

**M.A. Gurbannyýazow**

**Muhammedöwez Aşyrowiç Gurbannyýazow**

**Fiziki metrologiýa**

Ýokary okuw mekdepleriniň radiofizika we elektronika, fizika, inžener-tehniki hünärlerinde okaýan talyplar hem-de aspirantlar üçin.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň habarçy agzasy, professor, tehnika ylymlarynyň doktory Gurt Toýlyýewiň redaksiýasy bilen

# **FIZIKI METROLOGIÝA**

**Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin okuw gollanmasy**

***Türkmenistanyň Bilim ministrliگی  
tarapyndan hödürlenildi***

**Aşgabat - 2010**

**M. A. Gurbannyýazow**  
**G 35** Fiziki metrologiýa. Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin synag okuw kitaby.-A.:2010

Kitap Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň fizika, radiofizika we elektronika hünärleri boýunça bilim alýan talyplar üçin niýetlenen maksatnama esasynda taýýarlanylýp, fiziki birlikleriň, etalonlaryň, hemişelikleriň emele gelişini we saklanylyşyny, fiziki eksperimentleri geçirmegiň usullary we enjamlary, ölçeg ýalňyşlyklary we olary azaltmagyň ýollary, ylmy eksperimentleri awtomatlaşdyrmagyň usulyýeti we tehniki taýdan durmuşa geçirilişi barasynda nazary, amaly we tejribe maglumatlaryny öz içine alýar.

Bu okuw gollanmasy ýokary okuw mekdepleriniň fizika, radiofizika we elektronika, awtomatika, mikroelektronika, aragatnaşyk enjamlary we häzirki zaman aragatnaşyk tehnologiýasy, kompýuter - maglumat tehnikasy, energetika we beýleki ugurlary boýunça bilim alýan talyplar, aspirantlar we hünärmenler üçin niýetlenilýär.

Giriş .....	7
I. Metrologiýa we onuň ösüş sepgitleri. ....	9
II. Fiziki metrologiýanyň esasy düşüňjeleri, adalgalary we kesgitlemeleri. ....	15
III. Hemişelikler, etalonlar we birlikler .....	21
IV. Ölçegler barasynda umumy düşüňjeler .....	35
V. Ölçeg signallary .....	46
VI. Ölçeg serişdeleri we olaryň metrologiki häsiýetleri ..	57
VII. Ölçeg ýalňyşlyklary we olaryň klassifikasiýasy .....	89
VIII. Ýalňyşlyklaryň görnüşleri .....	100
IX. Ölçegleriň netijelerini gaýtadan işlemek. Ýalňyşlyklaryň jemlenilişi .....	115
X. Ölçeg serişdeleriniň takyklygyny we ygtybarly işleýişini kesgitlemek. Synag-gözegçilik gullugy .....	135
XI. Fiziki tejribeleri meýilnamalaşdyrmak we awtomatlaşdyrmak. ....	156
XII. Fiziki metrologiýanyň häzirki zaman derejesi we onuň ösüş ýollary .....	168
Edebiýatlar .....	177

13. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии.– М.:Изд-во стандартов, 1975. – 290 с.
14. Физическая метрология.// Материалы Международной конференции по проблемам физической метрологии- С.-Петербург: KN, 1996. – 342 с.
15. Физическая метрология // Материалы Международной конференции по проблемам физической метрологии – С.-Петербург: KN,1998. – 244 с.
16. Рабинович С.Г. Погрешности измерений.-Л.: Энергия, 1978.-262 с.
17. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы.-М.: Энергия, 1978.-703 с.
18. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи /Под ред. Б.П.Хромого-М.:Радио и связь,1986.-420 с.
19. Зажигаев Л.С., Кишьян А.А., Романиков Ю.И., Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента.- М.: Атомиздат, 1978
20. Метрологическое обеспечение температурных и теплофизических измерений в диапазоне высоких температур// Материалы Международной научно - технической конференции.- Харьков: НПО “Метрология, 1983.
21. Методы обработки результатов наблюдений при измерениях. Под.ред. Е.П.Широкова //Труды ВНИИМ, вып.134 (194). – М.-Л.: Изд-во стандартов, 1972.

## G I R I Ş

Fiziki metrologiýa ölçegler barasyndaky ylym bolmak bilen ol beýleki ylmlaryň arasynda mynasyp orny eýeleýär. Adamyň daş töweregini gurşap alýan dünýä akyl ýetirişi gözegçilik we eksperiment (tejribe) bilen gös-göni baglanyşyklydyr. Gözegçilik we eksperiment mahalynda informasiýany almak ölçeglere baglydyr. Ýer ýüzünde adamzadyň emele gelmegi bilen şol ýa-da beýleki görnüşde ölçegler başlandy. Biziň eýamyzdan münlerçe ýyl öň Wawilonda, Müsürde, Merkezi Aziýada... astronomiki ölçegleriň geçirilendigi anyklanyldy. Goňurdepede, Merwde... tapylan arheologik tapyndylar hem muny tassyklaýar. Ylmyň we tehnikanyň ösüşiniň bütin taryhynyň dowamynda adamzadyň önünde köp sanly ylmy-tehniki meseleler durdy we durýar. Şolary çözmek üçin maddy dünýäniň obýektleriniň (hadysalar, prosesler, maddalar, jisimler, gurluşlar we başgalar) şol ýa-da beýleki häsiýetleri hakynda mukdar informasiýasy gerek. Şolar ýaly informasiýany almagyň esasy usuly ölçegdir.

Ölçeg – metrologiýa ylmyň esasy düşunjesidir. Metrologiýa ylmy köp asyrlaryň dowamynda alymlar tarapyndan ösdürildi we häzirki zaman derejesine ýetirildi. Häzirki zaman jemgiýetinde ölçegleriň ähmiýeti örän uly. Dünýäde her pursatda münlerçe ölçeg operasiýalar geçirilýär. Olaryň netijeleri öndürilýän harytlaryň hil üpjünçiliginde, medisina hem-de ekologiki diagnozlaryň goýluşynda, transportyň howpsyz işledilmeginde we beýleki maksatlar üçin ulanylýar.

Metrologiýa ylmy birnäçe ugurlar boýunça ösdürilýär. Onuň esasy ugurlarynyň biri bolan fiziki metrologiýa kemala geldi. Täze fiziki hadysalara esaslanýan döwrebap ölçeg serişdelerini işläp düzmek, fiziki ululyklary ölçemek, geçirilýän ölçegleriň umumylygyny (birmeňzeşligini) we takyklygyny üpjün edýän usullary hem-de tehniki serişdeleri döretmek we olary kämilleşdirmek fiziki metrologiýa ylmyň esasy maksady bolup durýar. Ýurdumyzda ileri tutulýan ylmy ugurlary ösdürmek üçin gerek bolan ölçeg serişdeleriniň giň toplumu, şonuň ýalyda ylmy

eksperimentleri meýilnamalaşdyrmaga we awtomatlaşdyrmaga degişli döwrebap usullar hem-de ölçeg usullary beýan edilýär.

Okuw gollanmasy XII bölümden ybarat bolup, onuň I, II, III bölümlerinde metrologiýa ylmynyň emele gelşi we onuň ösüş sepgitleri; metrologiýanyň esasy düşneleri, adalgalary, kesgitlemeleri; fiziki hemişelikler, etalonlar we birlikler barasynda maglumatlar getirilýär. Kitabyň IV, V, VI bölümlerinde ölçeg barasynda umumy düşünjeler; ölçeg signallary; ölçeg serişdeleri we olaryň metrologiki häsiýetleri beýan edilýär. Ölçeg ýalňyşlyklary we olaryň görnüşleri; ölçegleriň netijelerini gaýtadan işlemek we ýalňyşlyklaryň jemlenişi VII, VIII we IX bölümlerde berilýär. Kitabyň X bölümünde ölçeg serişdeleriniň takyklygyny we yktybarly işleýşini kesgitlemegiň ýollary, synag-gözekçilik gullugynyň alyp barýan işleri beýan edilýär. Fiziki eksperimentleri meýilnamalaşdyrmagyň we awtomatlaşdyrmagyň tärleri XI bölümde getirilýär. Fiziki metrologiýanyň häzirki zaman derejesi we onuň ösüş ýollary XII bölümde beýan edilýär.

## EDEBIÝAT

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, watany, halky söýmek – bagtdyr. – Aşgabat: TDNG, 2007. - 144 s.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler, 1-nji tom. – Aşgabat: TDNG, 2008. - 360 s.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler, 2-nji tom. – Aşgabat: TDNG, 2009. - 392 s.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistanyň ykdysady strategiýasy: halka daýanyp, halkyň hatyrasyna – Türkmenistan gazeti, 2010-njy ýylyň 10-njy maýy.
5. Gurbannyýazow M.A. Fiziki metrologiýa (umumy okuwlaryň ýazgylary). – Aşgabat: Magtymguly ad.TDU, 2009. - 126 s.
6. Хромой Б.П. Метрология и измерения в телекоммуникационных системах (том 1) – М.: ИРИАС, 2007. – 544 с.
7. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология.-М.:Логос, 2002. - 407с.
8. Нефедов В.И., Хахин В.И. и др. Метрология и радиоизмерения /Под ред.В.И.Неферова-М.:Высшая школа, 2003. - 526с.
9. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений.- М.:Высшая школа, 2002. - 205 с.
10. Нефедов В.И., Хахин В.И. и др. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах – М.: Высшая школа, 2001. – 350 с.
11. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. -М.:Изд-во стандартов, 1991. – 235 с.
12. Тюрин Н.И., Введение в метрологию.- М.: Изд-во стандартов, 1985. – 280 с.

Abzalda ulanylýan “hromel - kopel” termodatçikleriniň termo - E.H.G. temperaturanyň ähli ölçenilýän çäginde, mysal üçin -  $20^{\circ}\text{S} \div +100^{\circ}\text{S}$ , hemişelik däl. Şonuň üçin hemişelik güýçlendirijili HTG ulanmak bolmaýar. Şu sebäpden termojübüdiň ähli ölçeg diapazonyň sany bölege bölünýär we her bölekde temperaturanyň wolt-gradus häsiýetnamasy göni çyzykla golaý bolar ýaly alynýar. Abzalyň esasy elementi bolan HTDG we onuň çykyşyna birleşdirilen KB termojübütünden gelýän signalyň ululygyna baglylykda güýçlendirijiniň signalyny üýtgedýär we netijede termojübütiň wolt - gradus häsiýetnamasy linerizasiýa edilýär (gönüçyzyklaşdyrylýar).

Bu abzal dürli howa şertlerinde uly göwrümlü radioteleskoplaryň ýylylyk häsiýetlerini tejribe üsti bilen öwrenmekde üstünlikli ulanyldy. Onuň ygtybarly we effektiv işleýşi praktikada barlanyldy.

## I. METROLOGIÝA WE ONUŇ ÖSÜŞ SEPGITLERI.

Metrologiýa adalgasy 2 sany goşma grek sözünden gelip çykýar. Ýagny “metron” – ölçeg we “logos” – ylym (taglymat). Başgaça aýdanyňda Metrologiýa – ölçeg barasyndaky ylymdyr.

Adamyň durmuşynda ölçeg örän wajyp orny eýeleýär. Ölçegler biziň töweregimizi gurşap alýan dünýä hakyndaky düşüňjämizi has giň we düşnükli edýär. Ylmyň we tehnikanynyň ösüşi ölçeg priporlarynyň we ölçegleriniň kämillik derejesi bilen kesgitlenýär diýip aýtsa bolar. Başgaça aýdanyňda ölçegler biziň ylmy we amaly akyl ýetirişimiziň çeşmesi bolup hyzmat edýär.

Metrologiýa – ölçegler, ölçegleriniň umumylygyny (birmeňzeşligini) üpjün edýän metodlar we enjamlar hem-de talap edýän takyklyga ýetmegiň usullary baradaky ylymdyr.

