany we sredanyň gaz çyglylygyny birden ölçemek üçin niýetlenen psihometrler hökmünde ulanyp bilner.

Manometrike kondensatly we suwukly termometrler ulanylanda hökmany göz önünde tutmaly, ýagny termoballonyň beýiklik ýagdaýy manometriki pružinasyna görä üýtgemesi termometriň görkezmesiniň üýtgemegini getirip biler.

### **2.3. Gaz termometrleri**

Manometriki gaz termometrleri temperaturany – 150-den +600°C çenli ölçemäge ýardam berýär. Gaz termometrlerinde işjeň maddy hökmünde azot ulanylýar. Termometriň ähli termosistemasynyň azot bilen doldurylmagynyň öňi syrasynda (öň ýanynda) termosistema we gaz gowy guradylmalydyr.

Bu termometrleriň baglaýjy kapillýarynyň uzynlygy 0,6-60m.

Gazyň hemişelik göwrümünde onuň basyşynyň temperaturadan baglylygy  $P_t = P_0(1 + \beta t)$  aňlatma bilen kesgitlenýär, onda  $P_0$  – 0°C temperaturadaky gazyň basyşy;  $\beta$  – gaz basyşynyň termiki koeffisienti;  $K^{-1}$  [iň gowy gaz üçin  $\beta = 1/T_0 = 0,003661 K^{-1}$ , azot üçin bolsa  $\beta = (0,003661 - 0,000013 P_0) K^{-1}$ ].



Termometriň termoballonyndaky  $t_H$ -dan  $t_K$  çenli gazyň temperaturasynyň üýtgemeginde

$$P_K = \frac{P_H(1 + \beta t_K)}{1 + \beta t_H}, \quad (17)$$

aňlatma laýyklykda gazyň basyşy hem üýtgändir, onda  $P_H$  we  $P_K$  – termometriň şkalasynyň başy  $t_H$  we soňy  $t_K$  laýyk bolan temperaturasyndaky gazyň basyşy.

(17) deňlemäniň sag tarapyna  $P_H \beta t_H$  ähmiýetini aýryp we goşup kyn bolmadyk özgertmelerden soňra

$$\Delta p = p_K - p_H = \frac{P_H \beta (t_K - t_H)}{1 + \beta t_H}, \quad (18)$$

alýarys.

Şu aňlatmadan mälim bolýar, ýgny gaz termometriň termosistemasyndaky  $\Delta p$  basyşyň işleýiş razmeri enjamyň ( $t_K - t_H$ ) ölçeg diapazonynyň we  $p_H$  başlangyç basyşynyň ähmiýetine gönüden deň ölçeglidir(proporsionaldyr). Belläp geçmeli, ýagny termometriň termoballonyň temperaturasynyň ýokary galmagynda, termosistemanyň göwrümi manometriki pružinanyň içki boşlugynyň göwrüminiň köpelmegi we termoballonyň giňelmegi esasynda we onuň hasabyna görä köpelyändir. Gazyň temperaturasynyň we şol bilelikde onuň basyşyň köpelmeginde gazyň termoballondan kapillýaryň we manometriki pružinanyň içine bölekleýin akyp geçişi bolýar. Gazyň temperaturasy peselende, termoballonyň içinde garşy hereket prosesi geçýändir. Şu sebäpli, gaz termometri bilen temperatura ölçenen mahaly termosistemadaky gazyň möçberi saklanylmaýar.

Şonuň üçin, termosistemadaky gazyň basyşynyň we onuň arasyndaky temperaturasynyň arasyndaky baglylygy çyzyklydan az-kem gyşarýar we temperaturasy  $t_K$  bolan ýagdaýynda termosistemadaky gazyň hakyky basyşy (17)

formulasyna görä sanaldylandan az bolar. Emma  $p$  we  $t$  arasyndaky baglylygyň çyzykdan gyşarmasy düýpli rol oýnamaýar we gaz termometriň şkalasy amatlylygyna deň ölçegli bolýar.

$\Delta p$  (18) işjeň basyşyny köpeltmek üçin gaz termometriniň termosistemasyny temperaturanyň ölçeg diapazonyndan baglylykdaky  $p_H$  käbir başlangyç basyşy bolan oňat bilen doldurýarlar  $[0-100^\circ\text{C}$  ölçeg diapazonynda başlangyç basyşy  $P_H \approx 38\text{kgs/sm}^2(3,8\text{MPa})$ ,  $0-600^\circ\text{C}$  ölçeg diapazonynda bolsa  $P_H \approx 15\text{kgs/sm}^2(1,5\text{MPa})$ ]. Şonuň üçin gaz termometriniň görkezmelerinden atmosfera basyşynyň üýtgäp durmasy duýulmaýar. Gaz termometriniň görkezmeleriniň üýtgäp durmasyny azaltmak üçin  $20^\circ\text{C}$ -dan daşky howanyň temperaturasynyň gyşarmasy sebäpli geçiriji mehanizmiň çekiş güýjine (týagasyna) termobimetalliki kompensatory gurnaýarlar, hem-de termoballonyň göwrümine kapillýaryň we pružinanyň içki möçberiniň aragatnaşygyny azaltmaga ymtylýarlar. Bu bolsa möçberi köpeldip gazanylýar, hat-da termoballonyň razmerlerinem hem. Mysal üçin, kapillýaryň 1,6-dan 2,5m çenli uzynlygynda termometriň termoballonyň korpusynyň (daşynyň) uzynlygy 125mm deňlikde ýerine ýetirilýär, kapillýaryň uzynlygynda bolsa 40m-500mm çenli. Termoballonyň uly razmeri sebäpli, gaz termometrleri hemme ýerde ulanylyp bilinmeýär.

## **2.4. Kondensatorly termometrler**

Manometriki kondensatly termometrler  $-50$ -den  $300^\circ\text{C}$  çenli ölçeg çäklerinde öndürilýär (çykarylýar). Kondensat hökmünde -  $25$  -den  $80^\circ\text{C}$  çenli freon-22 ( $\text{CHF}_2\text{Cl}$ ),  $-50$ -den  $60^\circ\text{C}$  çenli propilen ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ),  $0$ -dan

125°C çenli hlormetili ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ), 100-den 200°C çenli aseton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), 160-dan 300 °C çenli etilbenzol ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ) we ş.m. Belläp geçmeli, temperaturadan goýylyan bugyň basyşyň bir manyly baglylygy howply (kritiki) diýip atlandyrylýan temperaturasyňa çenlidir. Şonuň netijesinde manometriki kondensatly termometriň şkalasynyň ýokary çäki şu işleýiş kondensatyň  $t_{kp}$  howply (kritiki) temperaturasyndan pes bolmalydyr. Bu ýagdaýda termometriň termosistemasyndaky işleýiş basyşy saýlanylan kondensat üçin  $p_{kp}$  kritiki basyşyndan ýokary bolmaz. Saýlanan işjeň kondensat üçin kondensatly termometriň termosistemasyndaky başlangyç basyşy şkalanyň başlangyç belgisiniň temperaturasyndan kesgitlenýär we şu temperaturadaky goýy bugyň basyşyna deňdir. Mysal üçin, hlormetili (gaýnama temperaturasy – 24°C,  $t_{kp}=143,8$  °C,  $p_{kp}=65,8\text{kgs/sm}^2$ ) diapazon ölçegi 0-120 °C bolan termometri üçin işjeň kondensat hökmünde ulanylanda başlangyç basyşy takmynan  $2,6\text{kgs/sm}^2$  (0,26MPa) deňdir, 120°C gradusdaky basyşyň artmasy bolsa  $43,7\text{kgs/sm}^2$  (4,37MPa) deňdir. 20-den 120°C çenli ölçeg diapazonyndaky başlangyç basyşy takmynan  $4,9\text{kgs/sm}^2$  (0,49MPa) deňdir, 120°C gradusdaky temperaturada basyşyň artmasy  $41,5\text{kgs/sm}^2$  (4,15MPa) deňdir. Kondensatly termometrleriniň termoballonynyň gaz termometrleri bilen deňäniňde uly bolmadyk razmeri bar (uzynlygy 78, diametri 16mm). Birikdiriji kapillýaryň uzynlygy 0,6-dan 25m çenli kondensatly termometrleriniň häsiýtlendiriji aýratynlygy şkalanyň ep-esli birsydyrgynsyzlygynyň barlygydyr.

Statistiki häsiýetlendirmesiniň menearizasiýasy üçin we, ylaýta-da, birsydyrgyn şkalany almak üçin käbir görnüşdäki manometriki kondensatly termometrler (mysal üçin TIII2-1) ýörite goşmaça gural bilen üpjün edilýär.

Goşmaça guralyň diregleri manometriki pružinanyň daşky tarapyna şeýle getirilýär, ýagny onuň towy açylanda, pružinanyň berkidilen ujynyň ýanynda ýerleşýän diregden başlap, olaryň üstüne yzygiderli örtýär. Şonda pružinanyň uzynlygynyň uly bölegi kem-kemden işden çykýar, bilelikde bolsa çyzyksyzlyk girizilýär, ol hem temperaturadan termosistemadaky goýy bugyň basyşynyň çyzyksyz üýtgemesine garşylyklydyr. Bu-da kondensatly termometriň deň ölçegli şkalasynyçykarmagy üpjün edýär. Kondensatly termometrleriniň başga-da häsiýetlendiriji aýratynlygy hem, şu kondensat üçin termosistemadaky işjeň basyşy diňe ölçeg diapozonyna we şu kondensatyň goýy bugynyň basyşynyň temperaturadan üýtgemegine baglydyr. Termometriň başga-da parametrleri onuň termosistemasyndaky işleýiş basyşlaryna täsirini ýetirmeýär. Şonuň üçin, daşky howanyň temperaturasynyň 20°C gradusdan gyşarmasy sebäpli termometriň görkezmesiniň üýtgemegi esasan ulanylýan manometriki pružinanyň materialynyň maýyşgaklygynyň modulynyň üýtgemegi we enjamyň görkezijisiniň durnuksyz çaklamasy täsiri sebäpli şertlendirilýär. Kondensatly termometrleriň görkezmeleri termoballonyň enjamyň korpusyna görä ýerleşmesiniň beýikliginden (beýik ýa-da pes) hem-de atmosfera basyşynyň üýtgemeginden baglydyr. Enjamyň korpusyna görä kondensatly termometriň görkezmesine baglylygy termoballonyň ýerleşmesi beýikligine şu ýagdaýda bolup biler, haçanda manometriki pružinadaky we kapillýardaky ölçegleriň netijesinde işleýiş maddasy suwuk fazada bolýandyr. Bu şu ýagdaýlarda bolup geçýär, haçan-da çülsdürilgi sredanyň temperaturasy termoballon enjamyň korpusyny we kapillýary gurşap alan howanyň temperaturasyndan ýokary halatynda. Eger-de bu

ýagdaýda termoballon enjamyň korpusyndan ýokarda ýerleşdirilse, onda termometriň görkezijileri hetden aşa galdyrylan bolar, eger-de aşakda bolsa – peseldilen. Şonda şkalanyň basyşyndaky termometr görkezmeleriniň ýalňyşlygy şkalanyň soňyndakydan köp bolar, sebäbi soňky ýagdaýda kapillýardaky işleýiş suwuklyk stolbynyň basyşy termosistemadaky umumy basyşyň sähelçe paýy bolar. Mysal üçin, 0-dan 120 °C gradusa çenli termometr üçin metil bilen doldurylan termosistemasy hlorly termoballon enjamyň korpusyndan 10m beýiklikde ýerleşen halatynda 40°C gradusdaky ýalňyşlyk +3,9 °C deňdir, 110 °C gradusda bolsa +1,3 °C deňdir. Atmosfera basyşy üýtgän ýagdaýynda termometriň manometriki pružinasyny agramlaýar ýa-da ýeňledýär, onuň towlanylmagyny ýa-da gönelmegini getirýär, bu-da termometriň görkezmeleriniň üýtgemegini şertlendirýär. Eger-de atmosfera basyşynyň ýokarlanmagy ýa-da peselmegi termosistemadaky basyş bilen deňäniinde az ähmiýetli bolsa, onda onuň täsiri bilen hasaplaşmasa-da bolar. Mysal üçin, hlor metil bilen doldurylan termometr tarapyndan 60-dan 120°C gradusa çenli temperatura üýtgäniinde, ±5% atmosfera basyşynyň üýtgemeginiň hasabyndaky normal kemçiligi bilen hasaplaşmasada bolar, sebäbi bu kemçilik 60 °C gradusda 0,1 °C töweregi bolýar, 110 °C gradusda bolsa 0,04 °C gradus töweregi.

## **2.5. Suwuklyk termometrleri**

Suwuklyk manometriki termometrleriň termosistemasyňy doldurmak üçin propil alkogoly, metansiloly, silikon suwuklygy we ş.m. ulanýarlar. Suwuklyk termometrleri üçin birikdiriji kapillýaryň uzynlygy 0,6-10m. Suwuklyk termometrleri

temperaturany  $-150$ -den  $+300$  °C çenli ölçemäge mümkinçilik berýär. Olar görkezilen interwalda (aralykda) temperaturany ölçemek üçin dürli diapozonlarda öndürilýär. Suwuklyk termometrleriniň şkalasy praktiki deňölçeqli bolýar. Suwuklyk termometrleri gazlydan we kondensatlydan düýpli tapawutlanýarlar, çünki doldyryjy hökmünde ulanylýan suwuklyklar praktiki taýdan gysylmaýarlar. Bu görnüşdäki termometrlerde şu işleýiş suwuklyk üçin termoballonyň göwrümi enjamyň ölçeğ diapozony bilen tassykklanmalydyr, manometriki pružinasynyň boş ujynyň işleýiş herketinde içki boşlugynyň göwrüminiň üýtgemegi, şonuň bilen bilelikde termosistemadaky basyşy hem üýtgeýär. Termoballonyň  $t_H$ -dan  $t_K$  çenli gyzmasynda suwuklyk giňemeyär, termoballon bolsa öz göwrümini köpeldýär. Şonuň netijesinde termoballonyň gyzmagynda onuň içinden göwrümi

$$\Delta V = V(\beta - 3\alpha)(t_K - t_H), \quad (19)$$

bolan işleýiş suwuklygy çykarylar. Şonda  $V$  – termoballonyň içki göwrümi,  $m^3$ ;  $\beta$  – suwuklyk giňelmesiniň göwrüminiň koeffisienti;  $K^{-1}$ ,  $\alpha$  – termoballon materialynyň çyzykly giňelmesiniň koeffisienti,  $K^{-1}$  termoballondan çykarylan.  $\Delta V$  suwuklyk göwrümi  $t_K$  –dan daşky howanyň temperaturasyna çenli sowamagyň netijesinde  $t_B \Delta V_b$  ähmiýetine çenli kiçelýär. Şunlukda şonça-da manometriki pružinasy öz göwrüminiň  $\Delta V_n$  içki boşlugyny köpelder. Bu ýagdaýda

$$\Delta V_n = \Delta V_b = \frac{V(\beta - 3\alpha)(t_K - t_H)}{1 + \beta(t_K - t_B)}, \quad (20)$$

degişligi bar bolýar.

Aňlatmadan görünýär, ýagny suwuklyk termometriniň ölçeg diapozony has köpelende, indiki deň şertlerde termoballonyň içki göwrümi az bolmalydyr. Mysal üçin, suwuklyk termometrleri üçin 40-80 °C ölçeg diapozonynda termoballonyň korpusynyň uzynlygy  $\alpha_{д.т.}=18\text{mm}$ . Bu hem-de başga ýagdaýynda termoballonyň diametri  $d_i=12\text{mm}$ . Suwuklyk termometrlerindäki termosistemasynda işleýiş basyşy kondensatlydan we gazlydan tapawutlylykda  $t_H$ ,  $t_K$  we başlangyç basyş bilen pugta baglylyk bilen bagly dälendir.

Suwuklyk termometrleri üçin  $\Delta V_n$  kesgitleýji manysy bardyr, sebäbi berk manometriki pružinalarda.

$\Delta V_n$  gerekli manysy dürli basyşlarda alnyp biliner. Pružinanyň näçe-de berkemegi köp bolsa,  $\Delta V_n$  gerekli manyny almak üçin işleýiş basyşy-da köp bolmalydyr. Atmosfera basyşynyň üýtgemegi suwuklyk termometrleriniň görkezmelerine praktiki täsiri ýok. Suwuklyk termometrleriniň goşmaça temperatura ýalňyşlygyny azaltmak üçin täze kesme profilli manometriki pružinalary we termometalliki kompensatory ulanylýar.

## **2.6. Manometriki termometrleriň esasy metrologiki häsiýetlendirmeleri**

Manometriki termometrleri daşky howanyň 5-den 50 °C gradusa çenli we 80% barasyndaky çyglylykdaky temperaturasynda işlemäge kesgitlenendir. 8624-71 GOSTa laýyklykda indiki klasly takyklykda termometrler öndürilýändir: 1,0; 1,5; 2,5 we 4. Kondensatly termometrleriň takyk klasy soňky üçden ikinji temperatura şkalasy üçin gurnalýar; şkalanyň üçden birinji takyk klasy indiki takyk klasýndan pes bolmaly dälendir. Manometriki

termometrleriň görkezmeleriň üýtgemesi daşky howanyň temperaturasynyň  $20^{\circ}\text{C}$  gradusdan gyşarmasy täsirinde gelişi, 5-den  $50^{\circ}\text{C}$  gradusa çenli aralykda islendik manyda  $\delta t = \pm(\chi + \omega_T \Delta t)$  hasaplanan formula görä manysyndan geçmeli dälär, (3-2-7), şonda  $\delta t$  – ölçeg diapozonynyň % görkezilen termometr görkezmesiniň üýtgemesi;  $\chi$  – ýalňyşlygyň esasy goýberilýän çägene deň ýartysy bolan termometr görkezmesiniň durnuksyzlygynyň ygtyýarly manysy, %;  $\omega_T$  - % göterimden  $^{\circ}\text{C}$  gradusa çenli termometriň temperatura koeffisienti (gazlylar üçin 0,05; kondensatlylar üçin 0,04; suwuklylar üçin 0,075 we 0,035 ýörite doldyryjyly enjamlar üçin);  $\Delta t$  -  $20^{\circ}\text{C}$  gradusdan daşky howa temperaturasynyň gyşarmasynyň absolýut manysy.

### **3. Potensiometrler**

#### **3.1. Temperaturalaryň ölçemesiniň termoelektriki usuly**

##### **3.1.1. Umumy maglumatlar**

Temperaturalaryň ölçemesiniň termoelektriki usuly termoelektriki termoelektrohereketlendiriji güýjiniň (termo – e.h.g.) temperaturadan berk baglylygyna esaslandyrylandyr. Termoelektriki termometrler ylmy we tehnikanyň dürli pudaklarynda  $2500^{\circ}\text{C}$  çenli temperaturalaryň ölçemesini geçirmek üçin giňden ulanylýar. Olar  $-200^{\circ}\text{C}$  temperaturasyny ölçemek üçin ulanyp bilner, ýöne pes temperaturaly pudaklarda termometrleriň ýaýramasy garşylyk termometrlerinden az



boldy. Ýokary temperaturaly pudagynda (1300-1600°C ýokarda) termoelektriki termometrler gysga wagtlaýyn ölçegler üçin esasan usulda ulanylýar; ýokary temperaturalaryň uzaklaýyn ölçemesi üçin olar diňe aýratyn ügdaýlarda ulanylýandyr. Göz önünde tutmalydyr, çünki temperaturanyň artmasy bilen sredanyň aggressiw häsiýetiniň täsiri ulanylýandyr we termoelektriki termometrleriniň iş dowamlylygy tizden peselýändir. Ynamdarly ýokary temperaturaly termoelektriki termometrleri uzaklaýyn ullanyňp öndürilmesi üçin häzirki wagtda bizde hem we daşary ýurtlarda uly üns berilýändir. Termoelektriki termometrleriň gymmatlyklarynyň sanyna ýeterlikli ýokary derejeli takyklygyny, bir ölçeg enjamyna aýryp utgaryjynyň (pereklýuçateliň) üsti bilen birnäçe termoelektriki termometrleri birikdirme usuly arkaly temperatura gözegçiligini merkezleşdirmek mümkinçiligini, özünden ýazyjy enjamynyň kömegi bilen ölçenýän temperaturasynyň awtomatiki ýazgysy mümkinçiligini, ölçeg enjamynyň we termoelektriki termometriniň aýratyn graduirlenmesi mümkinçiligini görkezip bolar.

### **3.1.2. Termoelektriki termometrleriniň teoriýasynyň esaslary**

Termoelektriki termometrleriniň kömegi bilen temperaturalaryň ölçemesiniň esasynda Zeýebek tarapyndan 1821-nji ýylda açylan termoelektriki hadysalar goýulandyr. Temperatura ölçemesine bu hadysalaryň ulanmasy dürli kysymly geçirijilerden we temperaturalaryň birleşýän ýerinden zynjyrdan ornaşýan termoelektroheraketlendiriji güýjüne bolan belli bir baglylykdan kesgitlenendir. Eger-de A we B 2 sany dürli

termoelektriki geçirijleriniň uzynlygyna görä birkysymly düzülen zynjyry alsak, onda 1 sep ýyladylanda (gyzdyrylanda) zynjyrdaky elektriki tok peýda bolýar, ol hem has ýyladylan sepden 1 B plastinadan A mise çenli gönükdirilendir, sowuk sepde 2 bolsa – misden platina çenli. Sep 2 ýyladylanda tok yzlygyna gaýdýar. Şular ýaly toklary termoelektriki diüip atlandyrylýarlar. Deň bolmadyk temperaturalaryň 1 we 2 birikme ýerlerinden sebäp bolan elektrohereketlendiriji güýji termoelektrohereketlendiriji güýç diýip atlandyrylýar, ony döredýän özgerdiji bolsa – ilkinji termoelektriki özgerdiji ýa-da termometr (termobug ulanylan ady) diýip atlandyrylýar. Termoelektriki – hereketlendiriji güýjiniň döreýiş mehmehanizmini düşündirmek üçin, metallardaky boş elektronlaryň barlygy baradaky göz ýetirmeden esasanan elektron teoriýasyny ulanallyň. Dürli metallarda boş elektronlaryň dykzlygy (göwrüm birligindäki elektronlaryň sany) deň däl. Şonuň netijesinde 2 sany dürli kysymly metallaryň galtaşýan ýerlerinde, mysal üçin, 1-nji sepde, elektronlar köp mukdarda boş elektronlaryň pes dykzlygy bilen A metaldan B metala diffundirläp (aralaşyp) durar, B metaldan A metala yzlyklaýyn tersine gaýtmasyndan. Şu birikme ýerinde döreýän elektrik meýdany bu aralaşma päsgelçilik berip durar, we haçan-da elektronlaryň aralaşma (diffuzion) geçişiniň tizligi kesgitlenip bellenen meýdanyň täsirindäki olaryň yzlyklaýyn geçişiniň tizligine deň bolanda, deňagramly çakganlyk ýagdaýy geler. Şunuň ýaly ýagdaýda A we B metallaryň arasynda potenciallaryň käbir kontaktly tapawudy döreýär. Boş elektronlaryň dykzlygy A we B metallaryň birikme ýeriniň temperaturasyndan hem bagly bolansoň, bu geçirijileriň galtaşýan ýerinde islendik temperaturalarda kontaktly termohereketlendiriji güýç

diýip atlandyrylýar. Onuň manysy we belgisi A we B metallarynyň dogabitdiligidinden we olaryň galtaşýan ýeriniň  $t$  temperaturasyndan bagly bolan elektrohereketlendiriji güýç emele gelýär.

Ýokarda agzalyp geçilen, iki sany dürli kysymly A we B geçirijilerinden (mysal üçin, misden we platinadan)  $t > t_0$  bolanda, tutuk zynjyrdaky termotok emele gelýär. 2-nji sepdäki bu togyň ugry geçirijiniň öz belgisini hem, we termohereketlendiriji güýjiniň belgisini kesgitleýär. Sepden  $t_0 < t$  gelýän togyň temperaturasy bolan şol termoelektrody položitel (oňaly) diýip atlandyryýarlar, oňaysyz (otrisatel) diýip şol sepdäki baryan togy. Seredilýän zynjyrdaky 2-nji sepde tok A-dan B çenli (misden platina tarap) gönükdirilendir, şonda termoelektrod A – termopoložiteldir (oňaly), B bolsa – termootrisateldir (oňaysyz). Kontaktly  $I_{AB}$  termoelektrohereketlendiriji güýjiniň simwolynyň indeksinde AB termoelektrodlaryň tertip ýazylyşy 2-nji sepdäki togyň gönükdirmesine görkezip dur we şonuň üçin termoelektrod, indeksde birinji bolup ýazylan – položitel (oňaly), ikinji bolup – otrisatel (oňaysyz). 1-nji we 2-nji seplerdäki temperatura üýtgäginde ( $t > t_0$ ), şu zynjyrdaky seplerde termotogyň gönükdirmesi üýtgeýändir, ýöne A termoelektrotogyň belgisi öňküsine galýar, sebäbi 1-nji sepdäki tok, öňküsi ýaly, A-dan B çenli gönükdirilendir. Woltyň kanuny esasynda, iki sany dürli kysymly A we B geçirijilerden ybarat bolan, haçanda olaryň birikmesi ýerleriniň tempraturalary deň bolanda ( $t_0 = t$ ) we özge elektrohereketlendiriji güýçler bolmadyk ýagdaýynda, tutukly zynjyrdaky termotok emele gelmeýär. Şonuň netijesinde hökmany göz önünde tutmaly, ýagny şunda emele gelýän kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýçler 1-nji we 2-nji birikme ýerlerinde öz aralarynda

deňdir, ýöne belgisi boýunça dürlidir we şonuň üçin zynjyryň E summar (umumy) termohereketlendiriji güýji nola deňdir:

$$E_{AB}(t,t) = I_{AB}(t) + I_{BA}(t) = 0, \quad (21)$$

ýa-da

$$E_{AB}(t,t) = I_{AB}(t) - I_{BA}(t) = 0, \quad (22)$$

Üç sany dürli kysymly birmeňzeş A, B we C geçirijili zynjyr üçin hem-de olaryň birikme ýerleriniň şol bir t temperaturasy bolanda şular bolar:

$$L_{AB}(t) + eBC(t) + eCA(t) = 0, \quad (23)$$

onda olaryň birikmesi ýerleriniň şol bir temperaturasyndaky üç sany dürli kysymly birmeňzeş geçirijili tutuk zynjyrdaky kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýjiniň jemi (summasy) nola deňdir.

Şundan hem gelip çykýar, ýagny

$$L_{AB}(t) = I_{AC}(t) + I_{CB}(t), \quad (24)$$

onda eger-de iki geçirijiniň üçünjä deňliligiň kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýji belli (anyk) bolsa, şonuň bilen hem ilkinji ikisiniň kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýji kesgitlenýändir.

Woltyň kanuny islendik sandan bolan dürli kysymly birmeňzeş A,B,C, . . . , M,N geçirijilere ýaýratmak bolar. Şonda olaryň birikmesi ýerleriniň t temperaturasynyň deňliginde kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýjüniň jemi (summasy) nola deň bolar:

$$I_{AB}(t) + I_{BC}(t) + \dots + I_{MN}(t) = 0, \quad (25)$$

Belläp geçmeli, ýagny bu kanun ikinji termodinamiki kanunyň göni netijesi bolup durýar, eger-de kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýjiniň jemi

(summasy) şular ýaly meňsez zynjyryň nola deň bolmagynda, onda zynjyrdaky termotok bolardy. Eger-de zynjyrdaky termotok bolsady, onda zynjyryň bir bölegi gyzardy, başgasy bolsa – sowardy. Bu-da ýylylygyň bir ýana sowmasyny we getirmesini işi harçlaman amala aşyrylýandygyny subut ederdi. Bu termodinamikanyň ikinji kanunyna gabat gelmeýär we şu netijä getirýär, ýagny bular ýaly zynjyrdaky kontaktly termoelektrohereketlendiriji güýjiniň jemi (summasy) nola deňdir. Tutuk termoelektriki birmeňzeş geçirijiniň bütin uzynlygynda razmerine we formasyna garaman, onuň bölekleriniň deň bolmadyk ýagdaýynda gyzanda termotok döremeýär. Ýöne şundan onuň içinde termoelektrohereketlendiriji güýjiniň bolmaýandygy subut edilmeyär. Bu güýçleriň döreýşi baradaky umumy düşünje esasynda bir meňzeş geçirijiniň iki sany keseleýin kesmeklerinde dürli potensiallaryň tapawudynyň ýäze çykmagyny getirip bolar, haçan-da bu kesmekleriň temperaturasy  $dt$  tapawutlandyrylýar. (21) deňlemäni hasaba alanymyzda  $de = d\varphi(t)$  tassyklaýarys; bundan deň gyzdyrylanmadyk tutukly birmeňzeş geçirijisi üçin  $e = \int de = \int d\varphi(t)$  netijäni çykarýarys, sebäbi utgaşma ýerleriň deň  $t$  temperaturasy bar.

Tutuk bolmadyk birmeňzeş geçirijide, eger ol deň bolmadyk ýagdaýynda gyzdyrylan bolsa, onuň uçlarynda  $\Delta e$  potensiallaryň dürliligi döräp biler:

$$\Delta e = \int de = \int_{t_1}^{t_2} d\varphi(dt) = \varphi(t_2) - \varphi(t_1), \quad (26)$$

Ol hem öz gezeginde geçirijiniň uçlarynyň temperaturalaryndan baglydyr we onuň uzynlygyna görä temperaturanyň paýlanmasýndan bagly dälendir.

Ýokarda agzalanlar şu netijä getirýär, ýagny termoelektiki zynjyrdä döreýän termoelektrohereketlendiriji güýç diňe A we B bar uzynlykdaky birmeňzeş dürli kysymly termoelektriki geçirijileriniň birikmesi ýerleriniň temperaturasyna hem-de olaryň dogabitdiligine (priodasyna) baglydyr we onuň her bir aýratyn termoelektriki birmeňzeş geçirijisiniň temperaturasynyň paýlanmasyna bagly däl. Ýöne praktikada bütün uzynlygyndaky birmeňzeş termoelektriki geçirijilerini, aýratyn-da poslaýan (neblagorodnyý) metallaryň erginlerinden almak aňsat bolmaýar. Hökmany göz önünde tutmalydyr, ýagny himiki birmeňzeş geçirijisi parazitli termoelektrohereketlendiriji güýçleriň çeşmesi bolýandyр, haçan-da onuň bölekleri bir-birinden fiziki ýagdaýynda aşratapawutlanan mahaly. Mysal üçin, termoelektriki termometriň termoelektrohereketlendiriji güýji üýtgäp bilýändir, eger termoelektrodlar magnit meýdanynyň täsirine ýa-da mehaniki täsir etmelerine ugranlarynda (gysyş, süýnme, tovlanma). Şulara-da üns bermelidir, ýagny gowşadylan ýagdaýyndaky metallar termoelektrohereketlendiriji güýjiniň özge ähmiýetine eýedir, gyзdyрlan ýagdaýyndakydan. Bu-da aýratyn hem erginlerde ýüze çykýandyр. Termoelektrodlaryň ýerli hapalanmasy onuň termoelektriki häsiýetlerini üýtgedip biler. Eger termoelektriki termometr käbir dürli görnüşli termoelektriki häsiýeti bolan elektrodlardan ýasalan bolsa, endigansyz temperatura meýdanly sredanyň içine çümdirilende, onda döreýän parazitli termoelektrohereketlendiriji güýçler onuň umumy (summar) termoelektrohereketlendiriji güýjini şonça köp üýtgeder, olaryň endigansyz derejeleri näçe köp bolanda. Parazitli termoelektrohereketlendiriji güýjiniň manysy sreda meýdanynyň endigansyz temperaturasynyň

derejesinden hem baglydyr. Ýokarda beýan edilenlerden biz termoelektriki termometriniň deňlemesini ýazyp bileris, umumy görnüşinde umumy termoelektroheraketlendiriji güýjiniň baglylygyny aňladýan, iki sany A we B dürli kysymly termoelektrodlaryň zynjyrynda, we olaryň birikme ýerleriniň temperaturasyndan ybarat bolan:

$$E_{AB}(t, t_0) = I_{AB}(t) + I_{BA}(t_0), \quad (27)$$

ýa-da

$$E_{AB}(t, t_0) = I_{AB}(t) - I_{AB}(t_0), \quad (28)$$

çünki (zynjyrlary 2 sany dürli kysymly geçirijilerden bolan) termoelektriki termometriň termoelektroheraketlendiriji güýji, birikme ýerleriniň dürli temperaturasy bolan, kontaktly termoelektroheraketlendiriji güýjiniň dürliligine deňdir.

(21) deňlemesini nazarda tutanymyza, (28) deňlemesini indiki görnüşde göz önümize getireliň:

$$E_{AB}(t, t_0) = \varphi(t) - \varphi(t_0), \quad (29)$$

$E_{AB}(t, t_0)$ -nyň  $t$  we  $t_0$  temperaturalaryndan funksional baglylygynyň görnüşi  $e=\varphi(t)$  funksiýasynyň görnüşi boýunça kesgitlenilýär. Ýöne biziň bilimlerimizimiz şu günki derejesinde bu funksiýanyň görnüşini teoretiki kesgitlemek mümkinçiligi ýokdur, we ony tejribe synanyşyk ýoly bilen kesgitleýärler. Termoelektriki termometr bilen temperatura ölçelende  $t_0$ -ny üýtgemeýän ýagdaýda saklaýarlar,  $t$  bolsa bu ýagdaýda üýtgeýän temperatura bolýandyr. (29) deňlemesinde  $t_0=\text{const}$  çaklap we  $\varphi(t_0)=c$  bellemesini girizip,

$$E_{AB}(t, t_0) \quad t_0=\text{const}=\varphi(t)-c=f(t), \quad (30)$$

baglylyga gelýäris.

Eger-de (30) deňlemesi bilen aňladylan baglylyk gyşyk çyzykdan ýa-da tablisadan belli bolsa, eksperimentiň esasynda düzülen, çünki termoelektriki

termometri graduirlenmesi arkaly, mysal üçin, nusgalyk termometri bilen deňeşdirme usuly arkaly geçirilende, näbelli  $t$  temperaturasyň ölçegi  $E_{AB}(t, t_0)$  ölçemegine barabar bolýar. Şunda çaklanylýar, ýagny  $t_0$  temperaturasy üýtgemän galýandyr, sebäbi bu temperaturanyň hemişeliligi bozulanda termoelektriki termometriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň üýtgemeginiň üstünden eltýär. Adatça termoelektriki ilkinji özgerdijileriniň ýa-da termometrleriniň graduirlenmesini  $t_0=0^\circ\text{C}$  geçirýärler. Graduirlenme tablisalary ulanylanda termoelektrohereketlendiriji güýjiniň tablisalaýyn ähmiýetleriniň arasynda (adatça çyzyklaýyn) genterpolirowaniýe geçirilýändir. Eger-de tablisa nokatlary örän selçen bolsa, şonda çyzyklaýyn interpolýasiýasy uly näsazlyklara (ýalňyşlyklara) getirýär. Bu ýagdaýda interpolýasiýanyň maksatlary üçin ýörite graduirlenen tablisalary (GOST 3044-74) ýa-da grafikleri hem-de käbir termoelektriki termometrler üçin aşakda getirilen empiriki formulalary ulanmak maslahat berilýär.

(30) deňlemesinden gös-göni gelip çykýar, ýagny termoelektriki termometriniň  $E_{AB}(t, t_0)$  termoelektrohereketlendiriji güýjini  $t$ -dan gelýän üznüksiz funksiýasy hökmünde garap bolar, onuň jemliligi

$$\frac{dE_{AB}(t, t_0)}{dt} = St, \quad (31)$$

$St$ -nyň ähmiýeti  $t$  temperaturasyndan we termoelektrodlaryň dogabitdiligidin baglydyr, onuň duýgulygyny häsiýetlendirýär we termoelektriki termometri emele getirýär.

Onuň käbir böleklerinde  $E_{AB}(t, t_0)=F(t)$  uly bolmadyk çyzyksyz baglylygynda baglylygy çyzykly diýip hasap edip bolar. Şonda (31) aňlatmadaky  $dE_{AB}(t, t_0)$  we  $dt$   $\Delta E$  we  $\Delta t$  ahyrky köpelmeleri bilen çalyşylyp bilner,



$$St = \frac{\Delta E}{\Delta t}, \quad (32)$$

Termoelektriki termometriň zynjyryna birikdirilen termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýetine üçünji geçirijiniň täsirini aýdyňlaşdyrally. Bu maksat üçin A we B termoelektrodlardan ybarat bolan, zynjyryna C geçirijisi goşulan termoelektriki termometrine seredeliň. Şunda 1-nji sepiň temperaturasy  $t$  deňdir, (2-nji we 3-nji) birikmesi ýerleriniň temperaturasy bolsa  $t_0$  deňdir. Bu zynjyr üçin  $E$  termoelektrohereketlendiriji güýjini kesgittläliň. Käbir edilen şertleriň degişliliginde

$$E = I_{AB}(t) + I_{BC}(t_0) + I_{CA}(t_0), \quad (33)$$

(23) deňlemäni nazarda tutup, (33)-den

$$E = I_{AB}(t) - I_{AB}(t_0), \quad (34)$$

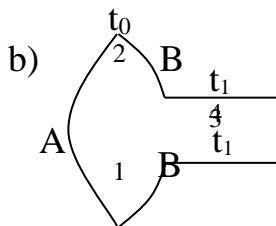
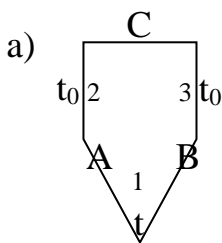
alýarys. Bu deňleme (30) bilen doly gabat gelýär. Indi bolsa termoelektriki zynjyry gözden geçireliň. 3-nji we 4-nji birikme ýerleriniň temperaturalary öz aralarynda deň diýip çaklanymyzda

$$E = I_{AB}(t) + I_{BC}(t_1) + I_{CB}(t_1) + I_{BA}(t_0), \quad (35)$$

alýarys. Alnan deňleme (30) görnüşe ýeňillik bilen getirilýär, eger-de hasaba alsak, ýagny  $I_{BC}(t_1) = -I_{CB}(t_1)$  we  $I_{BA}(t_0) = -I_{AB}(t_0)$ . Şundan gelip çykýar, ýagny termoelektriki termometriniň zynjyryna üçünji geçirijini goşsak, onuň termoelektrohereketlendiriji güýji üýtgemeyär, eger-de bu geçirijiniň uçlarynyň temperaturasy deň bolanda. Bu ýagdaýy islendik sandan düzülen geçirijilere ýeňillik bilen ýaýradyp bolýar, çünki termoelektriki termometriň zynjyryna goşulan bir, iki ýada köp bolan geçirijiler onuň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýetine täsirini bermeyär, eger-de bu geçirijileriň uçlary deň temperaturaly bolsa. Ýokarda agzalandan gelip çykýar, ýagny işjeň ujynyň (kebsirleme,

sepleme) taýýarlamak usuly termoelektriki termometriň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýetine täsir etmeýär, eger diňe sepleme razmerleri şeýle bolanda, ýagny onuň temperaturasy hemme nokatlarda deň bolanda. Bu ýagdaý termoelektriki zynjyryň ähli birikmeleri üçin dogrydyr. Termoelektriki termometriniň zynjyryna goşulan üçünji geçirijiniň uçlarynyň temperaturasynyň deňligi bozulan halatynda parazitli termoelektrohereketlendiriji güýjini emele getirýär, ol hem üçünji geçirijiniň dogabitdiligidinden we onuň birikme ýerleriniň temperaturasyndan bagly bolýar.

Surat 1. Termoelektriki termometriniň çyzgysy. a – onuň boş uçlaryna goşulan C geçirijisi bilen; b – B termoelektrodyna goşulan C geçirijisi bilen.



çaklalyň, ýagny (sur. 1,a) C geçirijiniň B geçiriji bilen 3-nji sepiniň temperaturasy 2-nji sepiniň  $t_0$  temperaturasyna deň dälendir we  $t_0$ -dan tapawutly  $t'_0$  ähmiýete eýedir, şonda  $t'_0 > t_0$  ulydyr. Bu ýagdaýda zynjyryň termoelektrohereketlendiriji güýji:

$$E_1 = I_{AB}(t) + I_{BC}(t'_0) + I_{CA}(t_0) \text{ deň bolar,} \quad (36)$$

(30) deňlemenden (36) deňlemäni aýyrsak

$$E_{AB}(t, t_0) - E_1 = I_{CB}(t'_0) + I_{BA}(t_0) + I_{CA}(t_0), \quad (37)$$

alýarys; (23) deňlemäni peýdalanyp

$$E_{AB}(t, t_0) - E_1 = I_{CB}(t'_0) - I_{CB}(t_0) = E_{CB}(t'_0), \quad (38)$$

formadaky termoelektrohereketlendiriji güýjiniň tapawudyny aňladýarys. Bu deňlemede sag tarapy

$E_{CB}(t'_0, t_0)$  termoelektrohereketlendiriji güýji özünden görkezýär, CB termoelektriki zynjyrynyň sepleriniň temperaturasy bilen ösdürilýär, C geçirijiniň uçlarynyň temperaturasyna deňdir, çünki  $t'_0$  we  $t_0$ .

Geçenkä meňzeş garanymyzda çak edýäris, ýagny 1,b suratynyň çyzgysynda C geçirijiniň B geçiriji bilen 4-nji birikme ýeriniň temperaturasy 3-nji birikme ýeriniň  $t_1$  temperaturasyna deň dälär we  $t'_1 > t_1$  ähmiýeti bardyr. Bu ýagdaýda zynjyryň termoelektrohereketlendiriji güýji

$$E_2 = I_{AB}(t) + I_{BC}(t'_1) + I_{CB}(t_1) + I_{BA}(t_0), \quad (39)$$

(30) deňlemeden (39) deňlemäni aýyrsak:

$$E_{AB}(t, t_0) - E_2 = I_{CB}(t'_1) - I_{CB}(t_1) = E_{CB}(t'_1, t_1), \quad (40)$$

(38) we (40) deňlemelerden görýäris, ýagny 2-nji we 3-nji (sur. 1,a) seplemeleriniň temperaturalarynyň deň daldigine ýa-da 3-nji we 4-nji (sur. 2,b) birikmesi ýerleriniň termoelektriki termometriniň termoelektrohereketlendiriji güýji deňşililikde  $E_{CB}(t'_0, t_0)$  we  $E_{CB}(t'_1, t_1)$  termoelektriki zynjyrynyň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýetine üýtgeýändir, ol öz gezeginde C geçiriji bilen B termoelektroddan bilelikde düzülendir. Áýdylandan netije çykýar, ýagny termoelektriki komplektiniň aýry elementlerini öndürmek üçin termoelektriki taýdan düýpli tapawutly materiallarynyň ulanmasy islenilmeýär, eger-de şol ýerlerde temperaturanyň durnuklylygy özgelere garanynda üpjün edilendir. Mysal üçin, goşmaça ýa-da tertibe salýan (regulirowannyý) rezistorlary öndürmek üçin mis bilen bilelikde ýokary termoelektrohereketlendiriji güýjini berýän konstantanyň ulanmasyndan gaça durmaly we manganini ulanmak maslahat berilýär.

## **3.2. Termoelektrik termometrler**

Metalliki elektrodly köp halatlardaky termoelektriki termometrleriň termoelektrohereketlendiriji güjiniň çaltlygyny güýçlendirilende sebäpli ol diýen beýik bolamdygyna görä ( $0,01-0,07\text{mB}/^{\circ}\text{C}$ ), elbetde käbir deň şertlerdäki has ýokary termoelektrohereketlendiriji güýji bolan termometr artyk tapawutlydyr. Bu egsigräk duýguly, şol sanda has ýokary ynamly ölçeg enjamyny ulanmaga mümkinçilik berýär. Termoelektrodly materiallary saýlananda olaryň hem öndürme tehnologiýasyny hasaba almalydyr, sebäbi ol termoelektriki görnüşleri boýunça özara çalşyrylyp boljak materiallaryň almak mümkinçiligini kesgitleýäs. Ondan başga-da, termoelektrodly materiallar saýlanmada olaryň bahasy ýokary bolmazlyggy üçin şuna ymtylmalydyr. Termoelektriki termometrleriniň senagat şertlerinde ynamly işlemegi termoelektrod materialynyň diňe bir hili we häsiýeti boýunça däl-de, kesgitlenilýär, ýöne hem-de termometriň armaturasynyň hili we konstruksiýasy (gurluşy) boýunça, ol öz gezeginde goranyş materiallar saýlananda we oňaýsyz ýerine ýetirilende termoelektrodларыň özüniň ýokary hillerini şondan çykaryp biler.

### **3.2.1. Termoelektriki termometrler baradaky umumy maglumatlar**

Termoelektrodly materiallarynyň häsiýeti boýunça termoelektriki termometrleri iki gruppа bölýärler: asylyly we poslaýan metallardan bolan metalliki termoelektrodly termoelektriki termometrleri; eremesi kyn ýa-da olaryň grafit we başga materiallar bilen kombinasiýalary bolan termoelektrodly termoelektriki termometrleri. Birinji

gruppanyň termoelektriki termometrleri has ýaýradylanlardan bolýandyr, olar tehnologik gözegçiliginiň we ylmy-barlag işleriniň praktikasyna giňden girizilendir. Ikinji gruppanyň termoelektriki termometrleri häzirki wagtda temperaturalaryň tehnologik gözegçiliginiň guralyna derek, köplenç tejribe-barlag obýektleri bolup durýar. Bu ýokary temperaturaly termoelektriki termometrleri giňden praktika ornaşdyrylmagyna olaryň wagt içresinde we özara çalyşmasy ýeterlikli bolmazýandan termoelektrohereketlendiriji güýjiniň üpjünçilik kynçylygy böwet bolýar. Şol wagtyň özünde bu gruppanyň termoelektriki termometrleri uly praktiki gyzyklanmagy bolup durýar. Esasan platina gruppasyndan asylyly metallardan bolan termoelektrodly termoelektriki termometrleri 300-den 1800°C çenli möçberinde (oblastynda) temperaturany ölçemek üçin giňden ulanylýarlar. Platina gruppasyndan bolan has ýaýradylan termoelektriki termometrlere aşakda seredeliň. Platinorodiý – platinaly termoelektriki termometrleri okislitel we bitarap (neýtral) sredada 300-den 1600°C çenli möçberinde temperaturany ölçemek üçin ulanylýandyrlar. Otrisetel temperaturalary ölçemek üçin platinorodiý – platinaly termoelektriki termometrleri ulanylmaýarlar, sebäbi bu oblastynda olaryň termoelektrohereketlendiriji güýji bir syhly bolman (nemonotonno) üýtgeýändir. Platinorodiý – platinaly termometrleri termoelektrohereketlendiriji güýjiniň takyklygy we üznüksiz öndürmesi boýunça termoelektriki termometrleriniň in gowularynyň sanawynda durýandyrlar. Bu termometrleriň položitel termoelektrody bolup platinorodiý (ergin 90% Pt we 10% Rh) durýar, otrisetel bolup – arassa platina. Platinorodiý – platinaly

termoelektriki termometrleriniň termoelektrodlary adaty diametri 0,5mm bolan simden öndürýärler. Termoelektrodlaryň şeýle diametri platinaly gruppaly termometrler üçin hemmeleýin kabul edilendir, sebäbi ol berkligiň ýeterlikli şertlerini kanagatlandyrýar we şeýle termometrleriniň bahasy örän beýik däldir. Ulanylýan platinorodiy – platinaly termoelektriki termometrler olaryň bellenme baglylygyna görä indiki üç esasy dürli görnüşlere bölünýärler: etalonly (ТПТТ-Э) görelde (ТПТТ-О) we işjeň ýokary derejeli takykly (ТПТТ-ПТТ) we tehniki (ТПТТ). ТПТТ-Э, ТПТТ-О we ТПТТ-ПТТ termoelektriki termometrleriniň esasy tehniki häsiýetlendirmesi 2-nji tablisada getirler, a ТПТТ-niňki bolsa 3-nji we 4-nji tablisalarda. Termoelektrodlary simiň termoelektriki termometrler üçin udel (удельный) elektrik garşylygy 5-nji tablisada getirler.

## 2-nji Tablisa

### Etalonly, görelde we işjeň ýokary derejeli takykly termoelektriki termometrleri

Termoelektriki termometrleriniň görnüşleriniň belgisi	Termoelektriki termometrleniň bellenmesi	Ölçeg diapozony, °C	Normalaşdyrylan ýalňyşlyklar, °C
ТПТТ-Э	Işleýiş etalonlar	630,74-1064,43	$\sigma=0,1$
ТПТТ-01	Görelde 1-nji derejeli (разряд)	300-1100	$\varepsilon=0,2\div0,4$
ТПТТ-02	Görelde 2-nji derejeli	300-1200	$\varepsilon=0,4\div1$
ТПТТ-03	Görelde 3-nji derejeli	300-1200	$\varepsilon=0,8\div2,0$

ТНП-02	Görelde 2-nji derejeli	600-1800	$\varepsilon=0,5\div4,0$
ТНП-03	Görelde 3-nji derejeli	600-1800	$\varepsilon=1\div7,0$
ТНП-ПНТ	Işjeň ýokary derejeli takykly	300-1200	$\Delta=0,2\div1,5$
ТНП-ПНТ	Işjeň ýokary derejeli takykly	600-1800	$\Delta=0,4\div8,0$

Bellik: 1) 8.083-73 GOSTa laýyklykda  $\sigma$  – ölçeg netijesiniň orta kwadratik gyşarmasy;  $\varepsilon$  –  $2\sigma$  deň bolan ynam ýalňyşlygy;  $\Delta$  - çaklanýan absolyt ýalňyşlygy.

2) ТНП-02, ТНП-03 we ТНП-ПНТ üçin termoelektrodlaryň materiallary: platinorodiý (rodiýyň 30%) – platinorodiý (rodiýyň 6%). Eýleki görnüşleri üçin: platinorodiý – (rodiýyň 10%) – platina. Etalonly platinorodiý – platinaly termoelektriki termometrleri 630,74-den 1064,43°C reňkli bilen Halkara praktiki temperatura şkalasyny täzedan döretmek üçin gulluk edýärler.