Ölçeg diýip ýöriteleşdirilen tehniki serişdeleri ulanyp tejribe ýoly bilen fiziki ululygyň bahasyny tapmaklyga aýdylýar. Başgaça aýdanyňda ölçenýän ululygyň san bahasyny tejribe üsti bilen kesgitlemeklige ölçeg diýilýär. Ölçegiň ähmiýeti üç ugur (aspekt) boýunça aňladylýar: filosofiki, ylmy we tehniki.

Metrologiýanyň esasy maksady – bu biziň daş töweregimizi gurşap alan dünýä akyl ýetirmekdir. Filosofiýa bilen onuň baglanyşygy şu esasdadyr. Ýagny fiziki hadysalara we proseslere akyl ýetirmegiň esasy ähliumumy usuly bolup ölçegiň hyzmat etmegi, onuň filosofiki aspektini düzýär.

Ölçegleriniň kömegi bilen ylymda nazaryýet bilen amalyýetiň baglanyşygynyň amala aşyrylmagy, ölçegleriniň ylmy aspekti bolup durýar. Ölçeg geçirmezden ylmy gipotezalary (çaklamalary), teoriýalary barlamak, derňemek we netijede ylmy ösdürmek mümkin däl.

Ölçegler dolandyryş we gözegçilik obýekti hakyndaky informasiýany mukdar görnüşde almagy üpjün edýär. Şol informasiýasyz tehniki prosesleriň berilen ähli şertlerini gaýtalamak (gaýtadan dikeltmek), önümiň ýokary hilini üpjün

etmek we obýekti öndürüjilikli (effektiv) dolandyrmak mümkin däl. Bularyň hemmesi ölçegiň tehniki aspektini düzýär.

Metrologiýa fiziki ululyklary ölçemegiň umumy nazaryýetini (teoriýasyny), fiziki ululyklaryň we olaryň ulgamlarynyň birliklerini düzmegi we ykrar etmegi, birlikleriň ölçeglerini etalonlardan nusga we işçi ölçeg abzallara geçirmegiň tertibini, ölçeg usullaryny we serişdelerini, ölçeg netijelerini gaýtadan işlemegiň umumy usulyny we olaryň takyklygyny kesgitlemegi özünde jemleýär.

Ölçeg informasiýasyny almak üçin ölçeg serişdelerini döretmek we ulanmak problemalary, hem-de şu sebäpli döreýän ylmy we tehniki meseleler hem metrologiýa bilen bir hatarda ölçeg tehnikaşy meşgullanýar. Ölçeg tehnikaşynyň düýp esasyny metrologiýa üpjünçiligi düzýär. Her bir ölçegiň metrologiýa üpjünçiligi 4 sütünden, ýagny ylmy, normatiw – tehniki, guramaçylyk we kanunçylyk esasan durýar (1.1-nji surat).

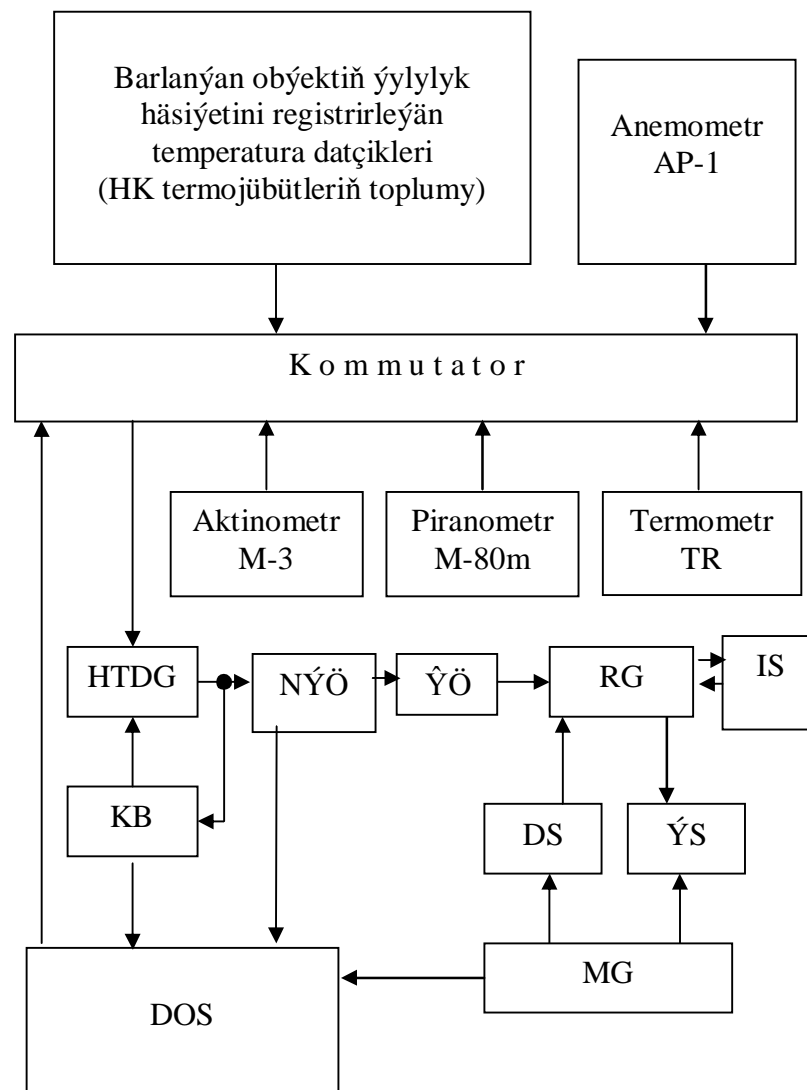
Ylmy metrologiýa ölçeg tehnikaşynyň binýady (bazasy) bolmak bilen ölçegleriň umumy we ölçegi düzüji elementleriň: ölçegleriň priborlary we serişdeleri, fiziki ululyklar we olaryň birlikleri, ölçegleriň metodlary we usullary, ölçegleriň netijeleri we ýalňyşlyklary we ş.m., problemalaryny (meselelerini) öwrenmek bilen meşgullanýar.

Döwlet standartlarynyň toplumy metrologiýa üpjünçiliginiň normatiw – tehniki esasy bolup durýar.

Döwlet standartlarynyň toplumy:

- fiziki ululyklaryň birlikleriniň etalonlarynyň döwlet ulgamy;
- fiziki ululyklaryň birlikleriniň ölçeglerini etalonlardan, ýa-da ilkinji nusga ölçeg serişdelerinden ölçeg serişdeleri barlamak boýunça aşakda durýan gulluklara bermek (geçirmek) ulgamy;
- ölçeg serişdelerini işläp taýýarlamak, önümçilige ornaşdyrmak we aýlanyşyga goýbermek ulgamy;
- ölçeg serişdeleriniň hökmany döwlet synagynyň ulgamy;
- ölçeg serişdeleriniň hökmany döwlet we pudaklar boýunça metrologiýa attestasiýasynyň we barlaglarynyň ulgamy;

ÝS, DS we MG bloklar köpçülikleýin öndürilýän “Topaz D202” kysymly diktafondan alyndy.

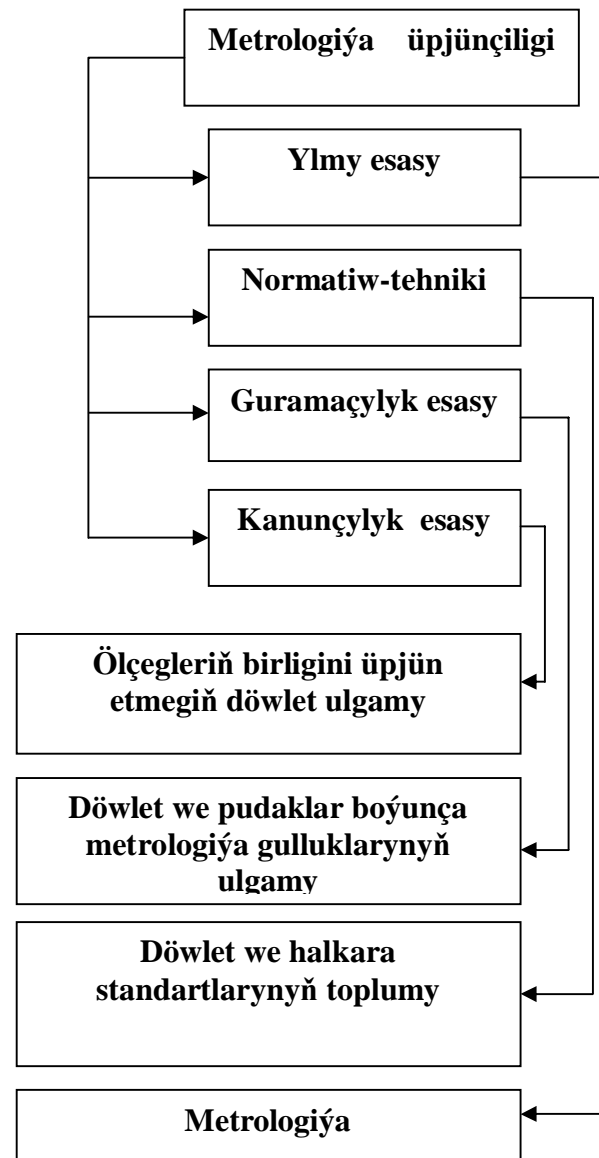


12.4-nji surat. Temperaturalary we meteoparametrleri ölçeýji köpgirişli awtonom abzalyň blok shemasy.

howanyň temperaturasy, çyglylygy kadadan çykmary däl we ş.m. Bu şertleri inženerjilik desgalarynyň gurulýan wagty gurluşyk gidýan ýerinde, guşlaryň höwürtgeleriniň ýakynynda we ş.m. üpjün etmek örän kyn. Sonuň üçin ýönekeý, ýeňil we özi awtonom režimde işläp bilýan portatiw abzallary döretmeklik meselesi ýüze çykýar. Bular ýaly abzallary işläp taýýarlamak, döretmek we olaryň gerek bolan takyklyk bilen işlemegini üpjün etmek fiziki metrologiýanyň esasy ugurlarynyň biridir.

Daşky klimat täsirleri wagta görä haýal üýtgeýän şertlerinde ölçeg geçirmek, ýa-da belli-belli wagtlarda öwrenilýän obýektiň parametrlerini, mysal üçin ýylylyk häsiýetini, barlap durmak gerek bolan ýagdaýynda priboryň özüniň belli bir wagt interwalynda işläp (ölçäp) soňra bolsa indiki ölçege çenli garaşýan režimde işlemegi we alynýan informasiýalary aralyk ýatda saklaýjy magnit disklerine, ýa-da magnit lentalaryna ýazyp bilýän shemasy bilen üpjün edilmegi gerek bolýar. Şu maksat bilen döredilen ölçeg abzallaryň biriniň blok shemasy 12.4-nji suratda görkezilen<sup>\*\*\*</sup>. Abzalyň düzümine girýän funksional düwürler: hromel-kopel termojübütleriň toplumy, gün radiasiýasynyň we beýleki klimat faktorlarynyň parametrlerini registrirleýji datçikler (M-3, M-80m, AP-1, TR we beýlekiler), kommutator, hemişelik togyň dolandyrylýan (başga düzgüne geçirip bolýan) güýçlendirijisi (HTDG), komporatorlar blogy (KB), naprýaženiýa - ýygylýk öwrüji (NÝÖ), ýygylýk ölçeýji (ÝÖ), indikasiýa shemasy (IS), registrler (RG), dolandyryş shemasy (DOS), ýazgy shemasy (ÝS), dikeldiş shemasy (DS) köpgirişli awtonom priboryň blok shemasy we magnitofon (MG). Abzalda ulanylan

\*\*\* М.А. Гурбанниязов. Автономный многоканальный измеритель температуры объектов и метеопараметров окружающей среды //Труды Международной научно-практической конференции “Информационные и электронные технологии в дистанционном зондировании”, - Баку, Азербайджан, 2004, с.237-242.