Bu oblast üçin temperaturany  $E(t,t_0)=a+bt+ct^2$  deňlemesi boýunça çaklaýarlar, onda  $E(t,t_0)$  – (2) etalonly platinorodiý – platinaly, termoelektriki termometriniň, termoelektrohereketlendiriji güýji onuň boş uçlary  $t=0$  °C temperaturasynda ýerleşýändir, işjeň ujy –  $t$  temperaturasynda;

$a, b, c$  – 630-74±0,2 °C temperaturasynda  $E(t,t_0)$  ähmiýetleri boýunça hasaplap çykarylýan konstantlar, (sürmäniň gataşmak nokady) – etalonly platinaly garşylyk termometri bilen ölçenýän; we kümüşniň (961,93 °C) we altynyň (1064,43 °C) galtaşmak nokatlarynda.

**3-nji Tablisa**

**Metalliki termoelektrodly standartly işleýiş  
termoelektriki termometrleri**

Termoelektriki termometrleriniň görnüşleriniň belgisi	Termoelektrodlyaryň materiallarynyň atlandyrylyşy	Graduirleme belgisi	Uzak wagtlaýyn ulanmasyndaky ölçeg diapozony, °C	Gysga wagtlaýyn ulanmasyndaky ölçeg diapozony, °C
TIII	Platinorodiý (rodiýyň 10%) – platina	III	0-1300	1600
TIIP	Platinorodiý (rodiýyň 30%) – Platinorodiý (rodiýyň 6%)	IIP 30/6	300-1600	1800
TBP	Walframrerüý (rerüýyň 5%) – walframrerüý (rerüýyň 20%)	BP5/20	0-2200	2500
TXA	Hromel – alýumel	XA	-200-1000	1300
TXK	Hromel – kopel	XK	-200-600	800

Bellik: 1)Termoelektriki termometriniň uzak wagtlaýyn ulanmasynda onuň ençeme ýüzlerçe sagatlaryň dowamynda işlemesi düşündirilýändir, şonda ilkinji graduirlenme üýtgemeleri 1% artmaly däl.

2)Termoelektriki termometriniň gysga wagtlaýyn ulanmasynda onuň ençeme onlarça sagatlaryň dowamynda



işlemesi düşündirilýändir, şonda ilkinji graduirlenme üýtgemeleri 1% artmaly däldir.

**4-nji Tablisa**

**Boş uçlarynyň °C (GOST 3044-74)**  
**temperaturasyndaky termoelektriki termometrleriniň**  
**esasy ýalňyşlyklarynyň goýberilýän çäkleri**

Termoelektriki termometrleriniň görnüşleriniň belgisi	Graduirlenme belgisi	Temperaturalaryň interwaly, °C	Esasy ýalňyşlyklaryň goýberilýän çäkler, mB
TIII	III	0-300	$\Delta E_t = 0,01$
TIII	III	300 ýokary -1600	$\Delta E_t = 0,01 + 2,5 \cdot 10^{-5}(t-300)$
TIP	IP 30/6	300ýokary - 1800	$\Delta E_T = 0,01 + 3,3 \cdot 10^{-5}(t-300)$
TBP	BP5/20	0-1000 1000ýokary -1800	$\Delta E_T = 0,08$ $\Delta E_T = 0,08 + 4,0 \cdot 10^{-5}(t-1000)$
TXA	XA	-50-300	$\Delta E_T = 0,16$ $\Delta E_T = 0,16 + 2,0 \cdot 10^{-4}(t-300)$
TXK	XK	-50-300	$\Delta E_T = 0,200$ $\Delta E_T = 0,2 + 6,0 \cdot 10^{-4}(t-300)$

Bellik: -  $t$  – termoelektriki termometriniň işjeň ujynyň temperaturasy.

### 5-nji Tablisa

#### Termoelektriki termometri we geçirijileri üçin 20 °C temperaturadaky termoelektrod siminiň udel elektrik garşylygy

Erginiň markasy ýa-da atlandyrylyşy	Udel elektrik garşylygy $\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$	Erginiň markasy ýa-da atlandyrylyşy	Udel elektrik garşylygy $\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$	Erginiň markasy ýa-da atlandyrylyşy	Udel elektrik garşylygy $\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$
ПЛТ	0,11	Хромел Т	0,08	Константан	
ПП-6	0,18	Алюмел	0,33	Міс	
ПП-10	0,20	Копел	0,47	Тіі	
ПП-30	0,19	Хромел К	0,67	(99,4%Cu +0,6%Ni)	

Etalonly termoelektriki termometriň platinaly elektrody platina siminden öndürilýändir, onuň arassalygy şeýle bolmalydyr, ýagny  $W=R_{100}/R_0$  otnositel garşylygy 1,3920 kem bolmaly däl. Şu taýdaky  $R_0$  we  $R_{100} - 0$  we  $100^\circ\text{C}$  (gradusda) laýyklykda ölçenýän platina simiň hil görnüşiniň garşylygy. Etalonly platina rodiý-platinaly termoelektriki termometrlerine bildirilýän talaplaryna has jikme-jik maglumatlar GOST 8.157-75-de getirler. 1-nji (ТПТТ-01) we 2-nji (ТПТТ-02) derejeli göreldeli platinorodiý – platinaly termoelektriki termometrleriniň platinaly elektrodlary otrisatel  $R_{100}/R_0 \geq 1,392$  otnositel garşylygy bolan ПЛ-1 markaly platinadan öndürýärler, 3-nji (ТПТТ-03) derejeli termometrleriňki bolsa  $R_{100}/R_0 \geq 1,3915$  (GOST 8588-64) otnositel garşylygy bolan ПЛ-3

markaly platinadan. Takyk ölçegler üçin ulanylýan, ýokary takyklygy bolan (TIIII-PIIT) işjeň platinorodiý-platinaly termoelektriki termometrleri (TIIII-0) görelde termoelektriki termometrlerine bildirilýän talaplary kanagatlandyrmalydyrlar we GOST.8.083-73 görä maslahat berilýän usullaryň birinden gerňelmelidir. İşjeň platinorodiý-platinaly termoelektriki termometrlerini (3 tablisasy) senagatdaky gaz sredalarynyň temperaturasyny şeýle ýagdaýlarda ölçemek üçin ulanýarlar, haçan-da poslaýan metallardan bolan elektrodly termoelektriki termometrleri zerur talaplary kanagatlandyryp bilmeýär. TIIII platinorodiý-platinaly termoelektriki termometrleri (IIII graduirlenen), senagatda ulanylanda temperaturanyň has takyk ölçegini geçirmäge mümkinçilik berýär, ýagny poslaýan metallardan (tablisa 4) bolan elektrodly termometrlere garanynda. TIIII termoelektriki termometrleriniň elektrodly üçin IIP-10 markaly platinorodiýi we  $R_{100}/R_0 \geq 1,3910$  (GOST 10821-75) otnositel garşylygy bolan IIJT markaly platinany ulanýarlar. TIIII termoelektriki termometrleriniň graduirlenme häsiýetnamasy 2 tablisasynda getirilendir. Energetikada we senagatda 900 we 1000 °C çenli gazly sredalaryň temperaturalaryny ölçemek üçin TIIII termoelektriki termometrleri ulanmak tygşytly bolmadyk amatyzlykdyr, sebäbi bu temperaturalaryň oblastynda (möçberinde) aşakda beýan edilen poslaýan metallardan bolan elektrodly termoelektriki termometrleri takyklygyň zerurlygyny we ölçegini ynamdarlygyny doly üpjün edýärler. TIIII termoelektriki termometrleriniň mehaniki dartgynsyz ýagdaýynda bolan elektrodly ýokarda görkezilen okislitel (howa) we neýtral sredalarynyň temperaturalarynyň diapozonynda ulanyp biliner. Senagatda temperaturalar ölçenende şular ýaly şertleri

elmydama döretmäge mümkinçilik berilmeýär. Ýagdaýlaryň köpüsinde peçdäki gazlarda düzüm böleklerinde sera (kükürt) bar bolan halatynda, ýokary temperaturalarda elektrodalaryň hasaplamasyny we termometriň zaýalanmasyny emele getirip biler.

ТІІІІ termoelektriki termometriniň işjeň ujynyň hasaplamasyna we zaýalanmasyna elektrodyň uglerod we onuň birikmeleri bilen çaknaşmaga hem getirip biler. Termometriň elektrodларыnyň hat-da kremniý bilen köp bolmadyk mukdarda hapalanmasy platinaly elektrody döwlegen (port) edýär. Elektrodyň kremniý bilen hapalanmasynyň çesmesi hökmünde termometriň armaturasynyň keramiki detallary köplenç bolup durýar. Kremniý bilen termoelektriki termometrleriniň elektrodларыnyň hapalanmagynyň howplygyny ýok etmek üçin diňe alýuminiň okisinden bolan goranyş keramikasy ulananda. Ýokary temperaturalardaky dikeldiş gazlary platina heläkçilikli täsir edýär we termometriň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ep-esli üýtgemegini döredýär. Termoelektriki termometriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň üýtgemegine metallar bilen hapalanmasynyň köpüsi täsir edýär, emma olardan hemmesi bolmadyklary platinaly elektrody döwlegen (port) etmeýärler.

Mysal hökmünde misi getirip bolar, haçan-da ol elektrodлары hapalap we termometriň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň uly üýtgemegini getirip, elektrodларыň süýngüçligine göze dürtülip duran täsirini ýetirmeýär. Belläp geçmeli, ýagny hat-da termoelektriki termometriniň armaturasynyň “gazy geçirmeýän” goranyş gilzalary (peşenleri) ýokary temperaturalarda uzak wagtyň dowamynda gazларыň, metallaryň bugларыnyň we metallaryň çalt birikmeleriniň

geçmegine päsgeçilik berip bilmeýärler. Howa sredasynda ( $t > 1200^{\circ}\text{C}$ ) ýokary temperaturalarda uzak wagtlap bolan TIII termoelektriki termometriniň platinaly elektrodynyň spektral analiziniň netijeleri boýunça, köp barlagçylar tarapyndan rodiýiň barlygynyň üsti açyldy. Şunda termometrleriň platinaly elektrodynda rodiýiň barmasy, şonça köpdür, ýagny olaryň çaklanan temperaturasy ýokary bolandan hem. Bir elektrodan başgasyna rodiýiň geçirilmegi termometriň platinorodiý elektrodynyň üstünden bugarmasy we platinaly elektrodynyň ýokary temperaturalarda buglary gurşap almagy netijesinde sebäp bolýandyr. Rodiýiň platinorodiýden platinaly termoelektroda geçirilmesi TIII termoelektriki termometriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň azalmagyna getirýär. Barlaglaryň netijesi boýunça TIII termoelektriki termometriniň platinorodiý elektrody platinaly elektrodyna görä ýokary temperaturalaryň we hapalanmalaryň täsir etmesine has mäkämdir. Şonuň üçin elbetde tebigydyr, ýagny bizde we daşary ýurtlarda platina we rodiý erginlerinden bolan elektrodly termometrleriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň durnuklygyna we häsiýetnamalaryna soňky ýyllarda uly üns berilýändir. ABŞ-da TIII termometrleri bilen bir hatarda 87% Pt-den we 13% Rh-den platinorodiý elektrody ybarat bolan platinorodiý – platinaly termoelektriki termometrleri hem ulanylýandyr.

### **3.2.2. Platinorodiý – platinorodiýly termoelektriki termometrleri**

Soňky ýyllarda ölçemek üçin (PtRh 30/6, PtRh 40/10, PtRh 20/5, PtRh 30/13 we başga) platinorodiý erginlerinden bolan elektrodly termoelektriki termometrleriniň ýaýradylmagy emele geldi. Bu

termometrleriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň temperaturadan baglylygy 1 suratda görkezilendir. Iň köp ýaýradylmany platinorodiý-platinorodiýli termoelektriki termometrleriniň sanynyň içinden (GOST boýunça simleriň markalary ПП-30 we ПП-6) elektrodлары bolan ТПП termoelektriki termometri gazanandyr. Bu termometrler özleriniň bellemesiniň baglylygyna görä, 2-nji (ТПП-02) we 3-nji (ТПП-03) derejesindäki görelde (2 tablisasy), işjeň ýokary takyklygy ТПП-ПИТ (2 tablisasy) we işjeň ТПП (3 we 4 tablisalary) bolan termometrlere bölünýärler. ТПП(ПП 30/6) termoelektriki termometri okislitel (howa) sredasynda we neýtral atmosferada 1800 °C çenli temperaturalary ölçemek üçin ulanyp biliner. ТПП termoelektriki termometrler bilen temperaturalaryň tehniki ölçeglerinde olaryň boş uçларыny termostatirmek gerekiligi ýokdyr, şol sanda düzetmäni girizmekde, egerde olaryň temperaturasy 50-100 °C ýokary bolmasa. Bu ýagdaýda 1100-den 1800 °C çenli interwaldaky (aralykdaky) temperaturalaryň ölçemesinde we  $T_0$  50,70 we 100 °C boş uçларыň temperaturasynda metodiki (usul) ýalňyşlygy 1,3-1, 2,7-2 we 5,3-4,1 °C degişliliginde ýokary bolmaýar. ТПП(ПП30/6) termoelektriki termometri 0,012mB deň bolan  $t=50$  °C we  $t_0=0$  °C graduslara çenli, 0,025 mB deň bolan  $t=70$  °C we  $t_0=0$  °C graduslara çenli we 0,051mB deň bolan  $t=100$  °C we  $t_0=0$  °C graduslara çenli bolsa termoelektrohereketlendiriji güýjini güýçlendirýär. ТПП termoelektriki termometrleriniň graduirlenen häsiýetnamasy 3 tablisasynda görkezip getirilendir.

### **3.2.3. Platinorodiý gruppasyndaky käbir termoelektriki termometrleriniň graduirlenen häsiýetnamasy**

Termoelektriki termometriniň položitel elektrodyndaky platinasyna garanynda göterimde (prosentde) rodiiň bar bolmasy seçme (drds) sanawjyny (çislitel) awladýar, znamenatel bolsa otrisatel elektrodda. Platinaly gruppadan elektrodлары bolan termoelektriki termometrleriniň senagatda giňden ulanmasy bir hili derejede olaryň ýokary nyrhyny çäklendirendir. Şonuň üçin, suwuk poladyň we dürli sredalaryň temperaturalarynyň takyk ölçeglerini we gerekli ynamlylygyny üpjün edýän, egsigräk gyt (defisit) materiallardan elektrodлары bolan ýokary temperaturaly termoelektriki termometrleriniň öndürilişi aktual mesele bolup durýar. Poslaýan metallardan elektrodлары bolan termoelektriki termometrleri suwuklyklaryň, gazlaryň, buglaryň, ýylatmanyň üstüniň we başga ýagdaýlaryň hatarynda temperaturalaryň ölçemesi üçin giňden ulanylýarlar. Poslaýan metallardan elektrodлары bolan termoelektriki termometrleri deňeşdirilende has arzandyrлар hem-de platinaly gruppadaky termometrlere görä köplenç halatlarda uly termoelektrohereketlendiriji güýji güýçlendirýändir.

Termoelektrodly simler öndürilende olaryň düzümine we bar uzynlygyndaky termoelektriki birmeňzeşligine uly üns berilýändigine garamazdan, poslaýan metallaryň erginlerinden elektrodлары bolan

termoelektriki termometrleriniň nusgaly (standartly) graduirlenen häsiýetnamasyny almak örän kyn mesele bolýandyr. Mysal üçin, Hromel T, alýumel we kopel (492-73 GOSTy boýunça) erginlerinden bolan termoelektriki termometrleriniň nusgalyk (standart) graduirlenmesini üpjün etmek üçin (GOST 1790-63 boýunça) termoelektrodlaryň jemlenmesinde ýörite usuly ulanýarlar. Termoelektriki termometrleriniň elektrodlary üçin hromel T, alýumel we kopel erginlerinden bolan. Simi arassa platina bilen bilelikde synagdan geçirýärler, şol simiň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ölçegini 100-den 800 çenli ýa-da 1200 °C çenli aralykda platina bilen simiň erginine baglylykda geçirýärler. Ölçeğleriň netijesinde gazanylan netijeler boş uçlaryň  $t_0=0$  °C temperaturasyndaky termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýetine görä, hromel T, alýumel we kopel erginlerinden bolan termoelektrodly simi dört klasa bölmäge mümkinçilik berýär.

1-nji, 2-nji, 3-nji we 4-nji klaslara bölünen platina bilen birlikde B we C simlerinden degişlilikde bolan položitel we otrisatel termoelektrodlaryň ortaça häsiýetnamasy bolup durýan  $B_1, B_2, B_3, B_4, C_1, C_2, C_3$  we  $C_4$  gyşyk çyzyklarynyň görnüşindäki termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ölçegleriniň netijeleri. B we C termoelektrodly simlerinden termoelektriki termometrleri öndürilende, olary şeýle rugsada saýlaýarlar, ýagny 1-nji klasa degişli we platina bilen birlikde has pes termoelektrohereketlendiriji güýji bolan  $B_1$  položitel termoelektrody 1-nji klasa degişli hem,



ýöne platina bilen birlikde has köp otrisatel termoelektrohereketlendiriji güýji bolan  $C_1$  otrisatel termoelektrody bilen ýygnanmalydyr. Meňzeş nusgada 2,3 we 4 klaslara degişli  $B_2$ ,  $B_3$  we  $B_4$  položitel termoelektrodlary ýagny 2,3 we 4 klaslara degişli bolan  $C_2$ ,  $C_3$  we  $C_4$  otrisatel termoelektrodlary bilen degişlilikde ýygnanmalydyr. Görkezilen dört klaslardaky ýygnanan B we C elektrodlary bolan termoelektriki termometrleriniň  $t_0=0\text{ }^{\circ}\text{C}$  gradusdaky boş uçlarynyň we t işjeň ujynyň temperaturasy kesgitlenende termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýeti kesgitlenýär.

Seredilen ýygnanma usulyndaky görkezilen klaslardaky B we C elektrodlary bolan ähli termoelektriki termometrleri käbir ortaça häsiýetnamaly BC-den uly bolmadyk gyşarmasy bolan praktiki taýdan geň termoelektriki häsiýetnamaly bolarlar. B we C termoelektrodlaryň bu ýygnanma usuly (GOST 3044-74 boýunça) standartly graduirlenme häsiýetnamasy bilen seriýalyn öndürilip çykarylýan hromel-kopelli we hromel-alýumelli termoelektriki termometrleriniň öndürilişinde ulanylýandyr.

### **3.2.4. TXK görnüşli hromel-kopelli termoelektriki termometrleri**

Dürli sredalaryň temperaturalaryny ölçemek üçin giňden ulanylýandyrlar. Položitel termoelektrody öndürmek üçin ( $89\%\text{Ni}+9,8\%\text{Cr}+10\%\text{Fe}+0,2\%\text{Mn}$ ) nikel esasyndaky gyzgynlyga çydamly magnitsiz ergini bolan hromel T ulanylýandyr. ( $56\%\text{Cu}+44\%\text{Ni}$ ) bolsa misden we nikelden bolan ergin kopel – otrisatel termoelektrody. Kopel siminden bolan termoelektrodlaryň ýokarky temperatura çäginin uzak wagtlaýyn ulanmasy onuň diametrinden baglylykda arassa howanyň

atmosferasyndaky işiniň 500-600°C çäginde ýatandyr. (GOST 1790-63). Ýokarky bolmadyk temperatura çäginin ulanmasy şunuň bilen düşündirilýär, ýagny düzüminde mis bolan kopel simi ýokary temperaturalarda örän tiz okislenýär, şonuň netijesinde termoelektrodyň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň üýtgemesi amala aşyrylýar. TXK termoelektriki termometrleri başga görnüşli termometrler bilen deňäniňde has ýokary termoelektrohereketlendiriji güýji ýaýbaňlandyrýar:  $[t=-200\text{ }^{\circ}\text{C we } t_0=0\text{ }^{\circ}\text{C, } E(t,t_0)=9,60\text{mB; } t=100\text{ }^{\circ}\text{C we } t_0=0\text{ }^{\circ}\text{C, } E(t,t_0)=6,88\text{mB}]$  temperaturalarynda.

### **3.2.5. TXA görnüşli hromel-alýumelli termoelektriki termometrleri**

Gazly sredalaryň, bugyň we suwuklyklaryň temperaturalary ölçemek üçin giňden ulanylýarlar. Položitel termoelektrod bolup hromel simi gulluk edýär, otrisatel hökmünde özünden nikel esasyndaky magnit ergini (94%Ni+2%Al+2,5%Mn+1%Si+0,5% garyndy) bolan alýumel. TXA termoelektriki termometrleriň howa sredasynda işleýän, poslaýan metallardan bolan başga termometrlerinden okisleniýa garşy in gowy garşylyklary bardyr. Termoelektriki termometrleri bilen iş tejribesi görkezdi, ýagny 1000 °C golaý temperaturasynda alýumel elektrody hromel elektrodyna görä okisleniýa garşy gowşagrakdyr. Hromel we alýumel termoelektrod siminiň ýokary temperaturalarynyň çäklerinde ulanmasy onuň howa sredasyndaky işiniň diametrinden tassyklanylýandyr (GOST 1790-63). Termoelektrod simi ulanylanda, mysal üçin diametri 3,2 we 5 mm bolanda, ol 1000 °C çenli uzak wagtlaýyn we 1200-1300 °C çenli gysga wagtlaýyn ulanyp biliner. Termoelektrod siminiň diametri kiçelende onuň ulanyş çäkleri hökmany suratda kiçelmelidir. Luskiý

priborostroitelnyý zavod tarapyndan seriýalyn öndürilýän TXK we TXA termoelektriki termometrleri üçin ýokary temperaturalaryň çäkleriniň ulanmasy GOST 6616-74 görä 4-72 tablisasynda getirilendir. Bärde bellemelidir, ýagny TXK we TXA termoelektriki termometrleriniň işjeň ýokary temperaturalarynyň çäkleriniň ulanylyşy TXK we TXA termometrleriniň aýdyň görnüşleriniň standart we tehniki şertlerine görä kesgitlenendir. Bu görnüşdäki termoelektriki termometrleriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň göýberilýän ýalňyşlyklary boş uçlarynyň 0 °C temperaturasyndaky 4 we 5 tablisalarynda görkezilen ähmiýeti 4 tablisasyndaky (GOST 3044-74) ähmiýetlerden ýokary bolmaly dälidir.

### **3.2.6. Silh we silin erginlerinden elektrodлары болан termoelektriki termometrleri**

Položitel otrisatel termoelektrodлары üçin XA graduirlenmesi bolan termoelektriki termometrleri üçin silh (Ni+9% Cr+0,9% Si) we silin (Ni 2,4% Si) täze erginleri döredilendir. Bu erginlerden bolan termoelektrod siminiň ýokary gyzgynlyga çydamlygy bardyr. Bu erginlerden elektrodлары болан termoelektriki termometrleriniň XA graduirlenmesiniň täzedен döremegi GOST 3044-74 ygtyýaryndaky 0-dan 1200 °C temperaturalarynyň diapozonynda ýerleşendir, has berk (takmynan iki esse) ygtyýarlarda bolsa – 200-den 1200 °C çenli temperaturalarynyň interwalynda. Luskiý priborostroitelnyý zavod tarapyndan öndürilen termoelektriki termometrleriniň tejribeli işlemesi (ekspluatasiýasy) silh we silin erginlerinden bolan termoelektrod siminiň ýokary hillerini görkezdi.

### 3.2.7. Mis-konstantanly termoelektriki termometrleri.

TMK mis konstantanly termoelektriki termometrleri enjamgurluşygy (priborostroitelnyý) senagaty tarapyndan öndürilmeyärler, ýöne olar laboratoriýa praktikasynda ulanmasyny tapýarlar we käwagtlar bolsa senagatda  $-200$ -den  $+350$  °C çenli temperaturalary ölçemek üçin ulanýarlar.

Mis termoelektriki häsiýetleriniň uly durnuklylygy bilen tapawutlanýandyr, ýöne uzak wagtlaýyn ulanmasynda in pes ýokary temperatura çäGINE eýedir. Buny şular bilen düşündirip bolar, ýagny mis, hem-de düzüminde mis bolan erginler howa sredasynda has ýokary temperaturada tizden okislendirilýändir. Okislitel sredasynda gysga wagtlaýyn ulanmasynda mis konstantan ýa-da kopel bilen bilelikde  $500$  °C çenli ulanylyp biliner. Wakuumda mis-konstantanly termoelektriki termometrleri  $700$ - $800$  °C çenli ölçeglere ygtyýar berýändir. Otrisatel termoelektrod-konstantan özünden kopeliň düzümine ýakyn bolan ( $60\%$  Cu +  $40\%$  Ni) ergini emele getirýär. Mis-konstantanly termoelektriki termometri işjeň ujynyň  $t=100$  °C we boş uçlary  $t_0=0$  °C temperaturalarynda  $4,1$  mB golaý bolan termoelektrohereketlendiriji güýjini güýçlendirýär, ýöne  $t=-200$  °C we  $t_0=0$  °C temperaturalarda bolsa termoelektrohereketlendiriji güýji takmynan  $-5,54$  mB deňdir. Mis-konstantanly termoelektriki termometrleri pes temperaturalary ölçemek üçin niýetlenen, göreldegi 2-nji derejeli hökmünde ölçegleriň  $-200$ -den  $0$  °C çenli aralykda işleýiş serişdelerini barlamak üçin ulanylyarlar. Bu termoelektriki termometrleriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň görkezilen interwaldaky temperaturadan baglylygy  $E(t,t_0)=at+bt^2+ct^3$  formulasynda görkezilendir, şonda a,b

we  $c$  hemişeki (postoyannyý) koeffisientler, olary termoelektriki termometrleriniň graduirlenmesinde termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ortaky ähmiýetlerinden kesgitleýärler. Göreldeli mis-konstantanly termoelektriki termometrleriniň ynamly ýalňyşlygy orta kwadrat gyşarmasynyň ölçeg netijeleriniň iki esse köpeldilen ähmiýetine deň bolanda  $0,1 - 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  barabardyr.