1.1-nji surat. Ölçegleriň metrologiýa üpjünçiliginiň düzümi.

- materiallaryň we maddalaryň düzüminiň we häsiýetleriniň standart nusgalarynyň ulgamy;
- materiallaryň we maddalaryň häsiýetleri we fiziki konstantalary (hemişelikleri) barada standart sorag-jogap maglumatlarynyň (bahalarynyň) ulgamy;
- ölçeg serişdeleriniň metrologiýa häsiýetlerini barlag edilişini we baha berilişini kadalaşdyrmagyň (normalaşdyrmagyň) umumy usullary.

Türkmenistanda “Türkmenstandartlary” gullugy metrologiýa üpjünçiliginiň guramaçylyk esasy (guramaçysy) bolup durýar. Ol döwlet, welaýatlar we pudaklar boýunça bütin ýurda ýaýran metrologiýa gullugynyň kärhanalarynyň we edaralarynyň ulgamyny öz içine alýar.

Özara baglanyşykly umumy düzgünleriň, talaplaryň we normalaryň, edil şonuň ýalyda ölçegleriň birligini we ölçeg serişdeleriniň birmeňzeşligini üpjün etmäge niýetlenen döwlet gözegçiliginiň meseleleriniň toplumlaryny özünde jemleýän metrologiýanyň bölümine - kanuny metrologiýada (kanunçylyk metrologiýasy) diýilýär. Beýleki ylymlarda boluşy ýaly, metrologiýada hem ulanylýan adalgalara (terminlere) eden-etdilik edip özbaşdak kesgitleme, düşündiriş bermek bolmaýar.

Amaly metrologiýa nazary (teoretiki) barlaglaryň netijelerini amalyýetde, ýagny ylmy-tehniki ösüşde we halk hojalygynda, ulanmagyň meselelerine bagyşlanýar.

Şeýlelik bilen metrologiýa özbaşdak we özara bir-biriniň üstüni ýetirip duran 3 sany uly bölümden durýar: nazary metrologiýa, amaly metrologiýa we kanuny metrologiýa.

Metrologiýa ylmynyň ösüşindäki esasy taryhy döwürlere seredip geçeliň:

1) XVIII-nji asyryň aýagynda Fransiýada uzynlyk birliginiň – metriň etalonynyň kabul edilmegi (fransuzça “metre” bolup ol grek sözünden - “metron” gelip çykýar);

2) 1832-nji ýylda Birlikleriň absolýut ulgamynyň (CGS) döredilmegi;

3) 1875-nji ýylda Halkara ölçegler konwensiýasynyň kabul edilmegi;

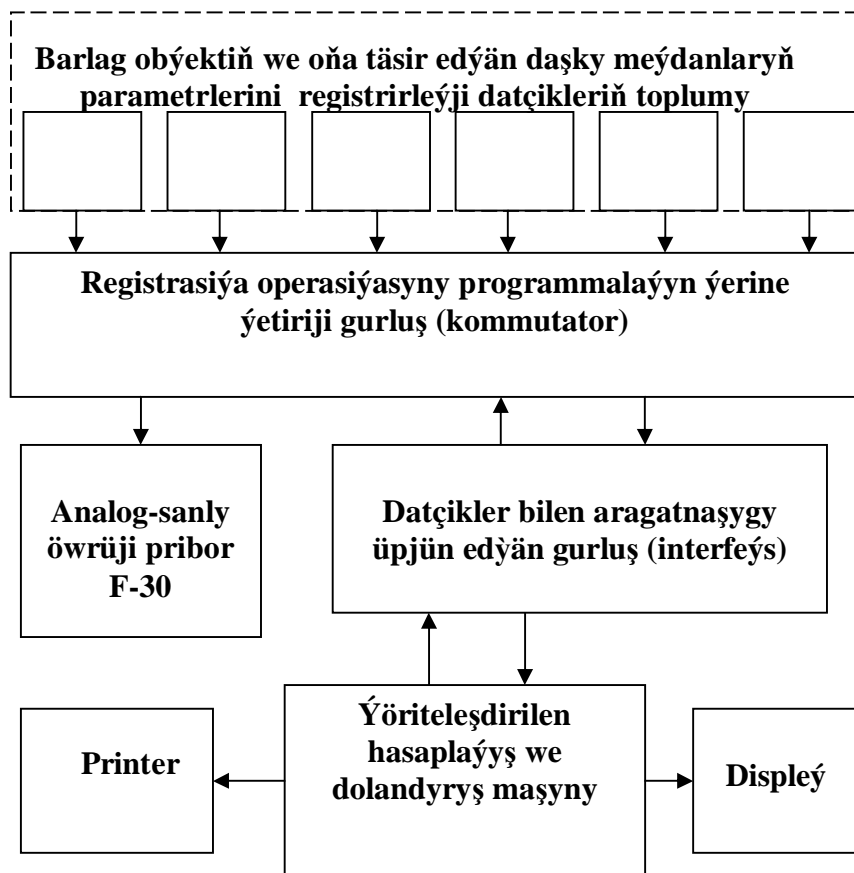
Häzirki wagtda täze, has öndüriljeklikli, kompýuterleriň döredilmegi bilen bu ölçeg ulgamy has kämilleşdirilip biliner. Dünýä tejribesinde informasiýany (signallary) ilkinji öwrüjileriň täze görnüşlerini döretmeklige, olary kämilleşdirmeklige, hem-de olaryň işleýiş häsiýetnamalaryny ýokarlandyrmaklyga köp üns berilýär. Bu ugurda köp ylmy-merkezler, ylmy institutlar işleýärler. Öňki belli we täze açylýan fiziki hadysalaryň esasynda täze prinsipde işleýän informasiýany ilkinji öwrüjiler (datçikler) döredilýär. Informasiýany özünde saklaýjylyk ukyby boýunça olary 2 sany uly topara bölüp bolýar, ýagny informasiýany özünde saklamaýan ilkinji öwrüjiler (mysal üçin termojübütler, termoresistorlar we ş.m.) we informasiýany özünde saklamak ukyby (häsiýeti) bolan ilkinji öwrüjiler (mysal üçin plenka görnüşli termomagnit registratorlay). Informasiýany ýatda saklamak mümkinçiligi bolan ilkinji öwrüjileriň gelejegi ulydyr. Sebäbi ilkinji öwrüjide “ýazgy” edilen informasiýany amatly laboratoriya şertlerinde täzeden dikeltmek mümkinçiligi döreýär.

Häzirki wagtda takyk işleýän sanly elektroölçeýji abzallar köp ýaýrandyr. Olar toguň naprýaženiýasyny we güýjüni, elektrik signallarynyň ýygylgyny we wagt aralygyny, faza süýşmesini, elektrik kuwwatyny we beýlekileri laboratoriya şertlerinde ölçemäge niýetlenendir.

Emma köplenç, mysal üçin, inženerjilik desgalary gurulýan, işe girizilýän we ulanylýan döwründe olarda daşky gurşawyň ýylylyk täsiri (esasanda gün radiýasiýasy, ýel, howanyň we “sowuk” asmanyň temperaturasy we ş.m.) netijesinde döreýän birhilli däl temperatura meýdanlarynyň häsiýetlerini öwrenmek we barlap durmak meselesi ýüze çykýar. Edil şonuň ýalyda ýalyda ornitologiýada, ýagny guşlaryň köpeliýän döwründe (ýazda) olaryň höwürtgelerindäki ýylylyk režimini belli bir wagt aralygy bilen, guşlary ürküzmän, barlap durmak meselesi ýüze çykýar. Bu, ýa-da şuna meňzeş beýleki maksatlar üçin laboratoriya şertlerinde ölçeg geçirmek üçin niýetlenip ýasalan abzallary ulanmaklyk köp kynçylyklary döredýär we maksada laýyk däl. Ýagny olary iýmitlendirýän tok çeşmeleri örän durnukly bolmaly, olaryň ýerleşdirilen (ulanylýan) ýerinde hemişe



dowamynda yzygiderli öwrenmekde 1979-1991-nji ýyllar aralygynda türkmen alymlary tarapyndan üstünlikli ulanyldy<sup>6</sup>.



**12.3-nji surat. Antenna desgalarynyň ýylylyk häsiýetlerini öwrenmek üçin döredilen awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamy.**

<sup>6</sup> М.А. Гурбаниязов . Методика и система измерения для автоматизированного исследования тепловых режимов и термодформаций крупногабаритных зеркальных антенн.-В кн.: Проблемы физической метрологии /Под редакцией А.Е. Городецкого.-Россия, Санкт-Петербург: KN, 1996,с.174-186<sup>6</sup>

4)1960-nji ýylda Birlikleriň Halkara ulgamynyň (SI) döredilmegi.

1960-nji ýyla çenli ölçeg birlikleriniň 3 sany ulgamy kabul edildi:

a) absolýut fiziki ulgam (CGS) esasy ölçeg birlikleri – santimetr, gramm we sekund;

b) absolýut tejribe (praktika) ulgamy (MKS), esasy ölçeg birlikleri – metr, kilogramm we sekund;

ç) tehniki ulgam (MKGS), esasy ölçeg birlikleri – metr, kilogramm – güýç we sekund.

Geçen asyrdan başlap aýry – aýry döwletlerdäki metrologiýa barlaglaryna degişli işler Halkara metrologiýa guramalary tarapyndan utgaşdyrylýar.

Fiziki ululyklary ölçemek, geçirilýän ölçegleriň umumylygyny (birmeňzeşligini) we takyklygyny üpjün edýän usullary hem-de tehniki serişdeleri döretmek we olary kämilleşdirmek fiziki metrologiýa ylmynyň esasy maksady bolup durýar.

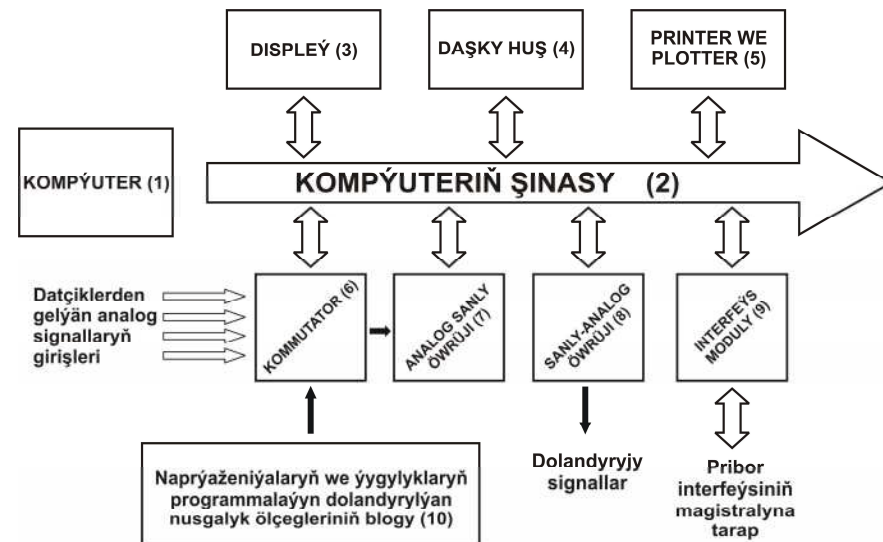
Dürli fiziki ululyklaryň ölçeniş usullaryny, netijeleri işläp taýýarlamagyň ýörelgelerini we ölçenen ululyklaryň takyklygyny (ýa-da ýalňyşlyk derejesini) kesgitlemegiň ýollaryny bilmezden ylmy-barlag, synag we kebşirleýiş-dikeldiş işlerini geçirmek mümkin däl.