### **3.2.8. Wolframýň, reniýň, molibdeniň we olaryň erginden elektrodлары bolan termoelektriki termometrleri**

Bu gruppanyň termoelektriki termometrleri başda eredilen metallaryň gysga wagtlaýyn temperaturalaryny ölçemek üçin tekliپ edilipdi. Has arzan we kân bolmadyk defisitli eremesi kyn bolan metallardan ýokary temperaturaly termoelektriki termometrleri döretmek ymtylmasy tygşytylyk taýdan amatlydyr. Ondan başga-da, senagatyň şu günki şertlerinde ýokary temperaturaly termoelektriki termometrleriniň öndürilişi zerur bolýar, çünki suwuk metallarynyň temperatura ölçeginiň kontakt usuly jisimleriň şöhle ýaýradylyşynyň temperaturalarynyň ölçemesiniň usullaryndan has ýokary bolan takyklygyny üpjün edýär. Wolfram-reýiniň ergininden elektrodлары bolan termoelektriki termometrleri neýtral we dikeldiş gaz sredasynda uzak wagtlaýyn hem-de gysga wagtlaýyn  $2000-2500\text{ }^{\circ}\text{C}$  çenli temperaturany ölçemek üçin giňden ulanmasyny gazanýarlar. Wolframýň, molibdeniň, reniýň we olaryň erginleriniň esasynda elektrodлары bolan käbir termoelektriki termometrleriniň graduirlenme häsiýetnamasy saýlanýar.  $W-M_0$ ,  $W-75\% W+25\% M_0$  we  $W - M_0+1\%Fe$  elektrodлары bolan termoelektriki termometrleriň umumy (ýetmezçiligi) kemçiligi bardyr:

olaryň graduirlenen gyşyk çyzyklarynyň inwersiýasy bardyr. Bu termometrler perspektiwasyz (umytsyz) diýip çaklamak esas berýändir. (W -  $M_{0+0,5\%Al}$ ) alýuminiý bilen legirlenen molibdenden we wolframdan elektrodлары bolan ТП-6008 termoelektriki termometrleri şlakyň we çoýunyň temperaturasyny ölçemek üçin ulanmagyny tapýarlar. S.K.Danişewskiniň ýolbaşçylygyndaky Moskwanyň elektrowakuumly enjamlarynyň zawody we ВНИИА – germet tarapyndan işläp taýýarlanan wolframreniý erginlerinden elektrodлары bolan termoelektriki termometrleriniň sanyndan Wre 5/20 (tabl. 3) elektrodлары bolan TBP termometrleri has uludan ýaýramagyny gazandylar. Položitel termoelektrod hökmünde wolfram-reniý 5% Re bolup, otirisatel – wolfram-reniý 20% bolup durýarlar. TBP termoelektriki termometrlerini eredilen poladyň temperaturasyny ölçemek üçin ulanylýandyrlar. Olar wakuumdaky neýtral ýa-da dikeldiş sredadaky temperaturalary ölçemek üçin ulanylyp biliner. TBP termoelektriki termometrleriniň üç sany graduirlenme häsiýetnamalary bardyr (GOST 3044-74). TBP termoelektriki termometrleriniň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ähmiýetlerden boş uçlaryň 0 °C temperaturasyndaky göýberilýän gyşarmalary 4 tablisasynda getirilen ähmiýetlerinden ýokary bolmaly dälidir. Molibdeniň reniý bilen erginlerinden (MoRe 20/40, MoRe 20/50) elektrodлары bolan termoelektriki termometrlerini uglerody düzüminde saklaýan sredalaryň temperaturalaryny ölçemek üçin ulanmasy amatlydyr. Munuň sebäbi şudyr, ýagny uglerody saklaýan sredasynda molibdeniň karbidizasiýasy wolfram bilen deňäniinde egsirgräk işeňnirlikde geçýändir, reniý karbitleri bolsa emele getirmeýär[49]. Wolframýň, molibdeniň we reniý monokristallaryndan elektrodлары bolan termoelektriki

termometrleri döretmek baradaky “Termopribor” Ylmy-Önümçilik Birleşiginiň işleri uly gyzyklanmany getirýärler. Ylmy barlaglar görkezdi, ýagny wolframýň, molibdeniň we reniýiň monokristallary termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ýokary durnuklylygynyň bardygyny tassykladylar.

### **3.2.9. Eremesi kyn birleşmelerinden elektrodлары bolan termoelektriki termometri**

G.W.Samsonowyň ýolbaşçylygynda geçirilen disilisid molibdenden ( $\text{MoSi}_2$ ), disilisid wolframdan ( $\text{WSi}_2$ ), borid sirkoniýden ( $\text{ZrB}_2$ ), karbid titandan ( $\text{TiC}$ ) we grafitden ( $\text{C}$ ) bolan termoelektrod materiallarynyň barlaglary termoelektriki termometrleriniň üç görnüşini döretmäge mümkinçilik berdi.

1) TMCB-340  $\text{MoSi}_2$  -  $\text{WSi}_2$  elektrodлары bolan – metallaryň steklomassamalaryň, käbir eredilen duzlaryň we agressiw gazly sredalarynyň  $1700^\circ\text{C}$  çenli temperaturalaryny ölçemek üçin;

2) ТГБЦ-350М  $\text{C-ZrB}_2$  elektrodлары bolan – poladyň, çoýunyň, reňkli we käbir seýrek metallarynyň  $1700$  -  $1800^\circ\text{C}$  çenli hem-de uglerodlaşýan gazly sredalaryň  $2000^\circ\text{C}$  çenli temperaturalaryny ölçemek üçin;

3) ТТТК-300М  $\text{C-TiC}$  elektrodлары bolan – dikeldiş, neýtral, inertli gazly sredalaryň we wakuumdaky  $2500^\circ\text{C}$  çenli temperaturalary ölçemek üçin. Bu termoelektriki termometrleriniň graduirlenen häsiýetnamalary 4-7-4 çyzgysynda getirlendir.

Alymlar  $3000$ - $3500^\circ\text{C}$  çenli ýokary temperaturalary ölçemek üçin  $\text{ZrC-NbC}$  we  $\text{NbC-HfC}$  elektrodлары bolan perspektiwli hökmünde termoelektriki termometrleri hödürleýärler. Eremesi kyn erginiň we keramikanyň sazlaşygyndan elektrodлары bolan, ýokary

duýgurly we durnukly ýokary temperaturaly termoelektriki termometrleri götermek üçin mümkinçilikler bardyr. Mysal üçin, bu görnüşdäki termometrleri döretmek üçin işler ABŞ-da ulanylyp barylýar. Uglerodly sredalardaky bolan 1300 °C çenli we ondan ýokary temperaturalaryny ölçemek üçin süýümlü ugleroddan elektrodly bolan termoelektriki termometrleri ulanylyp biliner. Wizskoz kord süýüminiň pirolizinden ýasalan bu termoelektriki termometrleriniň elektrodlyň düzüminde 99,4% ugleroddyr (galany bor, wodorod we başga garyndylary). Termoelektrod jübütini almak üçin süýümlü ugleroddan bolan görnüşleri (образцы) dürli termiki arkaly işlenip arassalanýar(термообработка).

Häzirki wagtda has tygşytly, şonuň bilen birlikde uzak wagtyň dowamynda senagatda özüni ýagşy tarapdan görkezen standartly termoelektriki termometrleri bolup durýandyrlar. (4-7-2 tablisasy). Olar özara çalyşyjdylar we olaryň standartly graduirlenen häsiýetnamalary bardyr (GOST 3044-74).

### **3.3. Termoelektriki termometrleriniň gurnalyşy**

Mehaniki bozulmalaryndan we temperaturasy ölçenýän sredanyň täsirinden goranmak üçin, termoelektriki termometrleriniň izolýasiýa bilen armirlenen (daşy saralyp goralan) elektrodly ýörite goranyş armaturasyna ýerleşdirilýärler. Dürli sredalaryň temperaturasyny ölçemek üçin ulanylýan işjeň termoelektriki termometrleriniň armaturasy goranyş gilyzasyndan, salnik dykylzlatmaly hereketsiz ýa-da hereketli ştuserden we trubkanyň kömegi bilen hereketsiz ştuser bilen ýa-da gös-göni hereketli ştuserli gilza bilen



birikdirilen golowkadan ybaratdyr. Termometri ölçeg enjamy ýa-da özgerdiji (преобразователь) bilen birikdirýän simleri we termoelektrodlary birikdirmek üçin, salnik dykyzlatmaly patrubok we kryška (gapak) bilen üpjün edilen golowkada gysgyçly (зажим) izolýasion materialyndan bolan rozetka oturdylandyr. Temperaturasy ölçenýän sredanyň içine çümdirilýän L (montaž) böleginiň uzynlygy termoelektriki termometrleriniň her bir anyk görnüşi üçin dürli edilip ýasalýandyr (taýýarlanylýandyr).

### **3.4. Awtomatiki potensimetrleri baradaky umumy maglumatlar**

Awtomatiki potensimetrleri termoelektriki termometrler bilen bir komplektde (toplumda) hem-de doly şöhle ýaýradyjy piometr teleskoplary bilen senagatyň dürli pudaklarynda giňden ulanylýarlar. Olar bir wagtda temperaturanyň regulirlenmesini, signalizasiýasyny, ýazgysyny we ölçegini geçirmek üçin ulanyp bilinerler. Bu ýagdaýda potensimetrler temperaturany regulirlmek we signalizasiýalaşdyrmak üçin goşmaça gural bilen üpjün edilýärler. Bir nokatly potensimetrleriniň käbir modifikasiýalary ölçeg informasiýasyny distansion geçirmek üçin geçiriji özgerdijiler bilen öndürilýärler (çykarylýarlar). Awtomatiki potensimetrler başga ululyklaryň (basyşyň, sarp etmäniň (çykdaýynyň), derejäniň (уровень) we ş.m.) ölçemesi üçin giňden ulanylmasy tapýarlar, ýagny olaryň üýtgemesi hemişelik tok dartgynlygynyň üýtgemesine öwürlip biljek ýagdaýyna. Awtomatiki potensimetrleriniň gurnalyşynyň aýratynlyk tapawutlanmasy kompensirlenen dartgynlygynyň regulirlenmesi, şoňa görä-de dartgynlygyň ýa-da

termometriň termoelektrohereketlendiriji güýjiniň ölçemesiniň kanagatlylygy kalibrlenen reohordy boýunça dwižogyn başga ýere geçirmesi el bilen däl-de, üznüksiz gözegçilik guralynyň kömegi bilen awtomatiki taýdan amala aşyrylýanlygy bolup durýar. Üznüksiz işleýän, gözegçilik sistemaly awtomatiki potensiometre seredeliň. Bu görnüşň potensiometrlerinde  $U_{K.H.}$  kompensirlenen dartgynlygynyň we termometriň  $E(t, t_0)$  ölçenýän termoelektrohereketlendiriji güýjiniň deňliginde enjamyň gözegçilik sistemasynyň ýerine ýetiriji (исполнительный) mehanizmi rahatlyk ýagdaýynda bolýandyr. Eger-de ölçelýän  $E(t, t_0)$  termoelektrohereketlendiriji güýji  $U_{K.H.}$  kompensirlenen dartgynlygyga deň bolmasa, onda  $\Delta U$  balans däl signaly (hemişelik togynyň kompensirlenmedik dartgynlygy) BY özgerdiji kaskadyň girelgesine (güýçlendiriji guralyň girelgesine) berilýändir. Balans däl (небаланс) sugnaly girelge enjamynda üýtgeýän togyň elektrik signalyna öwrülýär we güýçlendiriji bilen signalyň polýarlygyndan bagly bolan çykyş waly şol ugurda aýlanyp duran ПД rewersiiv dwigatelini herekete getirmek üçin ýeterlik derejesine çenli güýçlendirilýär. Rewersiiv dwigateliň çykyş waly kinematiki peredaçasynyň (herekete geçirijisi) sistemasynyň üstünden ИС ölçeg shemasynyň rekord dwižogyna täsir edýär,  $U_{K.H.}$  dartgynlygy şol wagta çenli (до тех пор) üýtgedip, ýagny ol ölçenýän  $E(t, t_0)$  termoelektrohereketlendiriji güýjini deň agramlylygyna getirýänçä. Şol bir wagtda ölçenýän temperaturasynyň (termoelektrohereketlendiriji güýjiniň) ähmiýetini jemläp (fiksirläp), görkezijisi we  $K_p$  perosy (ýa-da köpnokatly enjamlardaky ýazýan enjamy) bolan karetkany herekete getirilýär. Ölçenýän termoelektrohereketlendiriji güýjiniň islendik soňky üýtgetmeleri täzeden rewersiiv dwigatelini herekete

getirýär, ol hem reohord dwižogynyň ölçeş shemasynyň kömegi bilen kompensirlenen dartgynlygy ölçenýän termoelektroherketlendiriji güýjiniň täze ähmiýetine deň bolan ähmiýetine üýtgedip, görkeziliji we peroly koretkany herekete getirip, ölçenýän temperaturanyň täze ähmiýetini jemleýär (fiksirleýär). Şunuň bilen, awtomatiki potensiometrlerdäki güýçlendiriji nol-organyň funksiýalaryny ýerine ýetirýär we bir wagtda enjamyň gözegçilik sistemasynyň ýerine ýetiriji mehanizmi bolýan rewersiw dwigatelini herekete getirmek üçin gerekli ähmiýetine çenli ölçeş shemasyndan gelýän razbalansyň signalynyň kuwwatlygyny we dartgynlygyny güýçlendirýär. Diagramma kagyzyň B3 ýazgy blogynyň geçiriji mehanizminiň priwody (herekete getirmesi) CД sinhron dwigateli tarapyndan amala aşyrylýar, köp nokatly enjamlarda bolsa bu dwigatel termoelektriki termometrleriniň iki polýusly pereklyuçateli we koretkany ýazýan enjamyny herekete getirýär. Üznüksiz işleýän enjamyň indiki sistemasy bolsa reohordsyz awtomatiki potensiometrlerde ulanylýar. Aşakda seredilýän awtomatiki potensiometrleri ýokary klasly takyk tehniki umumysenagat enjamlarydyr. Olar disk we lenta diagrammasynda ýazgylary görkezýän we özünden ýazýan enjamlardyr. Diskly diagramma kagyzyly enjamlar bir nokatdaky temperaturanyň ýazgysyny we ölçeşini geçirmek üçin gulluk edýärler.

Birnäçe nokatlardaky temperaturanyň ýazgysyny we ölçeşini geçirmek üçin lentaly diagrammaly potensiometrler birnokatly we köpnokatly görnüşlerinde öndürilýärler. Birnokatly özünden ýazyjy enjamlar ölçenýän temperaturanyň ähmiýetini hereketlendirýän diagramma kagyzynda üznüksiz çyzyk bilen ýazýan pero ýa-da başga bir gural bilen üpjün edilýärler. Köpnokatly

özünden ýazyjy enjamlar ikipolýusly pereklyuçatel we bir reňkli ýa-da köp reňkli ýazgysy üçin peçatly mehanizmi bolan karetk bilen üpjün edilýärler, olar öz gezeginde enjama birikdirilen ähli termoelektriki termometrleriniň ölçeş shemasyna nobatlaýyn awtomatiki birikdirýändir. Kompensasiýa emele gelende karetkanyň peçatlaýjy mehanizmi sifraly nokady peçatlaýar, ol öz gezeginde şu pursatdaky ölçenýän termoelektrohereketlendiriji güýjiň termometriniň nomerini aňladýar. Pereklyuçatel awtomatiki ýagdaýynda enjamyň ölçeş shemasyna indiki termometri birikdirýär. Şunuň bilen ölçenilýän temperaturanyň ýazgysy nokatlaryň sifralar bilen yzygiderlilikde amala aşyrylýar, ol hem sikliň (iki sany yzygiderli otpeçatkalarynyň wagtynyň arasynda) uzak wagtlaýyn dogry saýlap alanynda we diagrammanyň hereket tizliginde birsydyrgyn ölçenýän temperaturanyň wagtdan üznüksiz baglylygyny kesgitleýär. Awtomatiki potensiometrleri olaryň ulanmagyndan baglylykda selsiý graduslaryndaky şkalanyň graduirlenmesi we adatça milliwoltmetrlerdäki dartgynlygyň birliklerinde öndürilýär. Temperaturaly şkalaly potensiometrler ulanylanda şuny göz önünde tutmalydyr, ýagny olaryň şkalasy siferblatdaky görkezilen graduirlenme belligine degişlidir, we şol sebäpden, termoelektriki termometri kesgitlemek üçindir. Watanda enjamgurluşyk senagaty tarapyndan öndürilýän awtomatiki elektron potensiometrleri üçin 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; (GOST 7164-71) takyk klaslary belenenilendir. Köpçäkli potensiometrler her bir çägi üçin dürli takyk klasly bolup bilerler. Potensiometrleriň görkezmesiniň goýberilýän esasy ýalňyşlyklarynyň çäkleri ölçenýän ululygyň normalaşdyrylan ähmiýetinde bildirilen, şkalanyň ähli belliklerinde 0,25; 0,5; 1,0; 1,5 (degişlilikde) takyk

klaslary üçin  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1,0$  we  $\pm 1,5$  geçmeli dälidir. Özünden ýazyjy potensiometrleriň diagrammasynyň ähli belliklerinde goýberilýän esasy ýalňyşlyklaryň çäkleri takyk klasdan we 60% otnositel çyglylykdaky ýazgy meýdanynyň giňliginden baglylykda kesgitlenilýändir. Mysal üçin, 0,25 we 0,5 takyk klasly hem-de ýazgy meýdanynyň giňligi 250mm bolan awtomatiki potensiometrler üçin goýberilýän esasy ýalňyşlyklaryň çäkleri diagrammanyň ähli belliklerinde  $\pm 0,5\%$  geçmeli dälidir, a 0,5 takyk klasly we ýazgy meýdanynyň giňligi 160mm bolan enjamlar üçin ölçenýän ululygyň normirleýji ähmiýeti -  $\pm 1,0\%$  bolmalydyr. Potensiometrleriň görkezmesiniň wariasiýasy 0,25 takyk klasly enjamlar üçin normirleýji ähmiýeti 0,2% geçmeli dälidir we goýberilýän esasy ýalňyşlyklarynyň absolýut ähmiýetiniň çägi bolsa – beýleki klasly enjamlar üçin. Potensiometrler üçin ölçenýän ululygyň normirleýji ähmiýeti we ölçeg diapozony dartgynlygyň birliklerinde kesgitlenendir. Awtomatiki potensiometrler daşky howanyň 5-den 50°C çenli temperaturasyndaky we 30-dan 80% çenli otnositel çyglylykdaky stasionar şertlerinde işlemek üçin niýetlenendir. Diapazon ölçegleri 10mB we ýokary bolan potensiometrleriň görkezmeleriniň üýtgemegi termoelektriki termometriniň boş uçlarynyň temperaturasynyň kompensasiýasy barlygy we daşky howanyň temperaturasynyň üýtgemesi sebäpli 20-den  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ -dan islendik temperatura çenli her bir  $10^{\circ}\text{C}$  5-den 50°C çenli interwalda 0,25 we 0,5 takyk klasly enjamlar üçin 0,2% geçmeli dälidir, 1,0 we 1,5 klasly enjamlar üçin – 0,25%; ölçeg diapazony 10mB az bolmadyk (şkalanyňuzynlygy 160mm. bolan) enjamlar üçin 0,25% we 0,4% geçmeli dälidir. Termoelektriki termometriň boş uçlarynyň temperaturasynyň kompensasiýasy bolmadyk

potensiometrler üçin her bir  $10^{\circ}\text{C}$  görkezmeleriň üýtgemegi 0,25 we 0,5 klasly enjamlar üçin 0,1% geçmeli däldir we 1,0 hem-de 1,5 klasly enjamlar üçin – 0,15% geçmeli дәl. Potensiometrleriň elektrik zynjyrynyň güýjiniň peýdalanmasy çastotasy (ýygylgy)  $50 \pm 1 \text{ Гц}$  bolan  $220^{+22}_{-33}\text{В}$  üýtgäp durýan togyň datgynlyk setinden amala aşyrylar. Enjamlaryň elektrik zynjyrynyň güýjiniň peýdalanmagynyň dartgynlygy  $+10\text{-na}$  we  $-15\%$  üýtgemeginde 0,25 takyk klasly enjamlar üçin potensiometrleriň görkezmeleriniň üýtgemesiniň ähmiýeti 0,2% geçmeli däldir we başga takyk klasly potensiometrler üçin göýberilýän esasy ýalňyşlyklaryň çäginі absolyut ähmiýetiniň ýaryndan (ýartysyndan) geçmeli дәldir. Potensiometrleriň ölçeg shemasynyň peýdalanmasy stabilizirlenen (durnukly) peýdalanmasynyň çeşmesinden amala aşyrylyar, ol hem enjama gurnalyp goýulandyr. Awtomatiki potensiometrleriniň diagramma lentalarynyň we diskleriniň hereketlenmesiniň tizliginiň ýalňyşlygy  $50 \text{ Гц}$  çastotadaky we setiň  $220^{+22}_{-33}\text{В}$  dartgyllygyndaky bellenen tizligiň  $\pm 0,5\%$  geçmeli дәldir. Öndürilýän özünden ýazyjy potensiometrleriniň diagramma lentasynyň hereketlenmesiniň nominal tizligi 20-den 54000 mm/s çenli çäklerinde ýatandyr. Seriyalaýyn öndürilýän diskly diagrammaly enjamlaryň disk diagrammasynyň aýlanmasy tizligi adaty 24 sagatdaky bir aýlanmasyna deňdir, ýöne ol başga-da bolup biler. 0,25; 0,50; 1,0; 2,5; 5,0 hataryndan modifikasiýasy we görnüşi boýunça baglylykda saýlanyp alynýan seriyalaýyn öndürilýän potensiometrleriniň görkezijisiniň ähli şkalanyň geçmeginiň wagty 10 we 16 sekunttdyr. Ölçeg diapazony 10mB we ýokary bolan potensiometrleriň

görkezmeleriniň üýtgemegi daşky magnit meýdanynyň 400A/m dartgynlygynyň täsiri bilen we çastotasy 50Гц bolan üýtgeýän togy bilen emele gelen netijesinde, iň ýaramaz fazada we meýdanyň ugry boýunça ölçegler diapazony  $\pm 0,5\%$  geçmeli däldir. Giriş ölçegli gysyşlarynyň arasyndaky ýaramaz (parazit) signalynyň täsiri bilen potensiometrleriň görkezmeleriniň üýtgemesi peýdaly signal bilen yzygiderli hereket edýän, enjamlaryň ölçeg diapazony 20% çenli we islendik faza burçy bolanda, potensiometrleriň göýberilýän esasy ýalňyşlygynyň çäginde geçmeli däldir. Şunda enjamlaryň görkezijileriniň wariasiýasy göýberilýän esasy ýalňyşlygynyň absolýut ähmiýetiniň çäginde geçmeli däldir. Enjamlaryň görkezmeleriniň üýtgemegi hemişelik togynyň ýaramaz dartgynlygy we üýtgeýän togynyň islendik fazaly burçynyň islendik ölçeg gysyşynyň we ýere birleşdirilen korpusynyň arasynda emele gelende, enjamlaryň ölçegleriniň ähli diapazonynda potensiometrleriniň göýberilýän esasy ýalňyşlyklarynyň 0,5 çäginde geçmeli däldir. Bu ýagdaýda görkezmeleriniň wariasiýasy göýberilýän esasy ýalňyşlyklaryň absolýut ähmiýetiniň çäginde geçmeli däldir. Termoelektriki termometr bilen komplektdäki awtomatiki termometr tarapyndan temperaturanyň ölçeginiň ýalňyşlygy kesgitlenende şuny göz önünde tutmalydyr, ýagny göýberilýän esasy ýalňyşlygyň çägi we potensiometriň görkezmeleriniň täsirli ululyklaryň hereketiniň netijesinde, olaryň ähmiýetleriniň normirlenen oblastynyň çäginde üýtgemegi ölçenilýän ululygyň normirlenen ähmiýetiniň görerimindäki (prosentindäki) ýalňyşlygy ýaly getirilendir, we termoelektriki termometrleriniň hem-de termoelektrod simleriniň göýberilýän graduirlenen ýalňyşlygy milliwoatlarda

görkezilen absolyút ýalňyşlygy görnüşinde normirlenendir. (4-7-3 we 4-9-1 tablisalary).