Fiziki metrologiýa dersinde seredilýän meseleler:

- fiziki metrologiýanyň esasy ugurlary hakynda düşünje;
- fiziki hadysalaryň we effektleriň maglumat beriji häsiýetleri;
- fiziki hemişelikler, etalonlar we ölçeg birlikleri hakynda düşünje;
- abzallarda (priborlarda) we ölçeg ulgamlarynda bolup geçýän fiziki hadysalar;
- fiziki hemişelikleriň we etalonlaryň durnuklylygyna, süýşmesine we üýtgemesine ylmy taýdan baha bermek;
- fiziki tejribeleriň metrologiýa üpjünçiliginiň guralyşy;
- tejribe geçirmegiň häzirki zaman maddy – tehniki we dolandyryş, hasaplaýyş serişdeleri bilen üpjün edilişiniň guralyşy;

- fiziki barlaglarda we tejribelerde ulanylýan awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamlarynyň düzümi we işleýşi;
- fiziki ululyklary ölçemegiň täze usullaryny we tehniki serişdelerini oýlap tapmakda hem-de kämilleşdirmekde dünýä tejribesindeki iň soňky ýetilen sepgitler bilen tanyşmak.

alymlary tarapyndan döredilen awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamynyň düzümine seredip geçeliň (12.3-nji surat).



**12.2-nji surat. Kompýuterli-awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamy.**

Ýöriteleşdirilen hasaplaýyş we dolandyryş maşynynyň “Elektronika T3-16M” esasynda döredilen bu awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamy 200 töweregi dürli hilli datçikleriň berýan informasiýasyny gysga wagtyň içinde uly takyklyk bilen registrirlemäge (soramaga) we alynan ilkinji signallary gaýtadan işlemäge niýetlenendir. Bu awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamy Ýewpatoriýa şäheriniň (Ukraina döwleti) golaýynda gurulan diametri 70 metr bolan RT-70 radioteleskopyna gün radiasiýasynyň we beýleki klimat faktorlarynyň täsiri netijesinde onuň gurluşynda döreýän ýylylyk režimlerini we termodeformasiýasyny ýylyň dürli paslynda we gije – gündüziň

döretmek we olary kämilleşdirmek meselesi bilen meşgullanýar. Şeýlelik bilen metrologiýa deňderejeli we özara baglanyşykly iki bölekden - ylmy (teoretiki) we amaly metrologiýadan durýar

Soňky ýyllarda dünýä tejribesinde ylmy-barlaglarda kompýuter tehnikasyny we tehnologiýasyny ulanyp awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamlaryny işläp taýýarlamak (öýläp tapmaklyk), döretmeklik we olary kämilleşdirmek işleri giň gerim bilen alynyp barylýar. Başgaça aýdanyňda awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamlarynyň düzüminde ulanylýan kompýuterler ölçeg prosessini dolandyrmakda we alynýan netijeleri gaýtadan işlemekde esasy orny eýeleýärler, tejribeçiniň (operatoryň) işini düýp-göter ýeňilleşdirýärler we ölçegiň netijeliligini hem-de takyklygyny ýokarlandyrýarlar. Tejribeçiniň säwlikleri netijesinde döreýän gödek ýalňyşlyklar düýbünden aýrylýar, gaýtalanýan we tötänleýin ýalňyşlyklar düýp-göter azalýar. Metrologiýada bu ugur kompýuterli - ölçeg ulgamlary ýa-da kompýuterli-awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamlary diýip atlandyrylýar. Kompýuterli-awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamynyň umumylaşdyrylan struktura (düzümi) shemasy 12.2-nji suratda berilendir.

Awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamynyň aýry-aýry elementleriniň arasyndaky baglanyşyk persional kompýuteriň (1) içki şinasynyň (2) kömegi bilen amala aşyrylýar. Oňa kompýuteriň daşky gurluşlary: displeý (3), daşky hus (4), printer (5) we ölçeg shemasy: kommutator (6), analog-sanly öwrüji (7), sanly-analog öwrüji (8), interfeýs moduly (9), naprýaženiýalaryň we ýygylýklaryň programmalaýyn dolandyrylýan nusgalyk ölçegleriniň blogy (10) birleşdirilýärler.

Köpçülikleýin (seriýaly) öndürilýän ölçeg serişdeleri: sanly woltmetrler, ýygylýk ölçeýjiler (çastotomerler), generatorlar we ş.m. esasynda döredilýän uly bolmadyk awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamlarynda interfeýs ulanylýar. Kompýuteri ölçeg serişdeleri bilen, ýa-da dürli daşky ulgamlar bilen baglanyşdyrylan gurluş interfeýs diýip atlandyrylýar. Uly göwrümlü antenna desgalaryna daşky gurşawyň edýän ýylylyk täsirini öwrenmek üçin türkmen

## II. FIZIKI METROLOGIÝANYŇ ESASY DÜŞÜNJELERI, ADALGALARY WE KESGITLEMELERI

**Fiziki häsiýetler we ululyklar. Ululyklaryň görnüşleri. Esasy adalgalar we düşüňjeler. Fiziki hadysalaryň we effektleriň maglumat berijilik häsiýetleri. Maglumaty ilkinji öwürjiler.**

Daş töweregimizdäki her bir obýekt (zat, hadysa,...) özüne mahsus bolan häsiýet boýunça beýlekilerden tapawutlanýar. Häsiýet – bu pelsepe kategoriýasy bolmak bilen seredilýän obýektiň (hadysanyň, prosessiň) beýleki obýektler bilen umumylygyny ýa-da tapawudyny aňladýar we ony beýleki obýektler bilen deňeşdirilende ýüze çykýar. Häsiýet özüniň manysy boýunça hil kategoriýasydyr. Fiziki häsiýetlere maddalaryň ýylylyk, elektrik, ýagtylyk ... geçirijiligi, temperaturasy we ş.m. mysal bolup biler.

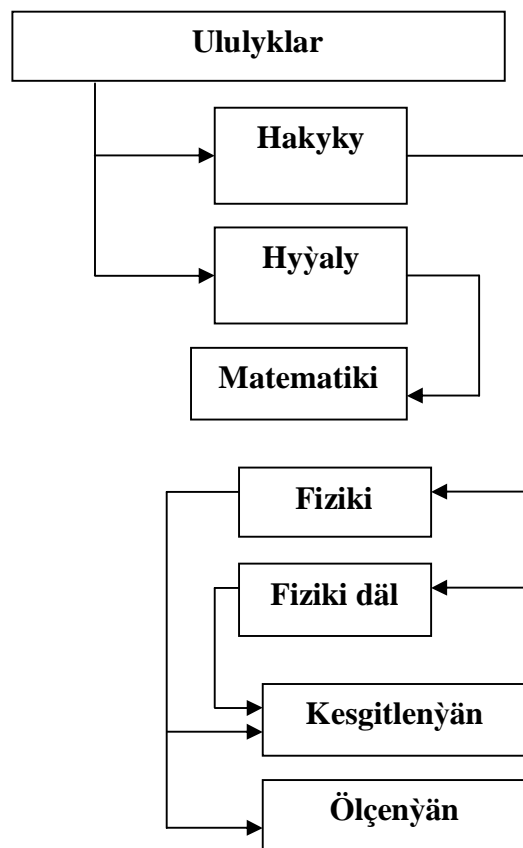
Fiziki hadysalaryň, prosesleriň, jisimleriň ... dürli häsiýetlerini mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin ulylyk diýen düşüňje girizilýär.

Ululyk – haysy hem bolsa bir zadyň häsiýeti bolup ol beýleki häsiýetlerden tapawutlandyrylyp we kesgitlenilip (şol sanda mukdar taýdan) biliner. Ululyklar 2 görnüşde bolýarlar: hyýaly we hakyky (2.1-nji surat).

Hyýaly ululyklar esasan matematika degişli bolup olar anyk hakyky düşüňjeleriň jemlenmesidir (birleşmesidir, modelidir). Hyýaly ululyklar hasaplama usullary bilen tapylýar.

Hakyky ululyklar öz gezeginde fiziki we fiziki däl ululyklara bölünýärler. Fiziki däl ululyklara esasan jemgyýetçilik (fiziki däl) ylmlaryna, ýagny pelsepä, ykdysadyýete, sosiologiýa we beýlekilere, degişli ululyklar degişlidir.

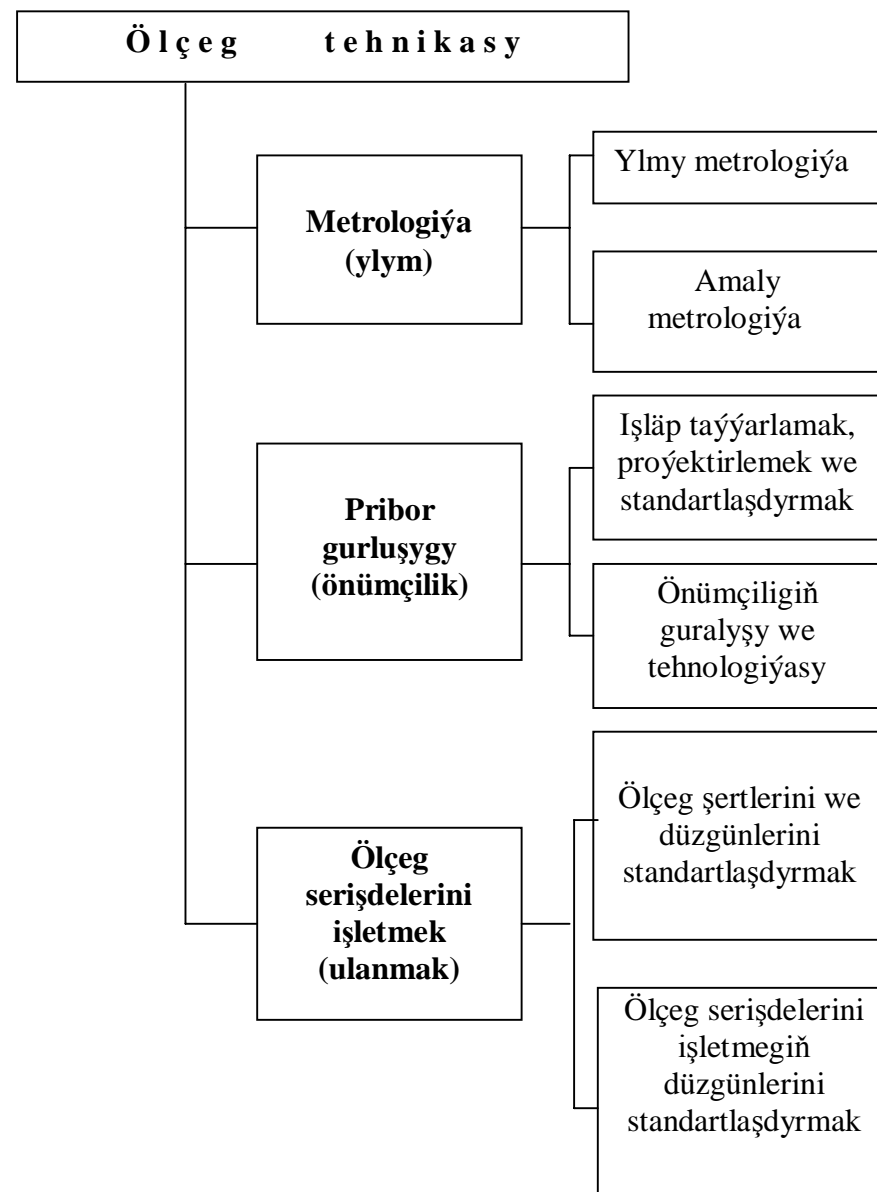
Fiziki ululyk – köp sanly obýektler, fiziki ulgamlar, olaryň ýagdaýlary we olarda bolup geçýän prosesserler üçin hil taýdan umumy, ýöne mukdar taýdan olaryň hersi üçin özbaşdak häsiýeti aňladýar. “Fiziki ulylyk” düşüňjesiniň hil tarapy ululygyň hilini aňladýar. Mysal üçin, elektrik garşylygy elektrik geçirijileriň



**2.1-nji surat. Ululyklaryň klassifikasiýasy**

umumy häsiýeti bolup hyzmat edýär. "Fiziki ululyk" düşüňjesiniň mukdar tarapy ululygyň "ölçeğini" aňladýar. Mysal üçin, anyk (aýratyn) barlanýan geçirijiniň garşylygy. Ölçeğiň netijesiniň san bahasy fiziki ululygyň saýlanyp alynan birligine bagly bolup durýar.

Fiziki ululyklary ölçenýän we kesgitlenýän (baha berilýän) toparlara bölmek maksadalaýykdyr. Ölçenýän fiziki ululyklar anyk ölçeğ birliginde mukdar taýdan kesgitli san görnüşinde aňladylyp bilnep. Käbir sebäplere görä ölçeğ birligini girizip



**12.1-nji surat. Ölçeğ tehnikasy.**

## XII. FIZIKI METROLOGIÝANYŇ HÄZIRKI ZAMAN DEREJESI WE ONUŇ ÖSÜŞ ÝOLLARY

**Fiziki ululyklary ölçemegiň täze usullaryny we tehniki serişdelerini öýlap tapmakda, kämilleşdirmekde hem-de metrologiýa ulgamyna ornaşdyrmakda dünýä tejribesindeki etilen sepgitler. Ölçeg ulgamynda kompýuter tehnikasyny ulanmak. Ölçeg–hasaplaýyş toplumy. Fiziki metrologiýa ylmynyň ösüş ugurlary.**

Tehnologiki prosessleriň ýokary takyklygy we çylşyrymlylygy, ulanylýan materiallaryň we tehniki serişdeleriň örän köp durlülügi bilen häsiýetlendirilýän häzirki zaman önümçiligi ölçeg tehnikasyna gitdigiçe has ýokary talaplary bildirýär. Ölçeg tehnikasynyň derejesi önümçiligiň ähli pudaklarynyň, dürli ylmy gözlegleriň effektiwligini kesgitleýär. Ylmyň we tehnikanyň ösüşiniň häzirki zaman şertlerinde ölçeg tehnikasyna we onuň ylmy esasy - metrologiýa, edilýän talaplar ýokarydyr we olar gitdigiçe has artýär.

Şeýlelik bilen ölçeg tehnikasynyň ýokary derejedäki ösüşi diňe bir ylmyň, tehnikanyň we önümçiligiň ähli ugurlaryndaky ylmy - tehniki progressiň esasy bolmak bilen çäklenmän, ol ösüşin ýokary depgindelerini önünden kesgitleýär. Ölçeg tehnikasy düşünjesi önümçiligiň we ölçeg serişdelerini ulanmagyň ylmy esaslaryny özünde jemleýär (12.1-nji surat).

Metrologiýa bu ölçegler barasynda ylym, ol ölçeg tehnikasynyň ylmy esasy düzýär. Metrologiýa ylym hökmünde tehniki fizikanyň bölegi bolup durýar we ol ölçeg tehnikasynyň ylmy-tehniki esaslaryny döretmeklige we kämilleşdirmeklige niýetlenendir. Eger ön metrologiýanyň esasy meselesi diňe etalonlary we nusgalyk ölçeg serişdelerini döretmek we kämilleşdirmek bolan bolsada häzirki wagtda ol diňe munuň bilen çäklenmän eýsem täze metodlary we ölçeg serişdelerini

bolmaýan fiziki ululyklar diňe kesgitlenilip (bahalaşdyrylyp) biliner. Ulylyklary kesgitlemek şkalalaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Fiziki ulylyk – bu hil taýdan köp fiziki obýektlere (zatlar, maddalara, fiziki ulgamlara, olaryň ýagdaýlaryna we olarda bolup geçýän hadysalara) umumy, ýöne mukdar taýdan her obýekt üçin özbaşdak häsiýetdir.

Mysal üçin fiziki ulylyga massa, uzynlyk, temperatura, elektrik meýdanynyň güýjenmesi we ş.m. degişlidir. Hil taýdan daş töweregimizi gurşap alan zatlaryň hemmesine massa, uzynlyk, temperatura we ş.m. mahsusdyr. Ýöne mukdar taýdan her bir zadyň özüne mahsus bolan massasy, temperaturasy, uzynlygy we ş.m. bolup olar beýleki zatlaryňkydan tapawutlanýarlar.

Fiziki ulylygyň ölçegi – bu berlen obýektiň häsiýetleriniň mukdar bahasyny (mazmunyny) häsiýetlendirýär.

Fiziki ulylygyň bahasy diýip fiziki ulylygyň käbir san görnüşindäki bahasyna aýdylýar. Mysal üçin, 10 m - käbir jisimiň uzynlygynyň bahasy, 5 kg - käbir jisimiň massasynyň bahasy.

Umumy görnüşde käbir ulylygyň X bahasyny

$$X = AU, \quad (2.1)$$

görnüşli formula bilen aňladylýar. Bu ýerde A – fiziki ulylygyň san bahasy, U – onuň birlihi.

Fiziki ululyklaryň çyn we hakyky bahalaryny tapawutlandyrmaly.

Fiziki ulylygyň çyn bahasy diýip öwrenilýän obýektiň (zadyň) degişli häsiýetini hil we mukdar (san) taýdan ideal görnüşde gös-göni suratlandyran (aňladýan) fiziki ulylyga aýdylýar. Ulylygyň çyn bahasyny hiç haçan kesgitläp bolmaýanlygy üçin onuň ýerine fiziki ulylygyň hakyky bahasy ulanylýar.

Fiziki ululygyň hakyky bahasy diýip ululygyň tejribe üsti bilen tapylan bahasyna aýdylýar. Hakyky baha fiziki ululygyň çyn bahasyna örän golaý (ýakyn) bolýar we oňa edilýän talaplary edil şu mahal doly kanagatlandyrýar.

Fiziki ululygyň birligi – kabul edilen bahasyna birlik san berilen fiziki ululykdyr. Fiziki ululygyň ölçenilen bahasy fiziki ululygyň birliginiň köplügi (mukdary) görnüşde görkezilýär. Dürli obýektleriň dürli häsiýetleri öz içinde fiziki ululygyň birliginiň dürli sanyny jemleýär. “Parametr” terminini fiziki ululyklaryň hususy aýratynlyklaryny aňlatmak üçin ulanylýar.

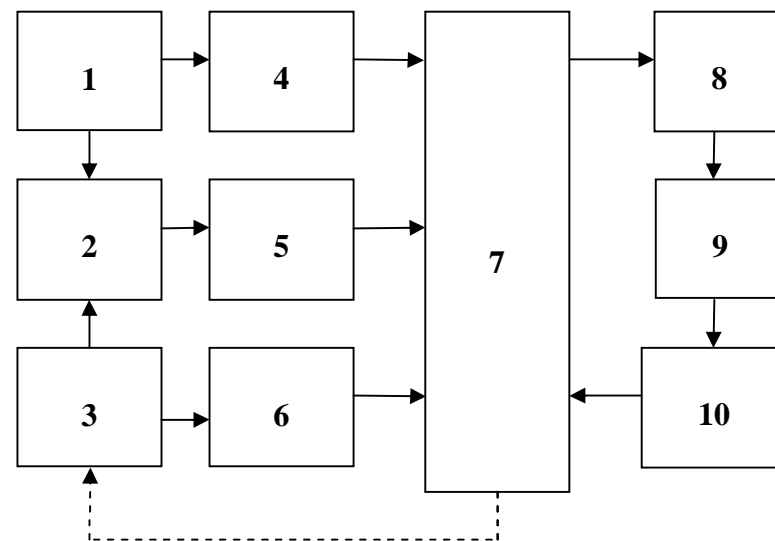
Fiziki ölçeg diýip ýöriteleşdirilen tehniki serişdeleriň kömegi bilen ululygyň bahasyny tapmaklyga aýdylýar. Tehniki serişdeleri ulanmak bilen fiziki ululyklaryň hakyky bahasyny kesgitläp bolýar.

Ölçeg (ölçenýän) obýekti – bu hakyky fiziki obýekt (maddalar, zatlar, hadysalar, prosesser we ş.m.) bolup onuň häsiýetleri bir ýa-da birnäçe ölçenilýän fiziki ululyklar bilen häsiýetlendirilýär. Ölçeg obýektine ba-hasy tapyljak bolynylýan fiziki ululyklar hem degişlidir (mysal üçin, şöhlelendirijiniň ululygy, göneldijiniň naprýaženiýasy, serpilme koeffisiýenti we ş.m.).

Obýektiň matematiki modeli – ölçeg obýektiniň häsiýetlerini adekwat (bolşy ýaly, geň) beýan edýän matematiki simwollaryň (şertli belgileriň) toplumu we olaryň arasyndaky gatnaşyklar.

Ölçeg serişdesi – bu barlag üçin niýetlenen, belli wagt aralygynda ölçegleri hemişelik diýip kabul edilen fiziki ululygyň birligini täzeden dikeldýän (öndürýän) we (ýa-da) saklaýan normirlenen metrologiki häsiýeti bolan tehniki serişde (ýa-da olaryň toplumu). Başgaça aýdanynda ölçeg serişdesi diýip takyklygy normirlenen we ölçemek (belli bir ululygyň bahasyny kesgitlemek) üçin ulanylýan tehniki serişdelere (enjamlara) aýdylýar.

Ölçeniş prinsipi (ýörelgesi) - geçirilýän ölçegleriň esaslanýan fiziki hadysalarynyň toplumu. Mysal üçin, örän uly ýygylklarda kuwwat ölçeniş ýygyllyk prinsipi.