### 3.4.1. Takyk mysallaryň çözülişi

Mysal. Normal şertlerindäki has gyzdyrylan suw bugynyň temperaturasynyň ölçeg ýalňyşlyk çäginini TXA-284 görnüşindäki termoelektriki termometr bilen komplektidäki awtomatiki özünden ýazyjy 0,5 klasly 200-600 °C şkalaly potensiometr tarapyndan kesgitleliň we ekspluatasion şertlerindäki bugyň temperaturasynyň ölçeg ýalňyşlygynyň çäginini tassyklalyň. Potensiometr bugyň temperaturasyny  $t=565\text{ °C}$  görkezýär.

Normal şertlerindäki bugyň temperaturasynyň ölçegindäki ýalňyşlygynyň kesgitlemesi.

0,5 klasly (ýazgy meýdanynyň giňligi 250mm) potensiometr tarapyndan göýberilýän esasy absolyút ýalňyşlygynyň görkezmeleriniň we ýazgysynyň çäkleri:

$$\Delta E_n = \pm \frac{\delta E_A}{100} = \pm \frac{0,5 \cdot 16,78}{100} = \pm 0,083 = \pm 0,08 mB,$$

$\Delta t_n = \pm 2\text{ °C}$  (П4-7-3 tablisasyna) görä laýyk gelýändir ýa-da

$$\delta_n = \pm \frac{\Delta t_n}{t} * 100 = + \frac{2}{565} * 100 = \pm 0,35\%$$

4-7-3 tablisasyna laýyklykda TXA-284 termometriniň göýberilýän graduirlenme ýalňyşlygy:

$\Delta E_t = \pm [0,16 + 2,0 \cdot 10^{-4}(t-300)] = \pm [0,16 + 2,0 \cdot 10^{-4}(565-300)] = \pm 0,21 mB$ ,  $\Delta t = \pm 5,3\text{ °C}$  (П-4-7-3 tablisasyna) görä laýyk gelýändir ýa-da

$$\delta t = \pm \frac{\Delta t_T}{t} * 100 = \pm \frac{5,3}{565} * 100 = \pm 0,94\%$$



4-9-1 tablisasy laýyklykda XA termoelektrod simleriniň žilalarynyň arasynda bilelikde termoelektrohereketlendiriji güýjiniň göýberilýän ýalňyşlygy (gyşarmasy):

$\Delta E_{T.\Pi} = \pm 0,15 \text{ mB}$ ,  $\Delta t_{T.\Pi} = 3,8$  °C (П4-7-3 tablisasyna) göre laýyk gelýändir ýa-da

$$\delta_{T.\Pi} = \pm \frac{\Delta t_n}{t} * 100 = + \frac{3,8}{565} * 100 = \pm 0,67\%$$

Komplekt üçin görkezmeleriň çäklendirilen absolýut ýalňyşlygy şu formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\Delta E_{\Pi.K.} = \pm \sqrt{\Delta E_n^2 + \Delta E_T^2 + \Delta E_{T.\Pi}^2} = \pm \sqrt{0,08^2 + 0,21^2 + 0,15^2} = \pm 0,27 \text{ mB}$$

П4-7-3 tablisasyna göre  $\Delta t_{\Pi.K.} = \pm 6,8 \approx 7$  °C laýyk gelýändir ýa-da

$$\delta_{\Pi.K.} = \pm \frac{\Delta t_{\Pi.K.}}{t} * 100 = \pm \frac{7}{565} * 100 = \pm 1,2\%$$

Bugyň gije-gündiziň ortaça hasaby boýunça temperaturasynyň ýazgysynyň çäklendirilen otnositel ýalňyşlygy (ýazgy meýdanynyň giňligi 250mm) komplet üçin -  $\delta_{\Sigma.\Pi} = \pm \sqrt{\delta_n^2 + \delta_T^2 + \delta_{T.\Pi}^2 + \delta_{\Pi.\Pi}^2}$  formulasy boýunça kesgitlenýär, onda  $\delta_{\Pi.\Pi}$  – diagramma lentasy boýunça bugyň gije-gündiziň ortaça hasaby boýunça temperaturasynyň ähmiýetiniň kesgitleme ýalňyşlygy; planimetriň göýberilýän otnositel ýalňyşlygyna deňlikde kabul edilýär, %(planimetriň ýalňyşlygy onuň konstruksiýasyna baglydyr). Polýar planimetri üçin  $\delta_{\Pi.\Pi} = \pm 0,5\%$  kabul edip, (4-17-1) formulasy boýunça komplet üçin bugyň temperaturasynyň ýazgysynyň çäklendirilen ýalňyşlygyny kesgitläň:

$$\delta_{\Sigma.K.} = \pm \sqrt{0,35^2 + 0,94^2 + 0,67^2 + 0,5^2} = \pm 1,3\%$$

ol hem  $\Delta t_{\Sigma.K.} = \pm 565 * 0,013 = \pm 7,3$  °C laýyk gelýändir.

Bugyň gije-gündiziň ortaça hasaby boýunça temperaturasynyň ýazgysynyň çäklendirilen ýalňyşlygynyň ýakynlaşan ähmiýeti kesgitlenende diagramma lentasynyň üýtgemeginiň tizliginiň ýalňyşlygyna äsgermezlik edip bolar. Eger-de 0,5 klasly özünden ýazyjy potensimetriniň ýazgy meýdanynyň giňligi 160mm bolsa, onda onuň ýazgysynyň göýberilýän esasy absolýut ýalňyşlygynyň çäkleri şuna deňdir:

$$\Delta E_n = \pm \frac{\delta E_n}{100} = \pm \frac{1 \cdot 16,78}{100} = \pm 0,17mB$$

П4-7-3 tablisasyna görä  $\Delta t_n = \pm 4,2 \approx \pm 4$  °C laýyk gelýändir ýa-da

$$\delta_n = \pm \frac{\Delta t_n}{t} * 100 = \pm \frac{4}{565} * 100 = \pm 0,7\%$$

$\delta_T, \delta_{T.П.}, \delta_{П.Л.}$  ýalňyşlyklar öňki ähmiýetlerini saklaýarlar. Bu ýagdaýdaky bugyň gije-gündiziň ortaça hasaby boýunça temperaturasynyň ýazgysynyň çäklendirilen otnositel ýalňyşlygy (ýazgy meýdanynyň giňligi 160mm) komplekt üçin

$$\delta_{3.К.} = \pm \sqrt{\delta_n^2 + \delta_T^2 + \delta_{T.П.}^2 + \delta_{П.Л.}^2} = \pm \sqrt{0,7^2 + 0,94^2 + 0,67^2 + 0,5^2} = \pm 1,4\%$$

ol hem  $\Delta t_{3.К.} = \pm 8$  °C laýyk gelýändir. Bu mysaldaky termoelektriki termometr bilen komplektdäki awtomatiki potensimetriň temperaturanyň ýazgysynyň we görkezmesiniň çäklendirilen ýalňyşlygynyň ulanylýan bahalanma metodikasy barlaglaryň netijeleri bilen gabat gelýär. Komplekt üçin temperaturanyň ýazgysynyň we görkezmeleriň ýalňyşlygy barlaglaryň netijeleri boýunça hasaplanan ähmiýetleri bilen deňäniňde 10-15% çenli azdyr.

## 4. Basyşy ölçemegiň usullary

### 4.1. Umumy maglumat

Gysýan enjamda üýtgeýän basyş boýunça suwuklyklaryň, gazyň we buguň mukdarynyň hem-de sarp edilşiniň ölçenilşi has ýaýran we öwrenilen usullaryň biri. Gysýan (daralýan) enjamyň ýerine ýetirýän işi –bu özgerdiji hökmünde, ýagny ol trubageçirijä birikdirilip, ol ýerde gysylma bolup geçýär. Şol sebäpli akýan maddanyň tizligi, akymyň tizligi bilen deňşdireniňde artýar. Bu bolsa, gysylan bölümine bagly bolýar. Tizligiň artmagy, gysylma bölümünde akymyň kinetiki energiýasynyň artmagy netijesinde potensial energiýasy peselýär. Mundan gelip çykýar, ýagny gysylýan (daralýan ýerde) bölümde statiki basyş az bolýar. Netijede, gysylma enjamyndan madda akyp geçende, basyşyň üýtgemegine goldaw berýär, ýagny  $\Delta p = p_1 - p_2$ , bu öz gezeginde suwuklygyň akym tizligine we onuň sarp edilşine bagly bolýandyr. Gysylma desgasynda emele gelýän basyşyň üýtgame prosessi trubageçirijide akýan maddanyň ululygy bolup bilýär. Basyşyň üýtgemegi bilen maddanyň sarp edilşiniň iň wajyp diýip hasaplasa bolar we şol ýerde ony kesgitlep bolar. Basyşyň üýtgemesi difmanometr abzaly bilen öçenilýär.

Suwuklyklaryň, gazlaryň we buguň sarp edilşini standart diafragmalar, akabalar we Wenturiniň akabasy (soplo) gysyjy desga hökmünde ölçemek üçin giňden peýdalanýar.

Diafragma, ol ýukajyk disk bolup, kesilme geçýän ýeri tegelek, onuň merkezi turbanyň okunda ýerleşdirilen. Akymyň gysylmagy diafragma çenli bolup geçýär we diafragmadan geçen soň, akymyň kesilmesi minimal

bahasyna ýetýär. Soňra bolsa, akym ýuwaş-ýuwaşdan turbageçirijiniň kesilmesine çenli ulalýar. Turbageçirijiniň diwarlaryndaky basyşyny häsiýetlendirýän egri çyzyk görnüşinde şekillendirilen, punktirli-egri çyzyk bolsa, öz gezeginde turbageçirijiniň okunda basyşy häsiýetlendirýär. Görşümüz ýaly, diafragmadan soň, basyş doly dikeldilmeýär. Diafragmada madda akyp geçenden soň, burçlarynda “öli zona” emele gelýär. Ol ýerde basyşlary dürlüligi sebäpli suwuklygyň yzyna gaýtma hereketi emele gelýär ýa-da başgaça, ikilenji akym. Suwuklyklaryň süýgeşikligi esasy we ikilenji akymyň biri-birine gapma-garşylykly ugrukdyrylanlygy sebäpli tüweleý görnüşinde lagtylanýar. Tüweleý emele gelende ep-esli energiýa harç edilýär, şonuň bilen birlikde basyş hem ýitýär (kemelýär). Diafragmadan öň zogrulýan akymyň (struýa) ugrunyň üýtgemegi we diafragmanyň gysylmagy bolup geçenden soň, zogrulan akym uly täsir etmeýär.  $p_1$  we  $p_2$  basyşyň iki sany aýratyn deşikleriniň kömegi bilen seljerme bolup geçýär. Olar diafragmanyň diskinden öň we soň burçunda ýerleşdirilen. Burçlary bolsa, öz gezeginde diafragmanyň tekizligini we turbageçirijiniň içki ýüzüni emele getirýär.  $p_1$  we  $p_2$  basyşlaryň seljermesi başga görnüşleri aşakda görkezilen.

## 4.2. Ölçegleriň alnyşy

Akaba (soplo) tegelek deşikli goýum görnüşinde görkezilen, onuň görnüşü (daşky keşbi) saldamly kiçelýän girelgede çykalgada bolsa, ulalýan silindriki şekilli bölüm. Soplonyň profili akymyň doly gysylmagyny üpjün edýär we soplonyň deşiginiň meýdany akymyň minimal kesilmesine deň diýip hasaplasa bolýar ( $F_d = F_2$ ). Tüweleý emele gelmegi energiýanyň az ýitgisine getirýär,

diafragma seredeniňde. Turbageçirijiniň diwarlaryndaky we oky boýunça basyşyň üýtgemesi egriler görnüşinde bolup, olaryň häsiýeti edil diafragmanyňky ýaly, emma soplo üçin galyndy ýitgisi Pý diafragma seredeniňde az. Ýöne şu ýerde bellemek gerek, ýagny şol bir çykdaýynyň geçýän deşiginiň meýdany Fd diafragma üçin uly akaba bilen deňeşdirilýär. Şonuň üçin basyşyň ýitgisi bu ýagdaýda (halda) deňräk diýse bolar. p1 we p2 basyşlaryň seljermesi akabadan ön we soň diafragmada ýaly alnyp barylýar (geçirilýär).

Wenturiniň akabasynyň gurluşy: silindr şekilli girelge meýdançasý, onuň saldamly gysylýan bölegi gysga silindr meýdançasyna geçýär, onuň giňelýän böleginden diffuzora geçýär. Gysylýan desganyň şu görnüşiniň artykmaçlygy beýleki görnüşlere görä, diffuzoryň barlygy basyşyň ýitgisi has az bolýar. p1 we p2 basyşlaryň seljermesi, iki sany halkaly kameralaryň kömegi bilen amala aşyrylýar. Olary hersi aýratynlykda Wenturiniň akabasynyň içki ýüzi bilen birikýär, ol toparlar deşikleriniň töwerekleri boýunça ýerleşdirilendir.

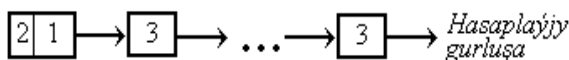
Gysylýan desgalaryň ähli görnüşleri üçin esasy deňlemeler we gysylýan desgalaryň döredýän üýtgame basyşy boýunça maddanyň sarp edilşiniň deňlemeleriniň käbir koeffisientleri tapawutlanýarlar.

***Maddalýyn ölçegler*** — n o m i n a l (barlanyp tassyklanylan) b a h a diýlip atlandyrylýan baha bilen häsiýetlendirilýän, berlen ölçeg ululygy bolan fiziki ululygy gaýtadan döretmek üçin niýetlenendir. Fiziki ululygyň nominal bahasynyň gaýtadan döredilmeginiň takyklygyny görkezmek şerti bilen: çekim daşy — massanyň ölçegi; kondensator — elektrik sygymynyň, kwars generatory — elektrik yrgyldylarynyň ýygylgynyň ölçegi we ş.m. Ölçegler bir belgili, köp belgili toparlara

bölünýärler, şeýle hem ölçegleriň ýygyny toplumlary hem bolýar. Meselem, çekim daşy hem-de hemişelik sygymyň ölçeýji kondensatory — bular bir belgili ölçegler, masştab ölçeg çyzgyjy hem-de üýtgeýän sygymyň kondensatory bolsa, — köp belgili ölçeglerdir. Çekim daşlarynyň we ölçeýji kondensatorlaryň toplumlary — ölçegleriň ýygyny toplumlarydyr. Ölçeg bilen deňşdirmegi ýörite tehniki serişdeleriň — k o m p a r a t o r l a r y ñ (deňşdirijileriň — *compare* (inlisçe) – deüşdiriş) kömegi bilen amala aşyrylýar. Komparatorlar bolup, ýörite deňeginli tereziler, ölçeýji köprüler (измерительные мосты) we ş.m.-ler hyzmat edip bilerler. Kä halatlarda komparatorlar hökmünde (meselem, ölçeg çyzgyjy arkaly uzynlyk ölçenilende) adamyň özi hem çykyş edip biler.

**Ölçeýji özgerdijiler** — ölçeg maglumatyny soňra täze görnüşe

getirip,  
özgertmek,



öwürmek,

2-nji surat. Ölçeýiş zynjyry:

saklamak,

1— duýgur 2 elementli ilkinji ölçeýiş

gaýtadan

işläp bejermek üçin işläp

bejerip, amatly, ýöne, adatça, gözegçi üçin gönüden-göni kabul ederlikli bolmadyk görnüşe getirýän ölçeg serişdeleridir. Ölçeýji özgerdijileriň ulanylyşynyň gerimi giňdir. Olara termoparalar (temperaturany

öleýjiler),ölçeýji güýçlendirijiler, basyşy özgerdijiler we ölçeýji gurluş-gurallaryň beýleki köp görnüşleri degişlidir. Ölçeýiş zynjyrynda tutýan orny boýunça olar: ilkinji, aralyk we ş.m. (3-nji surata seret) özgerdijilere bölünýärler. Konstruksiýasy boýunça özgerdijiler aýratyn bloklar görnüşinde ýa-da ölçeg serişdesiniň düzüm bölegi

bolup durýar. Eger-de özgerdijiler ölçeýiş zynjyryna girmeyän bolsa, hem-de olaryň metrologik häsiýetleri kadalaşdyrylmadyk (normirlenmedik) bolsa, onda olar ölçeýiş özgerdijilerine degişli dälidirler. Olara mysal edip, meselem, operasiýalaýyn güýçlendirijini, elektrik üpjün ediş ulgamynyň dartgynlylygyny bölüjini, güýç transformatorlaryny we ş.m.-leri getirse bolar.

**Ölçeýji abzal** — ölçeýiş zynjyryny emele getirýän özgerdijileriň toplumyndan hem-de hasaplaýjy gurluşdan ybaratdyr. Maddalaýyn şlçegden tapawutlylykda, ölçeýji abzal fiziki ululygyň belli bahasyny täzeden döretmeýär. Ölçenilýän ululyk oňa golaýlaşdyrylmalydyr we onuň ilkinji özgerdijisine täsir etmelidir.

**Ölçeýji desga** — bir ýerde ýygnalan, ýerine ýetirýän wezipeleri boýunça, ýagny funksional görnüşde birikdirilen ölçeg serişdelerinden we kömekçi gurluşlardan ybaratdyr. Ölçeýiş ulgamlarynda bu serişdeler hem-de gurluşlar ýerleşýän ýerleri boýunça üznedirler we özara arabaglanyşyk kanallary arkaly birikdirilýärler.

Desgalarda-da, ulgamlarda-da ölçeg maglumatyny gönüden-göni kabul edip almak, hem-de awtomatlaşdyrylan dolandyryş ulgamlarynda awtomatiki işläp düzmek, bejermek, geçirmek we ulanmak üçin amatly hem-de oňaýly görnüşde berlip bilner.

## 5. Manometrler. Manometri oturtmak we oňa hyzmat etmek

### 5.1. Difmanometriň kömegi bilen basyşyň ölçenilşi

Kondensatoryň bugardyjy turbinalardaky suwuň derejesiniň ölçenilşi, olary ulanmakda uly ähmiýete eýedir. Eger-de, suwuň derejesi ýokarlansa, kondensatoryň aşaky sowadyjy turbalarynyň suwa dolmagyna getirýär, ol bolsa, kondensatyň (suwuň) sowamagyna getirýär. Suwuň derejesiniň has peselmegi kondensat nasosyň sorujy turbasynyň işini peseldýär. Kondensatoryň turbalarynyň suwunyň derejesiniň gözegçiligi ýerli we distansion usul bilen amala aşyrylýar.

- 1) ýerli gözegçilik – kondensatoryň özünde ýerleşdirilen. Suw görkeziji aýna gabyň kömegi bilen yerine ýetirýär.
- 2) distansion gözegçilik – difmanometriň kömegi bilen yerine ýetirilýär. Gözegçilik amala aşyrýan enjamlar suwuň derejesiniň peselendigini ýa-da ýokarlanandygyny kabul edýän abzal bilen üpjün edilen bolmaly.

Turbalaryň kondensatorlaryndaky suwuň derejesini difmanometriň kömegi bilen ölçenýär. Deňleýji gap bilen difmanometriň arasyndaky basyşyň  $\Delta p$  tapawudy kondensatordaky suwuň derejesine proporsionaldyr.

$$\Delta p = [H\rho_{\text{suw}} - h\rho_{\text{suw}} - (H-h)\rho_{\text{bug}}]g, \quad (41)$$

ýa-da

$$\Delta p = (H-h)(\rho_{\text{suw}} - \rho_{\text{bug}})g, \quad (42)$$

$\rho_{\text{suw}}$  – suwuň dykzlygy  $H, h$ , kg/m<sup>3</sup>



$\rho_{\text{bug}}$  – buguň dykzlygy,  $\text{kg/m}^3$

Eger  $\rho_{\text{bug}} \ll \rho_{\text{suw}}$  göz öňünde tutsak, ýokardaky formula:

$$\Delta p = (H - h) \rho_{\text{suw}} g, \quad (43)$$

görnüşine eýe bolýar. Kondensatordaky suwuň ýokary derejesinde:

$$h = H, \quad \Delta p_{\text{suw}} = 0, \quad (44)$$

alarys. Şu termini peýdalanyp, kondensatordaky suwuň pes derejesinde  $h = 0$ , difmanometriň we deňleýji gaplaryň arasyndaky basyş:

$$\Delta p_{\text{suw}} = H \rho_{\text{suw}} g, \quad (45)$$

Ýokary basyşly ýyladyjylaryň, pes basyşly ýyladyjylaryň suw derejesiniň gözegçiligi enjamlary kadaly ulanmakda uly ähmiýeti bardyr. Ýyladyjylardaky suwuň derejelerini ölçemek üçin elektrik signallary özgerdiji guraly ulanýarlar. Suwuň derejesiniň gözegçiligini şeýle hem kontakt enjam bilen üpjün edilen, difmanometrler arkaly geçirilýär. Difmanometrleri ýyladyjylary birikdirmek üçin adaty ýagdaýda birkameraly deňleýji gaplar ulanýarlar.

## 5.2. Gyzdyryjylarda suwuň basyşynyň ölçenilşi

Ýokary basyşly ýyladyjylaryň ölçenilşi: deňleýji gap bilen difmanometriň arasyndaky emele gelýän basyşyň, ýagny  $\Delta p$  tapawudy ýokary basyşly ýyladyjydan gyzdyrylýan buguň derejesine proporsionaldyr:

$$\Delta p = [H\rho_{\text{suw}} - h\rho_k - (H-h)\rho_{\text{bug}}]g, \quad (46)$$

ýa-da

$$\Delta p = [H(\rho_{\text{suw}} - \rho_{\text{bug}}) - h(\rho_k - \rho_{\text{bug}})]g, \quad (47)$$

Bu ýerde,

$\rho_{\text{suw}}$ ,  $\rho_{\text{bug}}$ ,  $\rho_k$  – kondensatyň, buguň, suwuň  $H$  sütünäki dyklyzlygy.

Baklardaky, apparatlardaky we rezewuarlardaky suwuklygyň derejesiniň ölçenilşi – difmanometriň kömegi bilen basyşlaryň tapawudyny ölçeniş usuly ulanylýar. Difmanometrler dürli görnüşde bolýar:

- 1) hasaplaýyş enjamly
- 2) elektrik
- 3) pneumatiki signally

Derejesi ölçenilýän suw dürli basyşda bolýanlygy üçin difmanometriň görnüşini, kysymyny göz önünde tutumly. Difmanometri baka ýa-da başga enjama birikdirmek üçin dürli tipdäki deňleýji gaplar ulanylýar. Bakdaky suwuň derejesini ölçemek üçin suwuň derejesiniň hemişeligini üpjün etmeli. Eger-de, suwuň häsiýeti difmanometre birikdirme prosessine päsgel berýän bolsa, deňleýji gabyň deregine başga görnüşli aýryjy gaplar ulanylýar. Deňleýji, aýryjy ölçeýjiler difmanometriň “+” “-” kameralaryň göwrümlerine bagly. Başga görnüşdäki aýryjy enjamlar ulanylanda urownemeriniň görkezijileriniň üýtgemeklerini göz önünde tutmaly. Adaty ýagdaýda birkameraly deňleýji gaplar ulanylýar.

## 6. Barometrler. Wakuummetrler.

### 6.1. Ölçegleriň ýerine ýetirilişiniň hasaplamasy

Islendik ölçeg serişdesiniň ulanylyş prosesinde işlemegiň bes edilmegi diýlip atlandyrylýan näsazlyk ýa-da onuň döwürmegi ýüze çykyp biler. İşlemegiň birdenkä bes edilmegi, onuň tötänlikli ýagdaýda bolýandygy sebäpli, onuň boljagyny öňünden çaklap bilmek mümkin däl. Ölçeg serişdeleriniň seriýalaýyn ýasalyp çykarylýan elektriki hem-de radiotehniki elementleriniň (tranzistorlaryň, rezistorlaryň, kondensatorlaryň, induktiwlik tegekleriniň we ş.m.-leriň), olaryň işlemeklerini bes etmekleriniň  $\lambda$  depginliligini — wagt birliginde näçe gezek işlemegini bes edýändigini görkezýän ýörite tablialary bolýar. Eger-de zerur maglumatlar ýok bolsa, onda olary eksperimental tejribe arkaly elementleriň ygtybarlylygyna bolan synaglaryň netijesinde almak bolýar. Munuň üçin bir nusgawy görnüşli (tipli)  $N$  elementlere olaryň adaty işleýiş kada-režimi we kesgitli  $\Delta t$  wagt aralygynda işlemekleriniň  $\ell$  sany berkidilýär. Elementiň işlemegini bes etmeginiň depginligi şu ýagdaýda

$$\lambda = \frac{\ell}{N \cdot \Delta t}, \quad (48)$$

formula boýunça kesgitlenilýär. Her bir elementiň işlemegini bes etmeginiň depginliligini bilip, şol elementlerden ybarat ölçeg serişdeleriniň işlemeginiň bes edilmeginiň depginligini kesgitlese bolar:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot m_i, \quad (49)$$

bu ýerde  $n$  – ölçeg serişdeleriniň düzümine girýän elementleriň nusgawy görnüşleriniň (tipleriniň) san mukdary;  $m_i$  –  $i$  nusgawy görnüşli (tipi) elementleriň mukdar sany.