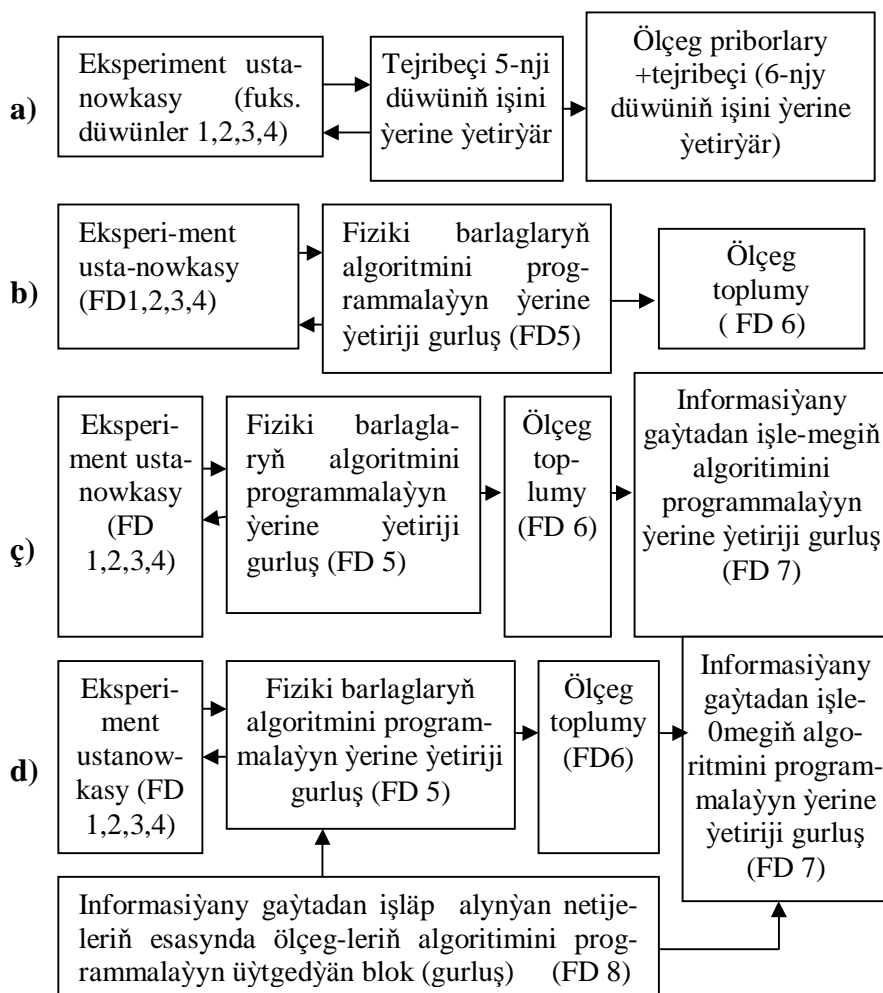


#### 11.4-nji urat. Geliodesgalaryň ýylylyk häsiýetlerini barlamagyň awtomatlaşdyrylan sistemasy:

1- Pes potensially energiýa çeşmeleri; 2 – pes potensially energiýa çeşmelerini ulanýan barlag desgasy; 3 - desgany dolandyryjy enjamlar; 4,5,6 – energiýa çeşmesiniň, desganyň we desgany dolandyryjy enjamlaryň parametrlerini registrirleýji gurluşlar; 7-ölçegleriň algoritmini programmalaýyn ýerine ýetiriji gurluş; 8 –ölçeg abzallarynyň (priborlarynyň) toplumu; 9- informasiýany gaýtadan işlemegiň algoritmini programmalaýyn ýerine ýetiriji gurluş; 10 – informasiýany gaýtadan işläp alynýan netijeleriň esasynda ölçegleriň algoritmini programmalaýyn üýtgedýän gurluşlar.

Eksperiment iki basgançakdan durýar: 1-nji basgançakda 1÷8 elementleriň arasyndaky funksional baglanyşygyň kömegi bilen informasiýanyň ilkinji signallary alynýar; 2-nji basgançakda informasiýanyň ilkinji signallaryny gaýtadan işläp taýýarlamak 9-njy elementiň kömegi bilen amala aşyrylýar. Doly awtomatlaşdyrylan ölçeg sistemasy 1÷10 elementleri öz içine alýar.

8- informasiýany gaýtadan işläp alynýan netijeleriň esasynda ölçegleriň algoritmini programmalaýyn üýtgedýän gurluşlar (blok).



**11.3-nji surat. Awtomatizasiýalaşdyrylan barlagulgamynyň dürli synplarynyň blok-shemalarynyň düzümleri: a – nol synply; b - birinji we ikinji synply; c - üçünji we dördünji synply; d - bäşinji synply.**

Ölçeg metody - ölçenilýän fiziki ululygyň bahasyny ölçeg birligi bilen deňeşdirmäge mümkinçilik berýän we üpjün edýän prinsipleriň we ölçeg serişdeleriniň toplumydyr. Ölçeg metody diýip ölçeg prinsiplerini we serişdelerini ylanmagyň usullarynyň toplumyna aýdylýar.

Ölçeg şertleri - ölçegiň netijesine täsir edýän ululyklara aýdylýar. Täsir edýän ululyk bolup daşky gurşawyň temperaturasy, dürli sarsgynlyklar, yrgyldamalar, tizlenmeler, howanyň basyşynyň üýtgemeleri, elektrik we magnit meýdanlary we ş.m. hyzmat edip bilýär. Ölçeg prosessine täsir edýän ululyklaryň bahalary hökman kesgitlenilmeli we mümkin boldugyça ölçegiň netijelerinden aýrylmalydyr.

Operator (ölçegi ýerine ýetirýän subýekt) öz bilimine we tejribesine (kwalifikasiýasyna) baglylykda ölçegleriň takyklygyna täsir edip bilýär. Bellemeli zat - eger ölçegleriň netijeleri (signallary) göni EHM-a berilse, onda operatoryň girizýän ýalňyşlyklary köplenç azalýar, kämahal bolsa doly ýok edilýär.

Esasy ölçeg serişdeleri: ölçeg esbaplary (çeküw daşlary, uzynlyk ölçeýji – metr), ölçeg abzallary (priborlary), ölçeg öwrüjileri, ölçeg gurluşlary, ölçeg ulgamy we beýlekiler.

Ölçeg informasiýasynyň (habarynyň) signallaryny ibermäge, işläp taýýarlamaga ýa-da saklamak üçin amatly görnüşe özgertmäge (geçirmäge) niýetlenen ölçeg serişdelerine – ölçeg öwrüjileri diýilýär.

Ölçeg öwrüjiniň çykyşyndaky ölçeg informasiýany (maglumaty) adaty gözegçi adam gös – göni düşüp bilmeýär.

Ölçeg öwrüjileri dürli – dürli görnüşdedirler. Olar: termojübütler, garşylyk termometrleri, suwuklyk termometrleri, ölçeg şuntlary, ölçeg elektrodлары, pH – metrler we beýlekiler.

Ölçeg öwrüjileri haýsy hem bolsa bir fiziki hadysa ýa-da effekte esaslanýar. Mysal üçin, suwuklyk ýa-da gaz termometrleriniň işleýşi işçi jisimiň – ilkinji öwrüjiniň, ýagny suwuklugyň ýa-da gazyň gyzanda göwrüminiň giňelmek hadysasyna esaslanandyr. Suwuklyk termometrleri ýylylyk ölçeglerinde temperaturany – 200-den + 750°S aralygynda

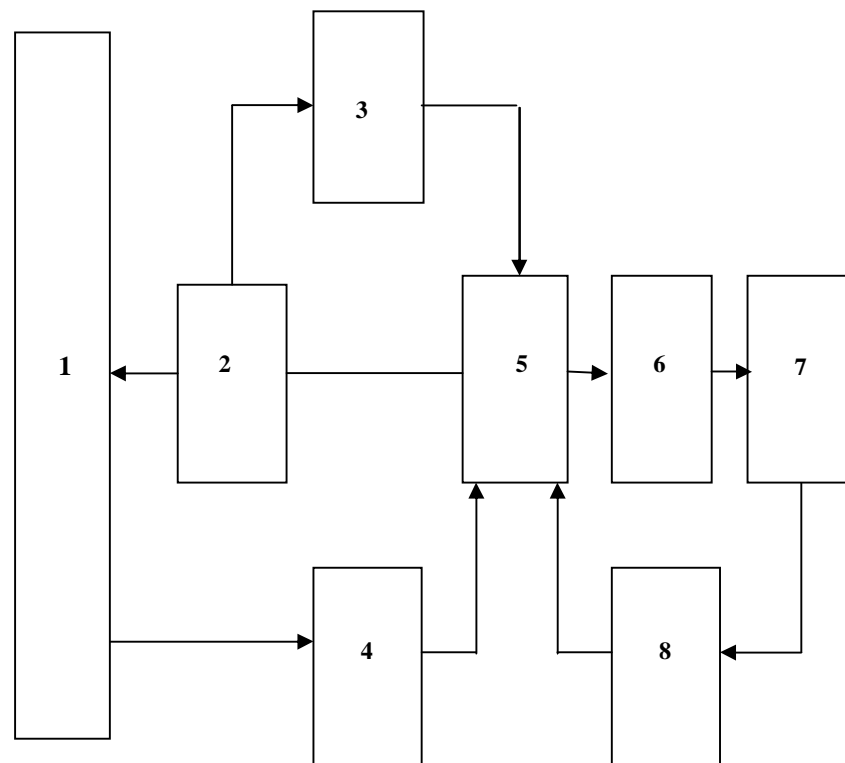
ölçemäge ulanylýar. Olardan iň giň ýaýrany symap termometrleridir.

Temperaturany ölçemegiň termoelektrik usuly ilkinji öwrüji bolan termoelektrik jisimleriniň seplesýän ýeri gyzdýrylanda zynjyrdä döreýän termo-EHG – iň temperatura baglylyk häsiýetine esaslanandyr. Jisimlerdeki termoelektrik hadysa 1821-nji ýylda Zeýebek tarapyndan açyldy. Şu effektiň esasynda häzirki zaman termoelektrik temperatura we ýylylyk ölçeýji priborlar (termojübütler, aktinometrler, albedometrler, bolometrler we beýlekiler) döredildi. Termoelektrik termojübütler temperaturany - 200-den +2500°S çenli ölçemäge mümkinçilik berýär. Garşylyk termometrleriniň işleýsi jisimleriniň temperatura baglylykda elektrik garşylygynyň üýtgemek hadysasyna esaslanandyr. Olar temperaturany – 260-dan +1000° S çenli ölçemäge mümkinçilik berýärler.

Jisimleriniň şöhlelenmek häsiýetlerine esaslanyp ýasalan priborlar - pirometrler temperaturany 300-den 6000°S çenli ölçemäge mümkinçilik berýär.

Elektromagnit hadysalaryna esaslanan abzallar - ampermetrler, woltmetrler, wattmetrler we beýlekiler elektrik togynyň güýjüni, naprýaženiýasyny, kuwwatyny ölçemekde giňden ulanylýar.

Fiziki hadysalaryň we effektleriniň maglumat beriji häsiýetlerine esaslanyp ýasalan ölçeg serişdeleri, priborlary ylymda, tehnikada, halk hojalygynda giňden ulanylýar. Häzirki wagtda dürli fiziki hadysalara, effektlere esaslanyp ýasalýan ölçeg serişdeleriniň, priborlaryň täze-täze görnüşleri döredilýär.



**11.2-nji surat. Awtomatlaşdyryp ölçeg geçirmegiň funksional düzümi:**

- 1 - Barlag (öwrenilýän) obýekti;
- 2 - Daşky täsirleri (täsir edýän faktorlary) döredýän gurluşlar;
- 3 - Daşky we içki täsir edýän faktorlaryň parametrlerini hasaba alýan gurluşlar;
- 4 - Tejribe obýektiniň reaksiýasyny (täsirleşmesini) hasaba alýan gurluşlar;
- 5 - Fiziki ölçegleriň (barlaglaryň) algoritmini programmalaýyn ýerine ýetiriji gurluş;
- 6 - Ölçeg abzallarynyň (priborlarynyň) toplumy;
- 7 - Informasiýany gaýtadan işlemegiň algoritmini programma-laýyn ýerine ýetiriji gurluş;



1	2	3	4
4	Doly maýyşgak (çeýe), ýapyk däl ulgam.	Fiziki barlaglaryň algoritimi üýtgeýän . Informasiýany işlemegiň algoritmi üýtgeýän.	1÷7
5	Doly maýyşgak we ýapyk ulgam.	Fiziki barlaglaryň we informasiýany işlemegiň algoritmleri üýtgeýän.	1÷8

1) Energiýa çeşmesi hökmünde ulanylýan daşky gurşawyň täsiri (gün radiýasiýasy, ýel we beýlekiler) gije-gündiziň we ýylyň dowamynda üýtgäp durýar;

2) Desgalarda döreýän temperatura, ýylylyk we beýleki režimleriniň potensiallary uly däl;

3) Öwrenilýän desgada we onuň töwereginde döreýän “mikroklimat” wagta görä üýtgeýär;

4) Informasiýa bilen üpjün edýän ilkinji özgerdijileriň (datçikleriniň) sany köp we dürli hilli (termoelement, termistor we ş.m.).

11.4-nji suratda geliodesgalaryň ýylylyk häsiýetlerini öwrenmegi üpjün edýän awtomatlaşdyrylan ölçeg sistemasynyň düzümi we oňa girýän elementleriň özara funksional baglanyşygynyň umumy shemasy görkezilen.

### III. HEMIŞELIKLER, ETALONLAR WE BIRLIKLER.

**Fiziki hemişelikler, etalonlar we ölçeg birlikleri. Esasy, goşmaça we öndürilen birlikler. Ulgamdan daşgary birlikler. Halkara ölçeg birlikleriniň sistemasy (ulgamy).**

Fiziki ululyklary ölçemäge bolan mätäçlik tebigata göz ýetirmegiň irki döwürlerinde döredi we adamlaryň önümçilik hem-de ylmy işleriniň ösüşi we çylşyrymlaşmagy bilen artdy. Ölçegleriň takyklygyna bolan talap ýokarlandy. Ölçenýän ululyklaryň, gerek bolan birlikleriň sany artdy. Her döwlet öz birliğini girizip ugrady. Ylmyň we tehnikaýyň dürli ugurlarynda ýöriteleşdirilen birlikler ulanylyp ugrady. Fiziki ululyklaryň birlikleriniň köp dürlüligi jemgyýetiň ösüşiniň belli bir döwüründen başlap ykdysady, söwda we ylmy aragatnaşyklaryň guralmagyna, ýagny amala aşyrylmagyna, päsgelçilik döredip ugradylar. Şu sebäpden hem halkara möçberinde birlikleriň sanynyň artmagy bilen birhatarda olary bir nusga (sistema) geçirmäge bolan ymtlyş hem artýar. Şu nukdaý nazardan seredilende fiziki hemişelikler, etalonlar we ölçeg birlikleri, hem-de halkara ölçegleriniň birlikleriniň sistemasy (ulgamy) hakyndaky häzirki zaman ylmy maglumatlary giňişleýin çuňlaşdyryp öwrenmeklik döwrebap meseledir.

Fiziki hemişelik – latynça constans (constantis) –hemişelik fiziki ululygy aňladýar. Käbir fiziki hemişeliklere seredip geçeliň (3.1-nji tablisa).

Fiziki hemişelikler köp sanly ylmy-barlaglaryň netijesinde anyklanan ululyklardyr. Olar ylmy barlaglarda, tehnikada giňden ulanylýar.

Ulanylýan döwüründe birlikleriň ölçeg nusgasy ýitirilip biliner. Şonuň üçin birlikleriň ölçeg nusgasy halkara möçberinde we her döwletiň çäginde goralyp saklanýar. Ölçeg birliklerini gaýtadan dikeltmek (döretmek) we saklamak, priborlary barlamak we gradurowka etmek üçin niýetlenen ölçeg serişdeleri etalonlara we nusga ölçeg serişdelerine bölünýärler.

**3.1-nji tablisa. Fiziki hemişelikler we olaryň san bahasy.**

	<b>Fiziki hemişelikler</b>	<b>Bellenilişi</b>	<b>San bahasy</b>
1	Ýagtylygyň wakuumdaky tizligi	c	$2,99792458 \cdot 10^8$ m/s
2	Grawitasiýa hemişeligi	G	$6,6720 \cdot 10^{-11}$ $\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$
3	Massanyň atom birligi	m.a.b.	$1,6605655 \cdot 10^{-27}$ kg
4	Elektrik hemişeligi	$\epsilon_0$	$8,85418782 \cdot 10^{-12}$ F/m
5	Elektronyň zarýady	e	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Kl
6	Awogadro hemişeligi	$N_A$	$6,022045 \cdot 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>
7	Plankyň hemişeligi	h	$6,626176 \cdot 10^{-34}$ J·s
8	Bolsmanyň hemişeligi	k	$1,380662 \cdot 10^{-23}$ J/k
9	Stefan –Bolsmanyň hemişeligi we beylekiler	$\sigma$	$5,67032 \cdot 10^{-8}$ W/(m <sup>2</sup> · K <sup>4</sup> )

**11.1-nji tablisa. Awtomatlaşdyrylan ylmy-barlag ulgamlarynyň klassifikasiýasy.**

<i>Synp nomeri (dere- jesi)</i>	<i>Ulgamlaryň kämilligi (ulgamlaryň synpy)</i>	<i>Ýerine ýetirilýän algoritmler</i>	<i>Gerek funksi- onal dü- wünler</i>
1	2	3	4
0	Tejribeçi tarapyndan dolandyrylýan ýapyk däl, doly däl gaty ulgam.	Fiziki barlagyň algoritmi hemişelik we tejribeçi tarapyndan ýerine ýetirilýär.	1÷4+6+ +tejribeçi
1	Doly däl gaty we ýapyk däl ulgam.	Fiziki barlaglaryň algoritmi hemişelik.	1÷6
2	Doly däl çeýe (maýyşgak) we ýapyk däl ulgam.	Fiziki barlaglaryň algoritmi üýtgeýän (üýtgeýär).	1÷6
3	Doly gaty, ýapyk däl ulgam.	Fiziki barlaglaryň algoritmi üýtgeýär. Informasiýany işlemegiň algoritmi hemişelik.	1÷7

Awtomatlaşdyrmak derejesi boýunça ähli ölçeg serişdeleri 3 topara bölünýärler:

- awtomatlaşdyrylmadyk;
- bölekleyin awtomatlaşdyrylan, ýagny ölçegiň bir ýa-da birnäçe amaly (operasiýasy) awtomatlaşdyrylan düzgünde geçirilýär;
- awtomatlaşdyrylan, ýagny ölçegler we olaryň netijelerini gaýtadan işlemek, ýazgy etmek, netijeleri geçirmek ýa-da dolandyryjy signallary öndürmek bilen baglanyşykly ähli amallar awtomatlaşdyrylan düzgünde geçirilýär.

Ö l ç e g u l g a m y - bu aragatnaşyk kanallary bilen özara birleşdirilen ölçeg serişdeleriniň, kompýuter tehnikasynyň we kömekçi gurluşlaryň funksional birleşmeleriniň toplumydyr. Olar seredilýän obýekte mahsus bolan fiziki ululyklar barada awtomatlaşdyryp gaýtadan işlemäge, geçirmäge we dolandyryjy ulgamlarda ulanmaga çemeli (amatly) görnüşde ölçeg informasiýasynyň signallaryny öndürmek üçin niýetlenendirler.

Ölçeg barlagynyň awtomatlaşdyrylan ulgamyny gurmagyň umumy ýörelgesine seredip geçeliň (11.2-nji surat).

Doly fiziki eksperiment 2 tapgyrdan durýar: 1-nji tapgyrda informasiýanyň ilkinji signallary ( $1 \div 6$ ) funksional düwünleriň (gurluşlaryň) kömegi bilen alynýar. Informasiýanyň ilkinji signallaryny işläp taýýarlamak 7-nji duwundäki gurluşlar tarapyndan ýerine ýetirilýär. Awtomatlaşdyrylan ylmy-barlag ulgamlarynyň umumy klassifikasiýasy 11.1-nji tablisada görkezilýär.

Eksperiment geçirilende ylmy - barlaglaryň awtomatlaşdyrylan ulgamlarynyň funksional düzümi blok-shema görnüşinde görkezilýär (11.3-nji surat). 11.3-nji suratda görkezilen blok-shemalar nol synply (a), 1-nji we 2-nji synply (b), 3-nji we 4-nji synply (ç), 5-nji synply (d) ulgamlara degişlidir.

Pes potensialy energiýa çeşmeleriniňol sanda alternatiw energiýa çeşmelerini ulanýan desgalaryň ygtybarly we kadaly işlemegini üpjün etmek maksady bilen olaryň ýylylyk häsiýetleri, köplenç eksperiment üsti bilen alynan maglumatlaryň esasynda, öwrenilýär. Eksperiment meýilnamalaşdyrylanda we ölçeg ulgamy döredilende aşakdaky aýratynlyklar hasaba alynmalydyr:

Etalon [fransuzça-etalon] diýip ylmyň we tehnikanyň häzirkî ýagdaýynda ýetip bolýan iň ýokary takyklygy bilen ölçeg birliklerini bermek, saklamak we gaýtadan dikeltmek (döretmek) üçin hyzmat edýän nusgalyk ölçeg serişdesine (ölçeg abzallaryna) aýdylýar. Etalon-fiziki ululygyň ölçeg birligini täzedan dikeltmegi we gorap saklamagy üpjün edýän ölçeg serişdesi bolmak bilen, ol etalon hökmünde resmi tassyklanany beýleki ölçeg serişdelerini barlamaga, hem-de metrologiki attestasiýa etmäge niýetlenendir

Etalonlaryň görnüşleri : halkara etalony, döwlet etalony, ilkinji etalon, ikinji derejeli etalon, ýörite etalon, işçi etalon, deňeşdirme etalony we ş.m. etalonlar bolup bilýär.

Etalonlaryň mukdary fiziki ululyklaryň sanawyny gaýtalamaýar. Degişli fiziki ululygy gös-göni deňeşdirmek mümkinçiligi ýok bolany sebäpli köp sanly birlikler üçin etalonlar döredilenok. Mysal üçin, meýdanyň, göwrümiň etalony ýok, ýöne şol bir wagtda uzynlygyň etalony bar. Fiziki ululygyň birligini başga fiziki ululyklaryň has ýönekeý ölçeg serişdelerini ulanyp ýeterlik takyklyk bilen dikeldip bolýan bolsa, onda bu ýagdaýda hem etalonlar döredilenok. Etalonlar azyndan 3 sany özarabaglanyşykly häsiýete eýe bolmalydyrlar: üýtgemezlik, gaýtadan dikeldip bolmak we deňeşdirip baglanyşdyrmak mümkinçiligi.

Üýtgemezlik – etalonyň köp wagtyň dowamynda öz gaýtadan dikeldýän fiziki ululygynyň birliginiň ölçegini üýtgetmän saklamak häsiýeti.

Gaýtadan dikeltmek – iň az ýalňyşlyk bilen fiziki ululygyň birligini gaýtadan dikeltmek mümkinçiligi.

Deňeşdirip baglanyşdyrmak – beýleki ölçeg serişdeleriniň etalonlary bilen deňeşdirmek mümkinçiligi.

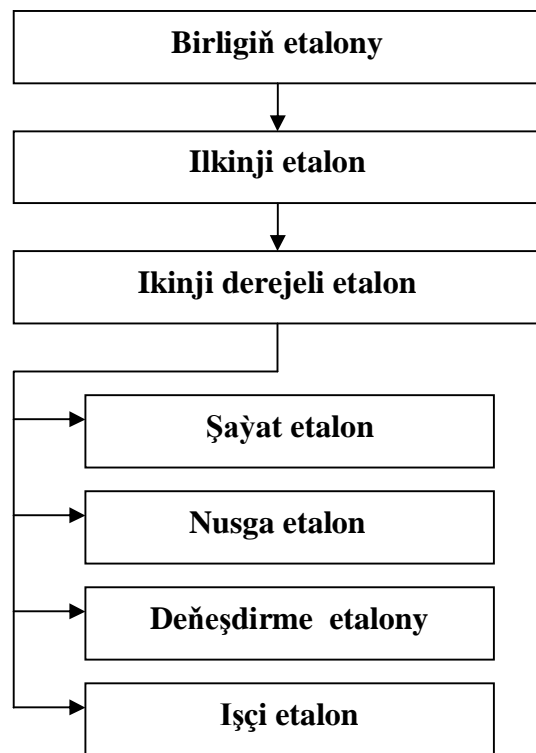
Metrologiki maksatlaryna baglylykda etalonlaryň bölünişine seredip geçeliň (3.1-nji surat).

Ilkinji etalon diýip şol bir birligi beýleki etalonlar bilen deňeşdirilende has ýokary takyklyk bilen täzedan dikeltmegi üpjün edýän etalona aýdylýar.

Ilkinji etalon - ýurtda iň ýokary takyklyk bilen birligi gaýtadan dikeltmegi üpjün edýän etalon. Ilkinji etalonlar örän tapawutlanýan ölçeg serişdeleri bolup, olar köplenç çylşyrymly ölçeg toplumy görnüşinde bolýarlar.