Ölçeg serişdeleriniň bökdençsiz işlemeginiň ähtimallygy

$$P(t) = e^{-\int_{-\infty}^t \lambda_{\Sigma}(t) dt}, \quad (50)$$

işlemeginiň bes edilmegine bolan köp işleme diýlip atlandyrylýan bökdençsiz işlemeginiň ortaça wagty bolsa,

$$T_{ortaça} = \int_0^{\infty} P(t) dt, \quad (51)$$

formula arkaly kesgitlenilýär.

Işlemeginiň bes edilmeginiň  $\lambda_{\Sigma}$  depginliligine bökdençsiz işlemeginiň  $P(t)$  ähtimallygyna hem-de işlemeginiň bes edilmegine bolan  $T_{ortaça}$  köp işlemä ölçeg serişdeleriniň ygtybarlylygynyň görkezijileri diýilýär. Işlemeginiň tötänleýin bes edilmeginiň ölçeg serişdeleriniü näçe wagt işlänine garamazdan, islendik pursatda bolmagynyü mümkindigi sebäpli, işlemeginiň birdenkä bes edilmeginiň depginliligi wagta bagly däldir:

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \lambda_{\Sigma} = \text{const.}$$

Şonuň üçin hem, haçanda işlemeginiň birdenkä bes edilmegi barada aýdylanda, bökdençsiz işlemeginiň ähtimallygyna hem-de işlemeginiň bes edilmegine bolan köp işleme has ýönekeý aňlatmalar arkaly kesgitlenilýär:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} t}, \quad (52)$$

$$T_{ortaça} = \frac{\ell}{\lambda_{\Sigma}}, \quad (53)$$

## 6.2. Ölçeqleriň metrologiki ygtybarlylygy

İşlemegiň birdenkä bes edilmeleri özleriniň ýüze çykmalarynyň aýratynlyklary boýunça a ç - a ç a n b e s e d i l m e l e r bolýarlar. Olar deňeşdirilende ýeňil ýüze çykarylýar, we olaryň sebäpleri anyklanandan soňra ýüze çykan näsazlyklar aradan aýrylýar. Metrologiki häsiýetnamalaryň wagtyň geçmegi bilen olar üçin bellenen kada-normalara laýyklygyny ýitirýän we şonuň netijesinde ölçeg serişdesi niýetlenen ugry boýunça ulanylmagyna ýaramsyz bolmagyndan ybarat, *işlemegiň kem-kemden ýüze çykýan bes edilmegi* diýlip atlandyrylýan bökdençleriň anyklanylyşy (diagnostikasy) has-da çylşyrymlydyr. İşlemegiň şeýle bes edilmegigizlin häsiýete eýedir we ölçeg serişdelerini barlagdan geçirilmeleriniň arasynyň interwallary ölçeg serişdeleriniň metrologiki ygtybarlylygynyň üpjün edilmeginiň talaplaryndan ugur alyp belleniýär.

**M e t r o l o g i k i      y g t y b a r l y l y k      —**  
**munuň özi ölçeg serişdeleriniň ulanylyşynyň kadaly (normal) kada-režimlerinde we işçi şertlerinde bellenen metrologik häsiýetnamalaryň bahalaryny kesgitli wagtyň dowamynda saklap bilijilik häsiýetidir.**  
*İşlemegiň metrologiki bes edilmegi* diýlip, ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalarynyň kada-normalarynyň çäğinden (predellerinden) çykmagyna aýdylýar. İşlemegiň metrologiki bes edilmeleri ölçeg serişdeleriniň elementleriniň hem-de düwünleriniň könelişmeginiň we iýlip sandan çykmagynyň netijesidir, şeýle bolansoň, olaryň depginliligi wagtyň geçmegi bilen artýar. Barlagdan geçirilmeleriň arasynyň interwaly

(barlagara interwaly —  $T_{\text{bai}}$ ) aşakdaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$T_{\text{bai}} = \frac{\ln(1 - P_{\text{m.b.e.}})}{\ln(P_{\text{m}})} t, \quad (54)$$

bu ýerde  $P_{\text{m}}(t)$  – metrologiki manydaky işleýşiň bökdençsiz işlemeginiň ähtimallygy;  $P_{\text{m.b.e.}}$  – bolsa, işlemeginiň barlaglaryň arasynda (barlagara) geçýän wagtyndaky aşakdaky bellemelerden ugur alynýan metrologiki bes edilmeginiň ähtimallygy:

**6-njy Tablisa**

Ölçeg serişdeleri üçin (olaryň ulanylýan ýerleri)	Işlemeginiň metrologiki bes edilmeginiň rugsat edilýän bahasy
Tehniki ölçeglerde	0,2 ÷ 0,1
Birlikler baradaky maglumatlar geçirilende	0,15 ÷ 0,05
Örän wajyp, aýratyn jogapkärli ölçemelerde	0,05 ÷ 0,01

## **7. Maddanyň sarp edilişini we mukdaryny ölçemeginiň usuly**

### **7.1. Gysylmaýan suwuklygyň sarp edilşi üçin deňlemeler**

Geliň, suwuklygyň akymyna seredeliň, goý, kesimlerde A-A we B-B tutuş kesim boýunça tizlikleri orta tizlige deň we olar keseleýin ýerleşen turbanyň okuny parallel ugrukdyrylan.

Energiýanyň saklanma kanunynyň umumy deňlemesini peýdalanyp,

$$\int v dv = - \int dp / \rho, \quad (55)$$

gysylmaýan suwuklyk üçin ( $\rho = \rho_1 = \rho_2 = \text{const}$ ) alarys:

$$p_1 - p_2 = \rho / 2 (v_2^2 - v_1^2), \quad (56)$$

Bu ýerde,

$p_1 - p_2$  - A-A we B-B kesimlerdäki absolýut basyşlar, Pa

$\rho$  – gysyjy enjamyndan öň akyp geçýän suwuklygyň dykzlygy,  $\text{kg/m}^3$ ;

$v_1, v_2$  - A-A we B-B kesimlerdäki suwuklygyň akymynyň ortaça tizligi, m/s

Üznüksiz saldamly akymy üçin gysylmaýan suwuklyk:

$$F_1 v_1 = F_2 v_2, \quad (57)$$

Akymyň keseligine geçýän kesimiň meýdany  $F_2$  gysýan enjamyň deşiginiň meýdanynyň  $F_d$  üsti arkaly aňladyp bolýar hem saldamly akymyň gysylýan koeffisienti  $\mu$ :

$$F_2 = \mu F_d, \quad (58)$$

$F_2$  bahasyny ýokarky deňlemä goýup, taparys:

$$v_1 = \mu v_2 F_d / F_2, \quad (59)$$

ýa-da

$$v_1 = \mu v_2, \quad (60)$$

Bu ýerde,

$F_d$  – gysylýan desgasynyň deşiginiň meýdany, işçi temperaturada,  $\text{m}^2$

$F_1$  – turbageçirijiniň kesiminiň meýdany, işçi temperaturada,  $\text{m}^2$

$\mu$  – gysyjy desganyň takmynan meýdany (öňde modul atlandyrylan)

( $m = Fd/F_2 = d^2/D^2$ , bu ýerde,  $d$  we  $D$  – turbageçirijiniň we gysyjy desganyň deşiginiň diametrleri, işçi temperaturada,  $m$ )

Ýokarky deňlemeleri peýdalanyp, kesimdäki  $F_2$  ortaça tizligi  $v_2$  kesgitleýäris:

$$v_2 = 1/\sqrt{1 - \mu^2 m^2} \sqrt{2/\rho(p_1 - p_2)}, \quad (61)$$

$p_1$  we  $p_2$  basyşlar A-A we B-B kesimlere deňşlidir, köplenç (köp halatlarda) basyşy gysylýan enjamyň önünde ýa-da soňundan burçlarynda ölçeýärler. Mundan başga-da, hakyky akymda kesimleriniň dürli nokatlarynda tizligiň we energiýanyň ýitgisi bolup biler, onuň sebäbi suwuklygyň süýgeşikligi we diwarlara sürtülmegi bolup durýar. Şonuň üçin, hakyky şertlere geçilende we basyşlaryň  $p_1$  we  $p_2$  - ä çalyşmagynda formula düzediji koeffisienti  $\xi$  girizilýär we akymyň has inçe akymynyň ortaça tizligi üçin deňleme şu görnüşe sezewar bolýar, ýagny

$$v_2 = \xi/\sqrt{1 - \mu^2 m^2} \sqrt{2/\rho(p_1 - p_2)}, \quad (62)$$

Gysylmaýan suwuklyk üçin massa birliklerinde 1 sekuntaky sarp edilişi şu deňleme arkaly tapyp bolýar:

$$Q_m = v_2 \rho F_2 = \mu v_2 \rho Fd, \quad (63)$$

ýa-da

$$Q_m = \mu \xi/\sqrt{1 - \mu^2 m^2} Fd \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}, \quad (64)$$

$\mu$  we  $\xi$  koeffisientler biri-birine bagly bolmadyk ýagdaýynda anyk kesgitlenip bolmaýar. Şonuň üçin, olary bir umumy koeffisiente birleşdirýärler

$$\alpha = \mu \xi/\sqrt{1 - \mu^2 m^2}, \quad (65)$$



Ony çykdaýynyň koeffisienti diýip atlandyryşlar we eksperimental ýoly arkaly kesgitlenilýär. Netijede, gysylmaýan suwuklygyň sarp edilşiniň deňlemesi, şu görnüşe eýe bolýar:

$$Q_m = \alpha F_d \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}, \quad (66)$$

$$Q_d = F_d \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}, \quad (67)$$

Bu ýerde,  $Q_d = Q_m / \rho$  – göwrüm birlikde sarp edilşi,  $m^3/g$

## 7.2. Gysylýan suwuklygyň sarp edilşi üçin deňlemeler

Gysylýan suwuklygyň (gaz we bug) sarp edilşini ölçän babatynda, hökman ýagdaýda gysylýan desganyň içinden akanynda basyşyň üýtgemegi bilen maddanyň dykzlygynyň üýtgeýänligini göz önünde tutmaly. Şunlukda, anyklygyň derejesiniň ýeterlikli diýip hasaplasaň mümkin, ýagny gazyň we buguň ýagdaýynyň üýtgemegi bilen maddanyň dykzlygynyň üýtgeýänligini göz önünde tutmaly. Şunlukda, anyklygyň derejesiniň ýeterlikli diýip hasaplasaň bolýar, ýagny gazyň we buguň ýagdaýynyň üýtgemegi adiabatiki prosessiň deňlemesi bilen düşündirilýär (häsiýetlendirilýär).

$$p = c p^k, \quad (68)$$

Bu ýerde,

$k$  – adiabatanyň görkezijisi;

$c$  – hemişelik ululyk.

Ýokardaky deňlemelerde

$$1/\rho_1 = 1/\rho = (c/p)^{1/k}, \quad (69)$$

Alarys:

$$(v_2^1)^2 - v_1^2 = 2 c^{1/k} k/k-1 (p_1^1)^{k-1/k} [1 - (p_2^1 / p_1^1)^{k-1/k}], \quad (70)$$

Deňlemeleri özara deňeşdirsek:

$$c^{1/k} = p_1^{1/k} / \rho, \quad (71)$$

Alarys:

$$(v_2^1)^2 - v_1^2 = 2^{k/k-1} p_1^{1/k} / \rho [1 - (p_2^1 / p_1^1)^{k-1/k}], \quad (72)$$

Üznüksiz akymyň gysylýan suwuklygynyň  $F_1$  we  $F_2$  kesimleri üçin:

$$\rho v_1 F_1 = \rho_2 v_2 F_2 = \rho_2 v_2 \mu_k F_d, \quad (73)$$

Bu ýerde,  $\mu_k$  üsti arkaly gysylma koeffisienti görkezilen, bu bolsa, gysylmaýan suwuklygyň gysylma koeffisientinden tapawutlanýar, munuň sebäbi ol basyşlaryň gatnaşygyna  $p_2 / p_1$  bagly bolýar. Hat-da diafragmada gyraky diwarlaryň ýoklugy sebäpli, gaz we bug islendik ugurlarda giňelip (ulalyp) bilýärler. Netijede, akymyň saldamly akymynyň kesimi gysylýan suwuklyk üçin diafragmadan soň birnäçe köpräk bolýar, gysylmaýan suwuklyga garanyňda, (munuň sebäbi gysylýan enjamynda basyşyň peselmegi, gysylýan suwuklygyň mukdary köpeliýär.

$v_1$  takmynan ýokarky deňlemäni hasaplanymyzdada, alarys:

$$v_1 = \mu_k v_2^1 \rho_2 / \rho F_d / F_1 = \mu_k v_2^1 (p_2^1 / p_1^1)^{1/k} m, \quad (74)$$

Ýokarky deňlemeleri bilelikde işläp,  $F_2$  kesim üçin  $v_2$  ortaça tizligi tapýarys:

$$v_2 = 1 / \sqrt{1 - \mu_k^2 m^2 (p_2^1 / p_1^1)^{2/k}} \sqrt{2 p_1^1 / \rho k/k-1 [1 - (p_2^1 / p_1^1)^{k-1/k}]}, \quad (75)$$

Edil gysylmaýan suwuklyk üçin ýaly  $\xi$  koeffisientini girizeliň, soňra gysylýan suwuklyk üçin massa birliginde sarp edilşiniň deňlemesini alarys:

$$Q_m = \mu_k \rho_2 v_2 F_d = \mu_k \xi / \sqrt{1 - \mu_k^2} m^2 (p_2 / p_1)^{2/k} F_d \sqrt{2} \rho_2^{2/\rho} p_1^{k/k-1} [1 - (p_2 / p_1)^{k-1/k}], \quad (76)$$

Şu deňlemäniň sag tarapyna şu aňlatmany goýup,

$$\rho_2 = \rho (p_2 / p_1)^{1/k}, \quad (77)$$

alarys

$$Q_m = \mu_k \xi / \sqrt{1 - \mu_k^2} m^2 (p_2 / p_1)^{2/k} F_d \sqrt{2} \rho^{k/k-1} p_1 [(p_2 / p_1)^{2/k} - (p_2 / p_1)^{k+1/k}], \quad (78)$$

Ýokarky deňlemäni gysylmaýan suwuklyk üçin ulanylýan deşleme görnüşinde göz önüne getirip, amaly sapaklarda ulanmagy has amatly bolar.

$$Q_m = \alpha F_d \varepsilon \sqrt{2} \rho \Delta p, \quad (79)$$

$$Q_d = \alpha F_d \varepsilon \sqrt{2} / \rho \Delta p, \quad (80)$$

Bu ýerde,  $\Delta p = p_1 - p_2$  - gysylýan desgadaky basyşyň üýtgemegi, Pa

$\varepsilon$  - ölçenýän gurşawyň giňelmegini düzedýän köpeldiji, deňdir:

$$\varepsilon = \alpha_k / \alpha \sqrt{1 - \mu_k^2} m^2 / 1 - \mu_k^2 m^2 (p_2 / p_1)^{2/k} \sqrt{p_1 / p_1 - p_2}^{k/k-1} [(p_2 / p_1)^{2/k} - (p_2 / p_1)^{k+1/k}], \quad (81)$$

Bu ýerde,

$$\alpha_k = \mu_k \xi / \sqrt{1 - \mu_k^2} \text{ m}^2, \quad (82)$$

Ýokarky deňlemeler gysylmaýan suwuklyk üçin has öňki deňlemelerden diňe ölçenilýän gurşawyň giňelmegi üçin düzetýän köpeldiji arkaly tapawutlanýarlar. Şonuň üçin ýokarky deňlemeler üçin, hakykatdan hem gysylmaýan suwuklyk üçin düzetýän köpeldiji  $\varepsilon=1$

Netijede, sarp edilýän koeffisientiniň iki ýagdaýda (ýagny hem gysylýan, hem gysylmaýan suwuklyklar üçin) ulanyp bolýar.

Çykarylan harçlanmanyň deňlemelerini diňe gysyjy desgasynda akymyň tizligi kritiki nokada ýetmese, ýagny berlen gurşawda sesiň tizligine ýetmedik ýagdaýlarda peýdalanyp bolýar.

Akabalaryň we Wenturiniň akabalarynyň saldamly akymyň in kiçi kesimini silindr bölegindäki kesimler bilen deň diýip hasaplasa bolar, ýagny  $\mu = \mu_k = 1$ , şonuň üçin saldamly akymynyň doly giňelmegine üns bermek hökman däl,  $\alpha_k = \alpha$

Şeýlelikde, akabalar we Wenturiniň akabalary üçin giňelmege düzedýän köpeldiji  $\varepsilon$  deňleme boýunça hasaplap bolýar. Diafragmalar üçin giňelmegi düzedýän köpeldiji diňe eksperiment arkaly kesgitlep bolýar.

## 8. Rotametrler. Awtomatiki tereziler

### 8.1. Umumy maglumat

Hemişe üýtgeýän basyşyň sarp edilşiniň ölçeyjileri – bulara başgaça, aýlanyp akmagyň sarp edilşiniň ölçeyjileri diýilýär. Duýujy elementiň dikligine, ýeriniň üýtgeýşini ölçemege esaslanandyr. Duýujy elementiň ýeriniň

üýtgeýşi gurşawyň sarp edilşine bagly bolup, şol bir wagtda sarp edilşiň ölçeýjileriniň getirýän deşiginiň meýdanynyň üýtgemegine getirýär. Ol bolsa, öz gezeginde duýujy elementde basyşlaryň tapawudy hemişe galar diýse bolar.

Bu görnüşli sarp edilşiň ölçeýjilerine garşylyklaýyn täsir edýän güýç – bu duýujy elementiň agyrlyk güýjüdir. Duýujy element bu ýerde, galtga (poplawok) ýa-da porşen görnüşinde ýerine ýetirilýär. Hemişe üýtgeýän basyşyň ölçeýji abzallaryna rotometrler, porşenli we galtgaly sarp edilşiniň ölçeýjileri diýilýär.

Rotometrler laboratoriyalarda we senagat şertlerinde giňden peýdalanýarlar. Olar bir görnüşli arassa akymlaryň, çala hapalanan suwuklyklaryň we gazlaryň göwrümlü harçlanmagynyň ýuwaşlyk bilen üýtgemegini ölçemek üçin niýetlenen. Mundan başga-da, olar gazanalizatorlarda we beýleki enjamlarda (gurallarda) gurşawyň harçlanma indikatorlary hökmünde peýdalanýýarlar. Ýylylyk Elektrik Stansiýalarda rotometrleri harçlanmany ölçeýjiler hökmünde peýdalanýarlar.

Rotometr ýönekeý görnüşde dikligine konus şekilli aýna turbadan), onuň içinde duýujy element ýerleşdirilen, ol galtga görnüşinde ýasalan. Galtgaň işleýşi berkligini (mäkämligini) üpjün etmek üçin, onuň ýokarky gurşawynda birden aşaklygyna gaýdýan kanal ýerleşdirilen. Suwuklygyň ýa-da gazyň güýçli akymynyň täsiri astynda galtga dikligine ornuny çalşyp, şol bir wagtda aýlawly herekete gelýär we güýçli akymyň merkezinde ýerleşýär. Rotometriň galtgasynyň ornuny (ýerine) onuň uzynlygy boýunça üýtgeýär. Ol konus şekilli aýna turbasynda ýerleşdirilen. Bu ýerde göwrümlü sarp edilşi köp mukdarda wagt birligi boýunça

kesgitleýärler. Rotometriň galtgasy aýlanmaýan bolýar, olar metallardan ýasalan.

Porşenli sarp ediji ölçejjileriň gurluşy: bu enjamda duýujy element porşen, ol wtulkanyň içinde ýerleşýär. Bu wtulkada tegelek girelgesi (deşigi) we gönüburçly çykalgasy bar. Çykalga deşigi – bu üýtgeýän kesilme diafragma ýaly. Onuň ululyklary sarp edijiniň geçirijilik ukybyna bagly bolýar. Porşeniň agyrlyk güýjüniň sazlanşygy goşmaça agyrlyklaryň kömegi bilen iň ýokary çäginä ölçenişine bagly bolýar. Porşen ştoguň kömegi geçirýän üýtgedijiniň serdeçnigi bilen baglanşan. Girelge deşiginden akýan suwuklyk, porşeniň aşagyna baryp, ony galdyrýar. Porşeniň ýokary galmagy bilen diafragmaň çykalgasynyň deşigini uly ýa-da pes derejede açýar. Diafragmadan akyp geýýän suwuklyk bir wagtda diafragmadan aňyrky kanal bilen birikdirilen porşen üsti boşlugyny doldurýar. Çykalga deşiginiň gönüburç formasy porşeniň galmagy we maddanyň sarp edilmesi aralygynda baglylygyny üpjün edýär.

Hemişe üýtgeýän basyşyň galtgaly sarp edijide duýujy element, galtga görnüşli we konus şekilli eýer rotometrdäki konus turbanyň orny ýaly eýeleýär. Bularyň tapawudy, ýagny konus şekilli eýeriň uzynlygy we diametrleri deň bolýar, emma konus turbanyň uzynlygy diametrdan ep-esli uzyn. Akma prosessini sarp edijileriniň başga görnüşleri hem bar. Ýöne bu ýerde bellemek gerek, ýagny galtgaly we porşenli sarp edijiler giňden peýdalanmaýarlar.

## **8.2. Rotametrleriň esasy nazarýetleri**

Rotometriň konus şekilli turbasynda suwuklygyň ýa-da gazyň akymy aşakdan ýokary akýar, ol akym öz gezeginde galtgyny galdyrýar. Galtga täsir edýän güýçler

deňleşýänçäler halka şekilli deşigiň meýdany **Fh** galtgynyň we konus şekilli turbanyň içki üstüniň ululygyna ýetmeli. Haçan-da, güýçleriň deňagramlylygyna ýetende galtga harç hasaplanan aňlatmasyna laýyklykda beýiklikde ýerleşer. Galtganyň burun bölümüne aşakdan ýokary iki güýç täsir edýär: akymyň basyş güýji,

$$q = p^1_1 F_g, \quad (83)$$

we akymyň galtga täsir edýän sürtülme güýji,

$$q = k v_{\text{ort}} F_g \cdot g, \quad (84)$$

Galtga ýokardan aşaklyga iki sany täsir edýän güýçler:

$$\text{galtganyň agyrylyk güýji, } q_g = V_g \rho_g g, \quad (85)$$

we basyşly akymyň güýji,

$$q_2 = p^1_2 F_a, \quad (86)$$

Bu ýerde,

**p<sup>1</sup><sub>1</sub>** we **p<sup>1</sup><sub>2</sub>** - galtganyň deňşililikde burun we ýokarky üstüniň birligini akymyň orta basyşy.

**Fg** – galtganyň keseligine kesimiň ulurak meşdany;

**k** – garşylyk koeffisienti, ol üstün bütür-südnrligiň derejesine we

Reýnoldsyň sanyna bagly;

**v<sub>ort</sub>** - halka şekilli deşiginde **Fh** akymyň orta tizligi;

**n** - **v<sub>ort</sub>** tizligiň ululygyna bagly görkeziji;

**Fg.g** – galtganyň gyraky üstün meýdany;

**V<sub>g</sub>** – galtganyň göwrümi;

**g** – erkin gaçmanyň tizlenmesi;

**ρ<sub>g</sub>** – galtganyň materialynyň dykzlygy.

Galtganyň deňagramlylyk şerti şu aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

$$p^1_1 F_g + k v_{\text{ort}} F_g \cdot g = p^1_2 F_g + V_g \rho_g g, \quad (87)$$

bu ýerden galtganyň burun we ýokary üstüniň basyşlarynyň ortaça tapawudyny tapýarys:

$$p_1 - p_2 = 1 / Fg (V_g \rho_g g - k v_{ort} Fg \cdot g) , \quad (88)$$

Harçlanmanyň köpelmegi bilen halka şekilli deşigiň meýdany **Fh** ulalýar, onda ähli harçlanmalarda **v<sub>ort</sub>** tizlik hemişe bolup galýar.

Şeýlelikde, aňlatmanyň sag tarapy harçlanmanyň aňlatmasyna bagly we abzal üçin hemişelik bolýar.

Ýokarda belleýşimiz ýaly, **p<sub>1</sub> – p<sub>2</sub> = const**, bu öz gezeginde rotometre hemişe üýtgeýän bäsýşyň harçlanşynyň ölçýjisi diýmäge doly mümkinçilik berýär. Galtga gidrostatik basyş bilen bilelikde **p<sub>1</sub> – p<sub>2</sub>** statiki basyşlaryň tapawudy täsir edýänligi hemişe bolmaýar. Bu aňlatmadan görnüşi ýaly basyşlara akymyň dinamiki basyşyň güýji täsir edýär,

$$q_d = \varphi Fg \rho v_a^2 / 2, \quad (89)$$

Bu ýerde,

**φ** – galtganyň garşylyk koeffisienti, ol görnüşine bagly;

**ρ** – suwuklygyň, gazyň dyklyzlygy, ol rotometrden akyp geçýär;

**v<sub>a</sub>** – a-a kesiminde akymyň orta tizligi.

Ýokarky aňlatmany we deňlemeleri hasaplap, onda taparys:

$$p_1 - p_2 = 1 / Fg (V_g \rho_g g - k v_{ort} Fg \cdot g - \varphi Fg \rho v_a^2 / 2) , \quad (90)$$



Bu deňlemeden görnüşi ýaly, harçlanmanyň we  $v_a$  tizligi köpelmegi bilen, galtgada basyşyň üýtgemeginiň aňlatmasy  $p_1 - p_2$  peselýär. Harçlanmanyň köpelmegi bilen rotometrde basyşyň doly üýtgemegi ulalar. Rotometrden akyp geçýän suwuklygyň sarp edilşiň ulalmagy netijesinde, basyşyň ýitgisiniň köpelmegi esasy şertleriň biridir. Senagat rotometrler üçin rotometri gurmasy sebäpli basyşyň ýitgisi göni çyzykda köplenç suwuklyk üçin  $0.1 \text{ kgs/sm}^2$  ýokary bolmaýar we gazlar üçin  $0.05 \text{ kgs/sm}^2$ .

Rotometrden geçýän gurşawyň harçlansynyň deňlemesini subut etmek üçin Bernulliniň deňlemesini subut etmek üçin:

$$p_a / \rho_g + k_a v_a^2 / 2g + l_a = p_b / \rho_g + k_b v_b^2 / 2g + l_b + \xi v_b^2 / 2g, \quad (91)$$

Bu ýerde,

$p_a$  – a-a kesimindäki orta statiki basyşy, şu sebäpli galtga akyma täsir edýär;

$p_b$  – b-b kesimindäki orta statiki basyşy, halkaly deşikden  $F_h$  geçip, akymyň in inçe ýerinde ýerleşýär;

$v_b$  - b-b kesimde akymyň orta tizligi;

$k_a$  we  $k_b$  – a-a we b-b kesimlerde degişlilikde deňsizlik koeffisientleriň tapylmagy;

$l_a$  we  $l_b$  – käbir başdaky derejeleriniň a-a we b-b kesimleriniň beýiklikleri;

$\xi$  - a-a we b-b kesimleriň arasyndaky meýdançasyndaky energiýa ýitgisiniň koeffisienti.

Gysylmaýan suwuklyk üçin akymyň berkligine laýyklykda a-a we b-b kesimler üçin deňleme gelip çykýar:

$$Q_g = v_a F_a = v_b F_b = v_b \mu F_k, \quad (92)$$

Bu ýerde,  $Q_g$ - suwuklygyň göwrümli harçlanmasy;

$F_a$  ,  $F_b$  – a-a we b-b kesimlerdeki akymlaryň meýdany;

$\mu = F_b / F_h$  – gysylma koeffisienti.

Ýokarky deňlemeden, akymyň berkligini, şu deňlemäni alarys:

$$2(p_a - p_b) / \rho - 2g(l_b - l_a) = Q_g / \mu^2 F^2 h [k_b + \xi - k_a \mu^2 (F_h / F_a)^2], \quad (93)$$

ýa-da

$$2(p_1 - p_2) / \rho - 2gl = Q_g / \psi \mu^2 F^2 h [k_b + \xi - k_a \mu^2 (F_h / F_a)^2], \quad (94)$$

Bu ýerde,

$$\psi = p_a - p_b / p_1 - p_2, \quad (95)$$

$$l \approx l_b - l_a, \quad (96)$$

$p_1 - p_2$  aňlatmany ýokarky deňleme boýunça goýýarys we  $Q_g$  tapýarys:

$$Q_g = \alpha F_h \sqrt{2g V_g (\rho_g - \rho) / \rho F_g}, \quad (97)$$

bu ýerde,

$$\alpha = \alpha_1 \alpha_2 = \mu \sqrt{\psi / [k_b + \xi - k_a \mu^2 (F_h / F_a)^2]} g (V_g \rho_g - F_g l) - q_d / g V_g (\rho_g - \rho), \quad (98)$$

Bu harçlanmanyň deňlemesi, ýagny rotometrden geçýän gurşawyň sarp edilşi iki üýtgeýän ululyga, ýagny  $\alpha$  we  $F_h$  baglylygy görkezýär. Bu ýerde sarp edilşiň ululyklaryň köp sanly bolmagynda we galtganyň geometriki formasyna bagly bolýar.

### 8.3. Rotometrleriň gurluşy

Suwuklyklaryň we gazlaryň göwrümli sarp edilşini ölçemekde ulanylýan rotometrleriň birnäçe görnüşleri bar.

Ýerli sarp edilşini ölçemek üçin ulanylýan rotometrler görkeziji abzal hökmünde konus şekilli aýna turbasy bilen bile ýasalýar.

Metallik korpusly rotometrleri elektrik ýa-da pnevmatiki çykýan signal we şol ýerde ölçenilýän özgerdijiler bilen üpjün edilýär. Bu rotometrler ikilenji abzallar bilen birlikde işleýärler. Metallik korpusly rotometrler gurluşy boýunça galtgaly sarp edilşiniň ölçeýjileri bilen meňzeş.

Görkezilen rotometrleriň görnüşlerini takyklyk klasslary boýunça öndürýärler (çykarýarlar): 1.0; 1.5; 2.5; 4.0

Rotometriň gurluşy: bu ýerde konus şekilli aýnadan ýasalan turba, sowma turbalarda gysylan, olar öz gezeginde salnikleri bilen üpjün edilen. Sowma turbalar öz aralarynda dartgynlar bilen baglanşan. Olaryň üstüne gapyrgalar dakylan (berkidilen). Bu armirleme enjama gerek bolan berkligini üpjün edýär. Sowma turbanyň içinde eýer bar, onuň üstüne galtga goýulýan suwuklygyň ýa-da gazyň sarp edilşi nola deň bolan ýagdaýynda düşürilýär. Ýokarky sowma turbasy galtganyň hereketiniň çäklendirijisi bilen üpjün edilen. Konus şekilli aýna turbasynyň daşky ýüzüne şkalany çalyarlar (ýazýarlar). Aýna turbaly rotometrlerde görkeziji hökmünde galtganyň ýokarky tekizlik hyzmat edýär.

Konus şekilli aýna turbaly rotometrler gazlaryň ýa-da dury suwuklyklaryň 6 kgs/sm<sup>2</sup> (0.6Mpa) basyşda harçlanmalary ölçemek üçin peýdalanylýar. Elektrik signal berýän özgerdijiler bilen üpjün edilen rotometrleriň gurluşy: bu rotometrde konus şekilli galtga bar, ol halka

görnüşli diafragmada aşakdan ýokary ýa-da akýan suwuklygyň akymynyň hereketi astynda garylýar. Galtga galan mahalynda galtgynyň iş üst ýüzündäki we diafragmanyň içki gyrasynyň arasyndaky geçirýän deşigiň ulalmagy gurşawyň sarp edilşiniň üýtgemegine proporsional. Rotometriň galtgasy ýürekçe bilen örän berk baglanşan, ol differensial – transformator özgerdijä geçirilýär. Magnit däl polatdan ýasalan bölüji turba bir tegek differensial-transformatorly özgerdijä girizilen. Rotometriň gurluşy boýunça bir tapawudy bar. Bu ýerde kömelek şekilli galtga bar, ol keseleýin ýerleşen konus şekilli goýumyň turba içindäki akymyň täsiri astynda ýerini çalşýar.

Rotometrleriň takyklyk klasy 2.5-e deň. Olar 16-64 kgs/  $\text{sm}^2$  (1.6-6.4MPa) kiçi basyş astynda gurşawyň harçlanyşyny ölçemek üçin çykarylýar. Rotometrler has ýokary işçi basyşda bolup bilerler, mundan başga-da, hemişelik tokda 0-5mA çykýan signalyň rotometrler hem göz önünde tutulýar. Pnewmatiki çykýan signally rotometrler 0.2-1 kgs/ $\text{sm}^2$  (0.02-0.1MPa). Galtganyň ýerini üýtgetmesini pnewmatiki çykýan signally rotometrlerde özgertmek üçin pnewmatiki özgerdijileri ulanýarlar.

## **9. Rezerwuarlaryň dereje ölçeýjileri (urownemerler)**

### **9.1. Umumy maglumatlar**

Rezerwuarlarda suwuklyklaryň derejesini galtganyň kömegi bilen ölçemek, ýönekeý tehniki serişde bolup durýar. Suwuklyklaryň derejesi bloguň üstaşyr atylan galtga berkidilen trosyň kömegi bilen agramçaly görkezijiniň ýagdaýyna görä berilýär. Bu usul atmosfera basyşyň täsirinde rezerwuarlardaky suwuň derejesine

gözegçilik etmäge ýardam berýär. Bu dereje ölçegleriň täsiri suwuklyklardaky tok güýjüniň kompensasiýasynyň güýçlenmegine esaslanandyr. Atmosfera täsirinde duran suwuklyklaryň derejesini distansion ölçeyän, hemişelik toguň çykyjy signally urownemerler (0-5; 0-20mA) UB-E (urownemer buýkowsyý-elektrik);  $0.2-1\text{kgs/sm}^2$  basyşly UB-P (urownemer buýkowsyý pnevmatiki) tipde bolup bilýärler. UB-E milliampermetrler bilen bilelikde we aýratyn özbaşdak ýagdaýlarda işleýärler. UB-E we UB-P tipdäki urownemerler suwuklygyň temperaturasy  $400^0$  – dan ýokary bolmadyk ýagdaýda ulanylýar. Olaryň ölçeg diapazony 0-0.04m – 0-6m çenli aralykda.

## 9.2. Göwrümli dereje ölçeyjileri

Göwrümli urownemerler senagatyň himiki, nebit-himiki pudaklarynda düzümi birmeňzeş suwuklyklaryň derejesini ölçemek üçin giňden ulanylýar. Olar basyşy 20-60  $\text{kgs/sm}^2$  , temperaturasy  $40-200^0$  çenli suwuklyklarda ulanylýar. Emma partlamaga howply, kristallaşan, şepbik suwuklyklaryň derejelerini ölçemek üçin ulanylmaýar. Şu urownemerleriň işleýşi rezerwuarlardaky suwuň derejesiniň üýtgemegine esaslanandyr. Göwrümli urownemerleri ulanylanda ölçenýän suwuň derejesi maddanyň dielektrik geçirijiligi bilen funksional baglansyklydyr, şonuň üçin suwuklygyň derejesini ölçände suwuň temperaturasynyň üýtgemegi bilen dielektrik geçirijiliginiň ähmiýetiniň bardygyny göz önünde tutmaly. Suwuklygyň elektrik häsiýetine baglylykda urownemerler elektrik geçirýän we geçirmeyän topara bölünýär. Udel garşylygy  $\rho > 10^7:10^8$  **Omm** we otnositel dielektrik geçirijiligi  $\epsilon_s \leq 5:6$ , bolan suwuklyklar elektrik däl geçirijiniň toparyna degişli. Udel

garşylyk  $\rho \leq 10^7:10^6 \text{ Omm}$  we  $\varepsilon_s \geq 7:10$  elektrogeçirijilere degişli bolýar.

Ýaňy seredip geçenlerimiziň arasynda derejäniň takyk ölçemegine garşylygyň ýitgisi  $R_1$  has uly täsir edýär.

Göwrümleýin garşylygyň  $1/\omega C_{\text{öza}}$  we oňa parallel bolan garşylygyň arasyndaky gatnaşygy işjeň toguň ýygylgyna bagly bolýarlar. Onda hem suwuklygyň derejesiniň ölçenişi bolup geçýär.

Özgerdijiniň çykalga parametrlerinde ýitgileriniň garşylygynyň barlygy urownemerleriň ölçenilýän shemasynda (çyzgysynda) päsgel signalynyň emele gelmegine getirýär. Onuň fazasy boýunça, esasy faza degişlilikde  $90^\circ$  süýşürilen. Bu bolsa, öz gezeginde urownemeriniň görkezijileriniň üýtgemegine sebäp bolup durýar. Bu täsiri peseltmek üçin, aşakda görkeziler, ýagny abzalyň güýjenme ýoluna fazalaýyn detektor goýberýärler, ol bolsa, päsgel signalyny arassalaýar (filtrelýär).

Urownemeriniň görkezijilerine degişli bolan dielektrik geçiriji suwuklygyň  $\varepsilon_s$  üýtgemegine täsiriniň peselmeginiň hasabyna derejäniň ölçenilşiniň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin, özgerdiji kompensasion kondensator bilen üpjün edilýär. Bu bize urownemeriniň görkezijilerinden abzalyň gradiurowkada kabul eden aňlatmalaryna  $\varepsilon_s$  çykmasy awtomatiki taýdan düzediş girizmäge mümkinçilik berýär. DUE-2 urownemerde ulanylýan PE-6 kysymly kompesasion kondensatoryň özgerdijiniň shemasynyň gurluşy: 1 we 2 – ölçeýän kondensatoryň elektrodlary, 3 we 2 bolsa, (aşaky bölümi) – kompensasion kondensatoryň elektrodlary. Kompensasion kondensatoryň  $C_k = C_{ok} \varepsilon_s$  ( $C_{ok}$  – kompensasion kondensatoryň başlangyç göwrümi, eger  $\varepsilon_s=1$  deň bolanda) göwrümi  $\varepsilon_s$  üýtgemegi bilen üýtgeýär.

Kompensasion kondensator hemişe doly suwuklyga çümdürilen bolýar, onuň derejesi hem ölçenilýär. Rezerwuarda suwuklygyň derejesiniň ölçenilmeýänliginiň sebäbi bolýar. Ol kompensasion kondensatoryň  $h_k$  beýikligine bagly bolýar, ýagny onuň beýikligi özgerdiji PE-6 urownemer DUE-2 üçin 200mm-e deň bolýar.

PE-6 özgerdijiniň gurluşy iki sany berk birleşdirilen kondensatorlardan: koaksial ýerleşen iki turbalardan emele geler, we kompensasion, ol hem öz gezeginde koaksial ýerleşdirilen kelte turbalardan ybarat.

## **10. Suwuklyklaryň derejesini ölçemek**

### **10.1. Elektrik däl geçirijili suwuklyklaryň derejesini ölçemegiň göwrümlü özgerdijileri**

Bu urownemerler silindriki we plastiki, gaty görnüşde bolýarlar. Rezerwuar iki sany polat turbadan ybarat. Eger-de, elektrodalaryň arasynda  $H$  beýiklikde howa ýerleşse, özgerdijiniň göwrümi:

$$C_0 = C_1 + C_{00z}, \quad (99)$$

Bu ýerde,

$C_1$  – geçiriji izolýatoryň we birikdiriji kabeliň göwrümi – elektrodalaryň

arasynda ýerleşen;

$C_{00z}$  – özgerdijiniň howa bilen doldurylan  $H$  beýiklikde ýerleşen

başlangyç göwrümi.

Otnositel dielektrik geçirijilik  $\epsilon_{0z} = 1$  deň bolanda:

$$C_{00z} = 2\pi\epsilon_0 H / \ln r_2/r_1, \quad (100)$$

Bu ýerde,

$\epsilon_0$  – erkin giňişlikdäki elektrik hemişeligi ýa-da absolýut dielektrik

geçirijilik ( $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ );

$r_1, r_2$  – elektrodlara degişlilikde radiusy.

Eger-de özgerdiji kondensator h beýiklik suw bilen, H-h howanyň bir bölegi bilen şu suwuň bugy bilen doldurylan bolsa, özgerdijileriň göwrümi:

$$C_{\text{öza}} = C_1 + C_{\text{öz}} = C_1 + C_2 + C_3, \quad (101)$$

bu ýerde,

$C_{\text{öz}} = C_2 + C_3$  – özgerdijileriň göwrümi;

$C_2$  – H-h beýiklikde howa-bug bilen doldurylan otnositel dielektrik geçirijili  $\epsilon_2$  meýdançada ýerleşen özgerdijiniň göwrümi.

Formula laýyklykda:

$$C_2 = 2\pi\epsilon_0 \epsilon_2 (H-h) / \ln r_2/r_1, \quad (102)$$

Bu ýerde,

$C_3$  – beýikligi h suw bilen doldurylan otnositel dielektrik geçirijilikli ( $\epsilon_s$ )

meýdançada ýerleşen özgerdijiniň göwrümi.

Formula laýyklykda:

$$C_3 = 2\pi\epsilon_0 \epsilon_2 / \ln r_2/r_1, \quad (103)$$

Ýokardaky formulalary göz önünde tutup, deňlemäni şeýle özgerdip bolar:



$$C_{\text{öza}} = C_1 + C_{\text{oöz}} [\varepsilon_2 + (\varepsilon_s - \varepsilon_2) h/H], \quad (104)$$

Şeýlelikde, adaty ýagdaýda ölçe:

$$C_{\text{öza}} = f(h/H), \quad (105)$$

Adaty işleýän şertlerde suwuklygyň derejesini ölçemekte  $C_1$   $\varepsilon_2$   $\varepsilon_s$  –niň hemişelik aňlatmalar möhümdir.  $C_1$ -iň hemişelik aňlatmasy elektrik göwrümliligiň izolýasion materiallaryň, kabelleriň kömegi bilen amala aşyrylýar.  $\varepsilon_2$  aňlatmasynyň kän ähmiýeti ýok. Şonuň üçin,  $\varepsilon_2=1$  deň diýip alyp bolýar. Şeýle ýagdaýda  $C_1$  göwrümliligi hasaba almazdan formula aşaky görnüşe eýe bolýar:

$$C_{\text{öz}} = C_{\text{oöz}} [1 + (\varepsilon_s - 1)h/H], \quad (106)$$

$\varepsilon_s$  otnositel dielektrik geçirijiligiň hemişeligini önümçilikde ulanmaklyk mümkin däl. Suwuklygyň dielektrik geçirijiligi  $\varepsilon_s^1$  ulanyş şertlerde bellesek deňleme aşaky görnüşe eýe bolýar:

$$C_{\text{öz}}^1 = C_{\text{oöz}} [1 + (\varepsilon_s^1 - 1)h/H], \quad (107)$$

Ýokarky deňlemeden alyp:

$$\Delta C_{\text{öz}} = C_{\text{öz}} - C_{\text{öz}}^1 = C_{\text{oöz}} \Delta \varepsilon_s h/H, \quad (108)$$

$$\Delta \varepsilon_s = \varepsilon_s - \varepsilon_s^1, \quad (109)$$

Şeýlelikde, işjeň şertlerde  $\varepsilon_s$  ähmiýeti gyşarlan ýagdaýda göwrümlü özgerdijileriň ähmiýetiniň üýtgemegine

getirýär. Ýokarky formuladan görnüşi ýaly  $h$  ähmiýeti we  $\Delta C_{\text{öz}}$  ähmiýetleri ýokarlanýar we üýtgeýär.

## 10.2. Hasaplamagyň usuly

Geliň, özgerdijileriň derejani ölçeýşiniň takyklygyna işjeň garşylygyň täsir edişine seredip geçeliň. Özgerdijiniň  $Z$  doly garşylygynyň a gysyjylara bolan gatnaşygyna göwrümleýin garşylyk  $1/\omega C_{\text{öza}}$  we oňa parallell bolan işjeň gatnaşygyndan  $R_{\text{öza}}$  ybaratdyr. Bu ýagdaýda özgerdijiniň zynjyrynyň doly geçirijiligi şu aňlatma arkaly kesgitlenýär:

$$1/Z^2 = 1/R_{\text{öza}} + 1/(1/\omega C_{\text{öza}}), \quad (110)$$

bu ýerde,

$C_{\text{öza}}$  – özgerdijiniň göwrümi;

$\omega = 2\pi f$ , bu ýerde  $f$  – ýygylyk (Gs).

$$1/R_{\text{öza}} = 1/R_1 + 1/R_{\text{öz}}, \quad (111)$$

Formulada  $R_1$  – işjeň garşylygyň ýitgileri, bular suwuklygyň derejesiniň üýtgemegi bilen üýtgemeyärler. Bu garşylygyň aňlatmasy özgerdijiniň taslamasynda ulanylýan izolýasion materiallaryň hiline bagly bolýar, birleşdiriji kabelleriň garşylygyň ýitgilerine, mundan başga-da, geçirilýän perdelerine, bular bolsa, izolýatoryň ýüzünde emele gelip bilýärler. Özgerdijiniň işjeň garşylygynyň ýitgileri esasan onuň içindäki suwuklygyň derejesiniň beýikligi bilen kesgitlenýär, ýagny  $h/H$  aňlatma arkaly. Eger, elektrik geçiriji däl suwuklyklaryň udel elektrik garşylygyny uly diýip hasaplasak, onda netijede, geçirijiniň ýitgileriniň  $1/R_{\text{öza}}$  aňlatmasy has az bolýar.

## **11. Suwuň hilini barlamagyň usuly**

### **11.1. Suwuň, buguň, kondensatyň we erginleriň hilini gözegçilik etmekligiň tehniki serişdeleri we usullary**

Elektrostansiýalaryň suw režimine, suwuň we kondensatyň arassalaýjy enjamlaryna gözegçiligi amala aşyrmak üçin himiki düzüminiň hiliniň dürli görkezijilerini ölçemeli. Bu sredalar dürli basyşda, temperaturalarda bolýarlar. Şonuň üçin hem köp ýagdaýlarda basyşy, temperaturany peseltmek üçin, mehaniki garyndylardan arassalamak üçin ilkinji özgerdiji enjamyň önünde ýöriteleşdirilen goşmaça enjam goýmaly. Şu goşmaça enjamlaryň ulanylmagy ilkinji özgerdijiler üçin birmeňzeş kadaly ulanyş şertlerini döredýär, ölçegiň takyklygyny ýokarlandyrýar.

### **11.2. Suwuk erginleriň udel elektrogeçirijiliginiň ölçenilişi**

Laboratoriýa şertlerinde, himiki, tehnologiýa hadysalarda peýdalanylýar. Suwuk erginleriň udel elektrogeçirijiligini ölçemäge niýetlenen tehniki serişdelere – suwuklygyň konduktometriki analizatory diýilýär. Buguň, kondensatyň, suwuň düzümini häsiýetlendirýän hil görkezijileri ölçemekde ulanylýan konduktometrlere – duz ölçejiler (solemer) diýilýär. Olary NaCl boýunça graduirleýärler, mg/kg; mkg/kg; mg/l; mkg/l birlikde görkezilýär. Kislotalaryň, duzlaryň, aşgarlaryň konsentrasiýasyny ölçemek üçin ulanylýan suwuklyklaryň konduktomerlerine – konsentratomerler diýilýär.

Iýmit suwuň, buguň, kondensatyň görkezijilerine ýokarlandyrylan talap ýüze çykanda ölçegi

elektrogeçirijiligiň kiçi belgileri bilen amala aşyrmaly. Suw erginleriniň elektrogeçirijiligi adaty ýagdaýda elektron konduktometriki ölçýji özgerdijiniň kömegi bilen ýerine ýetirilýär, ol iki elektrodan durýar. Şeýle hem erginleriň elektrogeçirijiligini suwuklygyň biektrod konduktomerler bilen ölçýärler.

Udel elektrogeçirijilik garşylyga ters proporsional:

$$\chi = 1/\rho, \quad (112)$$

$\chi$ - udel elektrogeçirijilik,  $\text{Sm sm}^{-1}$ ;  $\rho$  – udel garşylyk,  $\text{Om sm}$ , bu hem şu aňlatma arkaly kesgitlenýär:

$$\rho = R_c F_{ef} / l, \quad (113)$$

Bu ýerde,

$R_c$  – metallaryň elektrod bilen erginiň göwrüminiň arasyndaky elektrik garşylyk,  $\text{Om}$ ;  $F_{ef}$  – üstünden tok geçýän erginleriň elektrik kese-kesimi,  $\text{sm}^2$ ;  $l$ - elektrodalaryň aralygy,  $\text{sm}$

Ýokarky deňlemeleri özgartsek aşaky deňlemäni alarys:

$$\chi_c = 1/R_c l / F_{ef} = G_c k_g = k_g R^{-1} c, \quad (114)$$

Bu ýerde,

$G_c = 1/R_c$  – berkidilen erginiň göwrümündäki elektrik geçirijilik,  $\text{sm}$ ;

$k_g = l / F_{ef}$ - elektrod özgerdijiniň hemişeligi,  $\text{sm}^{-1}$

Ýokarky deňlemeden alýarys:

$$G_c = \chi_c / k_g, \quad (115)$$

Eger-de, özgerdiji ýönekeý elektrod bolsa,  $k_g$  hasaplamak usuly bilen kesgitlenýär. Eger çylşyrymly elektrod bolsa, hemişelik eksperimental usulda kesgitlenýär. Udel elektrogeçirijiligi kesgitlemek ekwiwalent elektrogeçirijiligi ulananymyzda mümkin bolýar.

$$\Lambda = \chi / \eta, \quad (116)$$

Bu ýerde,

$\Lambda$ - ekwiwalent elektrogeçirijilik  $\text{Sm cm}^2/\text{g-ekw}$ ;  $\eta$ -erän erginiň ekwiwalent konsentrasiýasy,  $\text{g-ekw cm}^{-3}$ .

Erginleriň elektrogeçirijiligi ekwiwalent konsentrasiýasyna, ekwiwalent elektrogeçirijiligine, erginleriň elektrolitiki dissosiasiasynyň derejesine bagly bolýar:

$$\chi = \alpha \eta \Lambda, \quad (117)$$

Bu ýerde,

$\alpha$ - elektrolitik dissosiasiasynyň derejesi.

Elektrik tok geçirýän maddalara, suw erginlerine (duz, kislota, aşgar) – elektrolitler diýilýär.  $\alpha$ - ereýän maddanyň tebigatyna erginiň konsentrasiýasyna bagly. Elektrolitik dissosiasiasyna baglylykda iki hili bolýar: güýçli (duz, kükürt, azot kislotalary); gowşak (organiki kislotalar). Güýçli elektrolitler az konsentarsialarda doly ionlara dargaýarlar,  $\alpha=1$ .

$$\chi = \alpha \eta (I_k + I_a), \quad (118)$$

bu ýerde,

$I_k, I_a$ - kationlaryň, anionlaryň hereketlilikleri ( $I_k + I_a$ )=  $\Lambda$

Suw erginleriň elektrogeçirijiligi erginiň konsentrasiýasy bilen çylşyrymly baglansykda bolýar. Bu shemadan pes konsentrasiýada elektrogeçirijilik bilen konsentrasiýanyň baglansygy ähmiýetlidir. Konsentrasiýanyň ulalmagy bilen udel elektrogeçirijilik hem ulalýar. Buguň, suwuň, kondensatyň elektrik geçirijiligi pes bolany üçin elektrolitik dissosiasiasynyň derejesi 0-a deň:

$$\chi = \eta \Lambda_{\infty}, \quad (119)$$

Bu ýerde,

$\Lambda_{\infty}$ - erginiň tükeniksiz eredilendäki ekwiwalent geçirijilik.

$$\Lambda_{\infty} = l_{k, \infty} + l_{a, \infty}, \quad (120)$$

$l_{k, \infty}$  we  $l_{a, \infty}$ - tükeniksiz eredilen erginiň anionynyň, kationynyň hereketi.

Temperatura  $18^0$  suw erginleriň udel elektrik geçirijiligi üçin kada bolup durýar. Elektrik geçirijiligi ölçenilende temperaturanyň abzallara edýän täsirini göz önünde tutmaly. Erginiň temperaturasy  $1^0$  üýtgände, elektrik geçirijilik 1.5-2.5% üýtgeýär. Suw ergininiň elektrik geçirijiliginiň temperatura baglylygy aşaky formulalar bilen görkezilýär:

$$\chi_t = \chi_{18} [1 + \alpha_e (t - 18)], \quad (121)$$

Temperatura  $10-25^0$  bolanda hökmany ýagdaýda şu deňleme bilen ulanylýar:

$$\chi_t = \chi_{18} [1 + \alpha_e (t - 18) + \beta_e (t - 18)^2], \quad (122)$$

Bu ýerde,

$\alpha_e$  – elektrik geçirijiligiň temperatura koeffisienti.

$$\alpha_e = l_{k, 18} \alpha_{lk} + l_{a, 18} \alpha_{la} / l_{k, 18} + l_{a, 18}, \quad (123)$$

Bu ýerde,

$\alpha_{lk}$  we  $\alpha_{la}$ - anionlaryň we kationlaryň temperatura koeffisienti.

Elektrik geçirijiligiň temperatura koeffisienti, ýagny  $\beta_e$  Kolrauşyň maglumatlaryna görä  $\alpha_e$  koeffisienti bilen baglanşykly:

$$\beta_e = 0.0163(\alpha_e - 0.0174), \quad (124)$$

Temperatura 18°-da elektrod bilen erginleriň göwrümleriniň arasyndaky elektrik garşylygynyň baglylygynyň formulasy:

$$R_t = R_{18}/1 + \alpha_e(t - 18), \quad (125)$$

Temperatura 25° we ýokary bolanda aşakdaky deňleme peýdalanylýar:

$$R_t = R_{18}/1 + \alpha_e(t - 18) + \beta_e(t - 18)^2, \quad (126)$$

Elektrostansiýalaryň suw režiminiň gözegçiliginde duzlary konsentراسيýasy mg/l ýa-da mkg/l-de bellenýär. Ýokarky deňlemede ekwiwalent konsentراسيýa ulalýar, aşakdaky formula boýunça hasaplanýar:

$$\eta = C/10^6 A, \quad (127)$$

Bu ýerde,

$\eta$ - ekwiwalent konsentراسيýa, g-ekwsm<sup>-3</sup>

**C**- konsentراسيýa, mg/l

**A**- erän maddanyň ionlarynyň ekwiwalent massasy.

Formula laýyklykda:

$$A = A_k + A_a, \quad (128)$$

Bu ýerde,

**A<sub>k</sub>** we **A<sub>a</sub>** – kationlaryň we anionlaryň ekwiwalent massasy.

## **12. Gazlaryň düzümini ölçemegiň usullary we serişdeleri**

### **12.1. Umumy maglumat**

Gazyň düzüminiň mukdar taýdan kesgitlemäge gönükdirilen ölçeg serişdelerine – gazoanalizatorlar diýilýär. Bu tehniki serişdeler göçürimli we awtomatiki topara bölünýärler. Göçürimli gazoanalizatorlar laboratoriýa şertlerde barlag işleri ýerine ýetirlende gazyň düzüminiň mukdar taýdan kesgitlemäge, şeýle hem ýöriteleşdirilen barlaglarda, synaglarda dürli senagat ýylylyk tehniki abzallary gurnamakda ulanylýar. Awtomatiki gazoanalizatorlar barlamaglarda giňden ulanylýar. Gaz garyndysynyň % düzümini ölçemek üçin niýetlenen gazoanalizatory energetiki senagatda giňden ulanylýar. Häziri zaman awtomatiki gazoanalizatorlar gaz garyndysyndaky  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $(\text{CO}+\text{H}_2)$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  metanyň düzümini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ýyladyş režimi dogry ýerine ýetirmek üçin peje berilýän ýangyç we howanyň mukdarynyň gatnaşygyny belli bir derejede goldamaly. Howanyň ýetmezçiligi ýangyjyň doly däl ýanmagyna getirýär. Howanyň artyk mukdary doly ýanmagyna getirýär, ýöne howanyň goşmaça mukdary gerek bolýar, iki şertlerde hem peýdaly ýylylygyň çykmagy peselýär. Ýangyç bilen howanyň arasyndaky gerekli gatnaşyk dürli faktorlara bagly, ilkinji nobatda ýangyjyň görnüşine bagly. Ýangyjyň dürli görnüşine howanyň harçlansynyň koeffisientiniň ( $\alpha$ ) optimal ähmiýeti gurulýar, bu işiň tygşytly gurnamagyna getirýär.

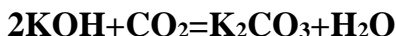
Häzirki zaman ýylylyk elektrostansiýalarda ýyladyş režiminiň üznüksiz gözegçiligi awtomatiki gazoanalizatorlaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.  $\text{CO}_2$ ,



O<sub>2</sub> düzümleriniň üýtgeýiş grafıgi dürli-dürlidir. CO<sub>2</sub>-ň düzümi hemişelik düzümlü kăbir ýangyçlar üçindigi grafikden görüňär. Doly däl CO<sub>2</sub> ýangyjyň iki hili düzümi ýananda CO<sub>2</sub> boýunça gözegçilik amala aşyrylmaýar. Sebäbi çäksiz derejede bu ýangyjyň gatnaşygy üýtgeşe, CO<sub>2</sub>-ň optimal ähmiýeti hem üýtgeýär. Ýanyş hadysanyň O<sub>2</sub> boýunça üýtgemegi ýangyç önüminiň düzümindäki O<sub>2</sub>-a täsir etmeýär. Senagat kärhanalarda ol gözegçilik ýangyjyň CO<sub>2</sub> düzüminiň seljerilmegi bilen amala aşyrylýar. Şeýle hem H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO düzümine gözegçiligi has hem takyk netije berýär.

## 12.2. Reaksiýalaryň geçişi

Himiki gazoanalizatorlar – ýygynanan gazyň göwrümini ölçemeklige esaslanan. Komponentiň aýrylmagy saýlama ýuwdulma usuly bilen ýerine ýetirilýär. Meselem, gazyň düzümindäki CO<sub>2</sub> iýji kaliniň ergininiň siňdirilmegi netijesinde:



siňdirilmän galan galyndy gazoanalizatora düşýär, ol ýerde göwrümiň peselişi ölçenilýär. Bu usul gaz garyndydaky H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, CO, CO<sub>2</sub> prosent düzümini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu usulda göçürimli gazoanalizatorlar ulanylýar.

Dürli desgalaryň barlaglarynda giňden peýdalanýan öz ýönekeýligi bilen alynan ГХІІ3 we ГХІІ2 kysymly göçürimli, el hereketli himiki gazoanalizatorlaryny syn edeliň. Mundan başga-da, laboratoriya we ekspluatasion şertlerinde CO<sub>2</sub> we O<sub>2</sub>-a awtomatiki gazoanalizatorlary barlamak üçin peýdalanýarlar.

ГХПЗ kysymly gazoanalizator indiki esasy böleklerden ybarat: gaz synagynyň ilkinji (başlangyç) göwrümini ölçemek üçin we ýuwutma netijesinde onuň peselmegini ölçemek üçin býuretkalar, üç sany ýuwudyjy gaplar, paýlaýjy darajyklar (abzalyň aýratyn bölümleriniň arasynda gazy paýlamak üçin)

Howa bilen reaktiwler täsirleşmesiniň önüni almak üçin ýuwudyjy gaplaryň sag tarapdaky uçlary rezin haltajygy turbalaryň kömegi bilen birikdirilen.

Suwuk böwet bilen üpjün edilen býuretka, 100ml göwrümde ýasalýar, sütüniň bölüjileriniň arasy 0.2ml. Sütüniň görkezijileriniň rugsat berilýän ýalňyşlyklary  $\pm 0.2\text{ml}$ -den ýokary bolmaly däl (GOST 6329-52). Sütüniň gradirowkasy býuretkanyň umumy göwrüminden prosentlerde ýerine ýetirip bolýar. Ölçemäniň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin býuretkanyň 20% tutýan aşaky bölegi has inçeldilen. Abzaly gurşap alýan howanyň temperaturasynyň üýtgemeginiň täsirini peseltmek üçin, býuretkany suw bilen doldurylan aýna silindrine ýerleşdirilen. Paýlaýjy darajyk bilen rezin turbasy býuretkany ýokarsynda birikdirilen, aşagynda bolsa, rezin şlangyň kömegi bilen deňleýji sklýanka birikdirilen. Onuň içini böwet suwuklyk bilen doldurýarlar. Böwet suwuklygy hökmünde doýgun suwuklyk nahar duzuny, turşy kükürtli we duz kislotasynyň erginini ulanýarlar, olary metiloranžyň kömegi bilen mämäşi reňkine reňkleýärler. Şu görnüşli suwuklygy ulananymyzda, ölçeýji býuretka ýuwudyjy gaplardan aşgaryň tötänleýin düşmegini görmek bolar. Sebäbi böwet suwuklygyň reňki sary reňke öwrülýär.

## 13. Umumy maglumatlar. Gazoanalizatorlar

### 13.1. ГХПЗ kysymly gazoanalizatorlar

ГХПЗ kysymly gazoanalizatorlardaky ýuwudyjy gaplar gazyň synagynda CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> we CO-ny kesgitlemek üçin niýetlenen. Emma CO-ny kesgitlenişinde bu maksat üçin ulanylýan reaktiwleriň hemmesi ynamdar dälidigini hökmany ýagdaýda göz önünde tutmaly. Analizlenýän gaz bilen reaktiwiň arasyndaky galtaşma üstüni ulaltmak üçin ýuwudyjy gaplary aýna turbajyklary bilen doldurýarlar. Paýlaýjy darajygyň aýna kranlary býuretka bilen ýuwudyjy gaplary birikdirmek üçin hyzmat edýärler. Gazy getiriji hökmünde niýetlenen rezin gruşa we aýna pagtasy bilen doldurylan filtr (süzgüç) paýlaýjy darajygyň üçhodowoý krany bilen birikdirilen. Ulanmazdan öň, abzalyň kranlarynyň dykzlygyny we birikdirilýän yerlerini barlamaly.

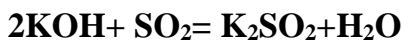
ГХПЗ kysymly gazoanalizatorlarda işi indiki yzygiderlikde ýerine ýetirilýär. Rezin gruşanyň kömegi bilen gazgeçiriji liniýany üfläp açýarlar, soňra paýlaýjy darajygy. Soňky ýagdaýda gazy býuretka alýarlar we üçhodowoý krany üsti bilen atmosfera gysyp çykarýarlar. Gazyň synagyny analiz üçin almazdan öň, ýuwudyjy gaplarda reaktiwiň derejesi kranlarda kontrol belliklere çenli getirilmeli we býuretkadaky suwuklygyň derejesi – ýokary bellige çenli. Gazy barlag üçin alanymyzda deňleýji sklýanka ýuwaşdan düşürilýär we býuretkada selçeňletme emele gelýär, şol ýerde üçhodowoýnyň kranynyň göwrümi gazy getiriji liniýa bilen filtriň üsti bilen abzalyň daragy bilen birikmeli. Býuretkadaky gazyň synagy, atmosfera basyşyna getirilýär. Munuň üçin deňleýji sklýankany aşak goýberýärler, sebäbi

býuretkadaky suwuklygyň derejesi sütünäki 0 belligiň aşagynda bolmaly, mundan soň gazgeçiriji liniýadan abzaly üçhodowoý kranyň kömegi bilen ýapýarlar. Şu ýagdaýda býuretkadaky gazy birnäçe wagtyň dowamynda sowadýarlar. Soňra suwuklygyň derejesi 0 bellige ýeter ýaly deňleýji sklýankany galdyrýarlar we býuretkadaky gazy gysýarlar. Yz ýany, darajygyň üsti bilen üçhodowoý kranyň kömegi bilen býuretkany atmosfera bilen baglaşdyrýarlar we abzaldan gazyň artykmaçlygyny aýyrýarlar, mundan soň abzaly üçhodowoý kranyň kömegi bilen öçürýärler, şonuň bilen birlikde atmosfera basyşda we abzalyň temperaturasynda býuretkada gerek bolan gazyň göwrümini bölüp alýarlar.

Gazyň synagynyň düzüminde CO<sub>2</sub>-niň prosentligi kesgitlemekden gazyň analizini başlaýarlar. Munuň üçin, degişli bolan sorujy gabynyň krany açýarlar, ýuwaşlyk bilen deňleýji sklýankany galdyrýarlar we iýiji kaliniň ergini bilen sorujy gabyna gazy gysýarlar. Şunlukda, kapillýar turbajygyň ýokarky soňky bellige çenli býuretkadaky suwuklygyň derejesini ýetirýärler, tä sorujy gabdaky reaktiwi kranyň kontrol belligine çenli ýetýänçä. Bu barlagy 4-5 gezek gaýtalap, sorujy gapdaky reaktiwi kontrol belligine çenli ýetirýärler we bu gabyň kranyň ýapýarlar. Deňleýji sklýankanyň ýerleşdirilşiniň esasy maksady, ýagny onuň we býuretkanyň içindäki suwuň derejesi deň bolar ýaly. Mundan soň, ýuwutmanyň netijesinde, gazyň göwrüminiň peselmegini býuretkadaky sütün boýunça hasaplaýarlar. Soňra kontrol kowmany amala aşyrýarlar, eger-de, sütün boýunça edilen kontrol hasaplama üýtgemese, onda CO<sub>2</sub> doly sorulan diýip hasaplaýarlar.

Eger-de, barlanylýan gazyň düzüminde SO<sub>2</sub> bar bolsa, onda ony CO<sub>2</sub> bilen birlikde kesgitleýärler. Bu gazlaryň

jemini RO<sub>2</sub> diýip bellemeli. Bu ýagdaýda bir wagtda indiki täsirleşme bolup geçýär:



CO<sub>2</sub> sorup alanlaryndan soň, gaz synagynyň galyndylaryny býuretkadan deňleýji gabyň kömegi O<sub>2</sub> ýuwutmak üçin niýetlenen pirogallol kislotas aşgarly ergin sorujy gaba gysyp çykarýarlar. O<sub>2</sub>-niň düzümi prosentligini kesgitlemek üçin reaktiw gazynyň kowma täsirleşmesiniň haýal geçýänligini göz önünde tutup, ony 6-7 gezek gaýtalamaly. Mundan başga-da, gazynyň reaktiwden kowmasy hökman ýagdaýda geçirilmeli. O<sub>2</sub>-niň düzümi prosentligini edil CO<sub>2</sub>-niňki ýaly, sütün boýunça hasaplama geçirýärler.

CO<sub>2</sub> we O<sub>2</sub>-niň kesgitlemeginiň görkezilen yzygiderlikde hökman ýerine ýetirmeli, sebäbi pirogallol kislotanyň ergini CO<sub>2</sub>-ni ýuwudýar.

Edil şunuň ýaly hem CO düzümi prosentligini kesgitleýärler, ýagny gazynyň galyndysyny misiň ýarymhlorly aşgar erginli sorujy gap arkaly kowmany amala aşyrýarlar. CO-ny ýuwutmak üçin niýetlenen reaktiw, beýlekiler bilen deňeşdireniňde has çalt doýýanlygyny we zaýalanýanlygyny göz önünde tutýarlar, şonuň üçin CO-nyň barlagynyň hemişe takyklygyny üpjün etmeýär. Ýene-de, aýtmak gerek, ýagny bu reaktiw O<sub>2</sub>-ini hem ýuwudýar.

ГХП2 kysymly gazoanalizatory özünde iki sany ýuwudyjy gap saklaýar, bu bolsa, oňa gaz garyndysynda CO<sub>2</sub>-niň, O<sub>2</sub>-niň ýa-da CO-nyň düzümi prosentligini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Onuň gurluşy edil ГХП3 abzaly ýaly. Gazoanalizatoryň býuretkasynyň göwrümini 50ml we bölme bellikleriniň arasy 0.1ml.

Rugsat berilýän sütüniň görkezijileriniň ýalňyşlyklary  $\pm 0.1$ ml-den ýokary bolmaly däl. Sütüniň gradurowkasy býuretkanyň umumy göwrüminden prosent gatnaşygynda ýerine ýetirip bilýär.

1. CO<sub>2</sub>-ni ýuwutmak üçin 100gr iýji kalini (KOH) alýarlar, 200ml distillirlenen suwa bu reaktiwiň 1ml-niň maksimal ýuwutma çägi 40ml CO<sub>2</sub>-ä deň.
2. O<sub>2</sub> ýuwutmak üçin 40gr pirogalloly [C<sub>6</sub>H<sub>3</sub> (OH)<sub>3</sub>] 60ml distillirlenen suwda eredýärler. Bu emele gelen ergini 140ml 50% KOH ergini bilen garýarlar. Garyndylary garylada, iň gowusy ýuwudyjy gapda amala aşyrmak, sebäbi reaktiwi taýýarlanyňda pirogallolyň okislenme ukybynyň derejesini has peselder. Bu reaktiwiň 1ml-niň rugsat berýän ýuwutma ukyby 2.3ml O<sub>2</sub>

Häzirki wagtda awtomatiki himiki gazoanalizatorlary ÝES-lerde peýdalanmaýarlar. Olar üznükli işiň abzallaryna degişli bolup, 20-30 analiz sagatda ýerine ýetirýänligi bu gazoanalizatorlaryň esasy kemçiligi bolup durýar.

### **13.2. Gazyň düzümini derňew etmek üçin metodiki görkezme**

Gazyň düzümini derňew etmek üçin ýangyjyň doly gutarýan ýerini saýlap almaly. Şol bölegiň gazy geçirijiligi yzygider bolmaly, ýagny üznüksiz bolmaly. Bu amatly bölek bolup, gaz geçirijiligiň wertikal bölegidir. Barlanýan gaz geçirijisiniň garşylygy köp ýerden, gazyň kesişýän ýerinden daşda bolmaly. Gazyň barlag edilýän bölegini

saýlamak üçin turbadan geçende daşlaşdygyça howanyň sorulmagy ulalýar, O<sub>2</sub> köpeliýär, CO<sub>2</sub> azalýar. O<sub>2</sub> boýunça gözegçiligi has takyk bolýandygyny tejribeler görkezýär. Gazgeçiriji turbalaryň dürli ýerlerinde gazlar barlag edilende O<sub>2</sub> bilen CO<sub>2</sub> özara gabat gelşini gözegçilik etmeklik maslahat berilýär. O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> düzüminiň özara gabat gelşi aşakdaky formula bilen görkezilýär:

$$O^{11}_2 = CO^{11}_2 \cdot O^1_2 + 20.9 [CO^1_2 - CO^{11}_2] / CO^1_2, \quad (129)$$

O<sup>1</sup><sub>2</sub>, CO<sup>1</sup><sub>2</sub> – turbanyň birinji kesişindäki düzümi;

O<sup>11</sup><sub>2</sub>, CO<sup>11</sup> – ikinji kesişindäki düzümi.

Barlanylýan gaz gazýygnaýjy enjamyň kömegi bilen gazgeçirijiniň özünden ýa-da ýörite ýerleşdirilen polat turbadan ýygnaýlar. Ýyladyjy režimiň üznüksiz gözegçiligi üçin iki sany gazýygnaýjy enjam gurnamaly. Olar keramiki filtrden, polat goraýjy, gazaýryjy turbadan, krestawinadan, krandan, dykydan durandyr. Keramiki filtr gazyň düzümini mehaniki garyndylardan arassalamak üçin niýetlenendir. Ol 15-20 g/m<sup>3</sup> –den köp bolmaly däl (kül, gurum). Kran turbanyň kömegi bilen arassalaýjy gazoanalizator bilen birikdirilýär, krestawina gapdal deşigi keramiki filtr bilen gazýygnaýjy turbany yzygider arassalamak üçin niýetlenen. Gazýygnaýjy turba 15-20° burç bilen ýerleşdirilýär, bu ýagdaýda emele gelen mehaniki garyndylardan arassalaýar. Bu enjam gurnalanda keramiki filtrlı gazaýryjy turbada gazyň temperaturasyny göz önünde tutmaly. Gazyň temperaturasy 200-500<sup>0</sup> bolmaly. Aşaky temperatura derejesinden peselse, keramiki filtriň hapalanmagy mümkin. Ýokarky derejesinden geçse, O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> dikeldilmegi mümkin. Şonuň üçin hem 200<sup>0</sup> pes ýagdaýda enjam gyzdrylmaly,

400<sup>0</sup> ýokary ýagdaýynda enjam sowadylmaly. Sistematiki üznüksiz gözegçilik üçin iki sany gazýygnaýjy we iki sany gazoanalizator gurmaly.



## Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiniň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan-sagdynlygyň we ruhubelentliginiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Umumymilli "Galkynyş" Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik partiýasynyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlisinde sözlän sözi. Aşgabat, 2007.
8. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygyndysy. 1-nji tom. Aşgabat, 2007.
9. Türkmenistanyň Prezidentiniň "Obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin" Milli maksatnamasy, Aşgabat, 2007.
10. "Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry"

- Milli maksatnamasy, "Türkmenistan" gazetini, 2003-nji ýyl, Alp Arslan aýynyň 27-si.
11. "Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy". Aşgabat, 2006.
  12. Гүляев В. А., Цуранов О. А., Крысин А. Г. «Холодильная техника и технология» Учебник для вузов. М., Пищевая промышленность. 2004.
  13. Массообмен при хранении замороженных продуктов /Тихонов Б.С., Бабакин Б.С./ М.: МГУПБ, 2003.
  14. Диагностика работы малых холодильных компрессоров. /Бабакин Б.С., Выгодин В.А., Кулагин В.Н./Учебное пособие.- Рязань. "Узорочье".- 2001.
  15. Совершенствование холодильной техники и технологии. / Бабакин Б.С., Тихонов Б.С., Юрчинский Ю.М./ 1992.
  16. Кузнецов Н.Д. «Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам».М., Энергоатомиздат. 1985.
  17. Иванова Г.М. «Теплотехнические измерения и приборы». М., Энергоатомиздат. 1984.
  18. Мурин Г.А. «Теплотехнические измерения». М., Энергия, 1979.
  19. Преображенский В.П. «Теплотехнические измерения и приборы». М., Энергия, 1978.

# M A Z M U N Y

Mowzugyň atlandyrylyşy	Sahypa
Giriş.....	7
<b>I-nji Bölüm. Ölçeşler we olaryň ýerine ýetirilişi</b>	
1. Ölçeş birlikleri we usullary.....	19
2. Ölçeş abzallarynyň toparlara bölünişi.....	27
3. Abzallaryň elementleriniň we alamatlarynyň häsiýetleri.....	34
4. Ölçeşgiň ýalňyşlyklary.....	42
<b>II-nji Bölüm. Ölçeşleri ýerine ýetirýän abzallaryň işleýşi, gurluşy we häsiýetnamalary</b>	
1. Temperaturany ölçemegiň usullary we temperatura şkalalar.....	47
2. Termometrler. Manometrik termometrler.....	51
3. Potensiometrler. ....	68
4. Basyşy ölçemegiň usullary.....	111
5. Manometrler. Manometri oturtmak we oňa hyzmat etmek.....	116
6. Barometrler. Wakuummometrler.....	119
7. Maddanyň sarp edilişini we mukdaryny ölçemegiň usuly.....	122
8. Rotametrler. Awtomatiki tereziler.....	128
9. Rezerwuarlaryň dereje ölçeýjileri (urownemerler).....	136
10. Suwuklyklaryň derejesini ölçemek.....	139
11. Suwuň hilini barlamagyň usuly.....	143
12. Gazlaryň düzümini ölçemegiň usullary we serişdeleri.....	148
13. Umumy maglumatlar. Gazoanalizatorlar.....	151
Edebiýatlar.....	157