Ikinji derejeli etalon diýip takyklygy ilkinji etalon boýunça kesgitlenýan etalona aýdylýar. Metrologiki maksatlary boýunça ikinji derejeli etalonlar birnäçe toparlara bölünýarler: şaýat etalonlar, nusga etalonlar: deňeşdirme etalonlary we işçi etalonlar.

Şaýat etalon döwlet etalonynyň saklanylyşyny we üýtgemeyändigini barlamak we onuň zaýаланan, ýa-da ýitirilen mahalynda ony çalyşmak üçin hyzmat edýar.



3.1- nji surat. Etalonlaryň klassifikasiýasy.

$$A = \frac{S_2 S_3 - S_1 S_4}{S_5}; B = \frac{n S_4 - S_1 S_3}{S_5}, \quad (11.9)$$

bu ýerde

$$S_1 = \sum_{i=1}^n x_i; S_2 = \sum_{i=1}^n x_i^2; S_3 = \sum_{i=1}^n y_i; \quad (11.10)$$

$$S_4 = \sum_{i=1}^n x_i y_i; S_5 = n S_2 - S_1^2.$$

A we B-iň tapylan bahalarynyň bu ululyklaryň çyn bahasyna ýakynlaşmak derejesini olaryň orta kwadrat gyşarmasynyň  $\sigma_A$  we  $\sigma_B$  kömegi bilen kesgitlenilýär:

$$\sigma_A = \sigma_y \sqrt{S_2 / S_5}; \sigma_B = \sigma_y \sqrt{n / S_5}, \quad (11.11)$$

bu ýerde  $\sigma_y$  - y ululygy ölçemegiň ýalňyşlygynyň orta kwadrat gyşarmasy. Onuň bahasyny ölçeg serişdesiniň pasportyndaky maglumatlardan alyp bolýar, ýa-da aşakdaky formula boýunça hasaplap bolýar:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [y_i - (A + Bx)]^2}{n - 2}}. \quad (11.12)$$

Örän ýokary takyklyk bilen  $x_i$  we  $y_i$  ululyklaryň bilelikdäki ölçeglerini geçirip her bir nokadyň teoretiki gönümiň üstünde ýatmagyna garaşyp bolýar. Ýöne iş ýüzünde ol nokatlaryň esasy böleginiň teoretiki gönüniň töwereginde ýatýandygyny göreris. Eger  $x_i$  ölçemegiň ýalňyşlygy hasaba almaz ýaly derejede kiçi (az) bolsa, onda eksperimental nokatlaryň hyýaly gönüden gyşarmasy diňe  $y_i$  ölçemegiň ýalňyşlygynyň çäginde bolar.

Iň kiçi kwadratlar usulyna laýyklykda A we B koeffisiýentleriň iň gowy bahalaryna aşakdaky aňlatmanyň iň kiçi (minimal) bahasy degişlidir

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y)^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (A + Bx_i)]^2, \quad (11.7)$$

bu ýerde  $[y_i - (A + Bx_i)]$  -  $y_i$  ölçenen bahalarynyň (11.6) formula boýunça hasaplanandan ( $x = x_i$ ) gyşarmasy.

Eger A we B boýunça hususy önümler nola deň bolsa onda soňky (11.11) aňlatma minimaldyr

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n [y_i - (A + Bx_i)]^2}{\partial A} = 0 \quad \text{we} \quad \frac{\partial \sum_{i=1}^n [y_i - (A + Bx_i)]^2}{\partial B} = 0 \quad (11.8)$$

Bu deňlemeleriň ulgamyny çözüp A we B-iň bahalaryny kesgitlemek üçin formulany alarys,

Nusga etalon işçi etalonlara ölçeg birligini geçirmäge niýetlenendir. Nusga etalon diňe metrologiýa maksatlary boýunça döwlet etalonynyň nusgasy bolany üçin ol ähli parametrler boýunça hemişe onuň ornuny tutup bilmeýär.

Käbir sebäplere görä bir-biri bilen gös-göni deňeşdirip bolmaýan etalonlary özara deňeşdirip baglanyşdyrmak üçin deňeşdirme etalony ulanylýar. Mysal üçin halkara etalonlaryň deňeşdirilişi.

Işçi etalonlar nusga we has takyk işçi serişdeleri barlamak üçin niýetlenendir. Fiziki ululyklaryň birliklerini etalonlardan işjeň ölçejjilere (ölçeg abzallara) we ölçeg priborlaryna geçirmek işçi etalonlaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Fiziki ululygyň birligi diýip bire deň bolan san bahasy berilen kesgitli ölçegli fiziki ululyga aýdylýar. Ol birhilli fiziki ululyklary mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin peýdalanylýar. Fiziki ululyklaryň birlikleri esasylyra we öndürilenlere (gelip çykanlara) bölünýärler we fiziki ululyklaryň birlikleriniň ulgamunda kabul edilen prinsiplere laýyklykda birleşdirilýarler. Fiziki ululyklaryň birlikleriniň ulgamy diýip käbir ululyklaryň ulgamyna degişli esasy we öndürilen birlikleriň jemine aýdylýar.

Fiziki ululygyň ölçenilen bahasy fiziki ululygyň birliginiň köplügi (mukdary) görnüşde görkezilýär. Dürli obýektleriň dürli häsiýetleri özünde fiziki ululyklaryň birlikleriniň dürli sanyny jemleýär. Mysal üçin, uzynlyk birliklerimetr дýуým (дюйм), angstrom ( $A^0$ ), uzynlygyň astronomiki birligi (u.a.b) dürli bahalara eýedirler.

$$\begin{aligned} 1 \text{ дýуým} &= 25,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}, & 1A &= 10^{-10} \text{ m}, & 1u.a.b &= 1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}, \\ 1 \text{ mil} &= 1,61 \cdot 10^3 \text{ m}, & & & 1 \text{ deňiz mili} &= 1,85 \cdot 10^3 \text{ m}, \\ 1 \text{ ýard} &= 0,914 \text{ m}, & & & 1 \text{ fut} &= 0,305 \text{ m}, \end{aligned}$$

Fiziki ululyklaryň esasy we öndürilen birlikleriniň jemine (toplumyna) fiziki ululyklaryň birlikleriniň ulgamy (sistemasy) diýilýar. Esasy fiziki ululygyň birligi şu ulgamyň esasy birligi bolýar. Birlikleriň halkara sistemasy (SI-fransuz sözünden- Systeme International-The International System of Units) 1960-nji

ýylda ölçegler we agramlar boýunça geçirilen XI-nji Halkara konferensiýada kabul edildi. Şu güne çenli birlikleriň SI sistemasy dünýäniň köp ýurtlary (130 töweregi döwlet) tarapyndan ykrar edildi.

Birlikleriň Halkara SI sistemasynyň esasy häsiýetleriniň aýratynlyklary:

- Umumylygy (uniwersallygy), başgaça aýdanyňda ylmyň we tehnikanyň ähli pudaklaryny öz içine almagy;
- Bir meňzeşligi (unifikasiýasy), ýagny ylmyň we tehnikanyň ähli ugurlary boýunça geçirilýän ölçegleriň görnüşleriniň ýeke täk sistema (SI sistema) geçirilmegi;
- Birlikleri ýokary takyklyk bilen gaýtadan dikeltmek mümkinçiligi;
- Ululyklaryň sazlaşyklylygy (kogerentligi);
- Formulalary aňlatmagyň ýeňilleşmegi;
- Birlikleriň sanynyň azalmagy;
- Öwretmek we öwrenmek prosesleriniň ýeňilleşmegi;
- Ylmy-tehniki we ykdysady gatnaşyklaryň ösüşinde dürli-dürli döwletleriň arasynda özara düşünişmekligi ýeňilleşdirmegi we ş.m.

Halkara SI sistemasy 7 sany esasy we 2 sany goşmaça birliklerden durýar (3.2-nji tablisa).

Esasy birliklere metr, kilogramm, sekund, amper, kelwin, mol we kandella degişlidirler. Goşmaça fiziki ululyklara bolsa tekiz we jisim burçlary degişlidirler.

1) Metr (m) – uzynlyk birlihi. Ol tekiz elektromagnit tolkunlarynyň wakuumda sekundyň  $1/299792458$  ülüşinde geçýän aralygyna deňdir. Metr krypton-86 (Kr-86) atomynyň  $2p_{10}$  we  $5d_5$  derejeleriniň arasyndaky geçişe laýyk gelýän şöhlemenäniň wakuumdaky  $1.650763,73$  tolkun uzunlygyna deňdir. Ýagny  $1m = 1650763,73 \lambda_{kr} (2p_{10} \Rightarrow 5d_5)$ .

2) Kilogramm (kg) – massanyň birlihi. Ol platina bilen iridiniň splawlaryndan ýasalan silindriň massasynyň Halkara kilogramm nusgasyna (prototipine) deňdir. Ylmyň häzirki zaman ýeten derejesi entäk ýeterlik derejedäki takyklyk bilen kilogramy

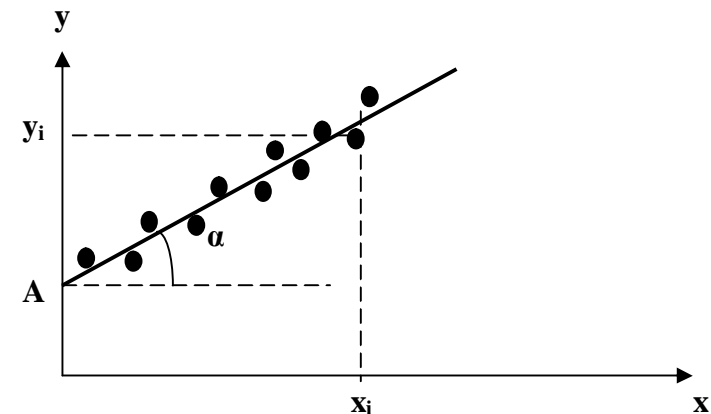
$$\sum [y_i - f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)]^2 = \min. \quad (11.5)$$

Ölçegleriň netijeleri statistiki işlenilip taýýarlanylanda in kiçi kwadratlaryň usulyny ulanmaklyk aşadaky şertleri hasaba almaklygy talap edýär:

- argumentleriň  $x_i$  bahalary takyk belli;
  - gaýtalanýan ýalňyşlyklar aýrylan (ýok), ölçegleriň netijeleri  $y_i$  garaşsyzdyrlar we diňe birmeňzeş dispersiýaly tötänleýin ýalňyşlyklary saklaýarlar;
  - $y_i$  ölçegleriň ýalňyşlyklary kadaly paýlanyşyga eýedir.
- Gözlenýän baglanyşyk çyzykly häsiýete eýe bolan ýagdaýa seredeliň

$$y = A + Bx, \quad (11.6)$$

bu ýerde  $A$  we  $B$  hemişelik sanlar. Funksiýanyň grafigi - ordinata oky bilen  $A$  nokatda kesiýän ýapgytlygy  $B = \operatorname{tg} \alpha$  bolan göni çyzyk (11.1-nji surat).



11.1-nji surat. Barlanýan ululygyň approssimasiýasy.

üçin metal geçirijiniň elektrik garşylygynyň temperatura baglylygy.

Goý  $\mathbf{x}$  we  $\mathbf{y}$  arasyndaky  $\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$  baglanyşygy kesgitlemek gerek bolsun. Onuň üçin  $\mathbf{x}$  ululygyny üýtgetmeli we her gezek  $\mathbf{x}$ -yň durnukly (durnugyşan) bahasynda birwagtda  $\mathbf{x}$ -yň we  $\mathbf{y}$ -yň ululygyny ölçemeli. Ölçegleriň netijesinde gözlenilýän baglanyşygyň  $\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$  koordinatalary ( $\mathbf{x}_i$ ,  $\mathbf{y}_i$ ) tapylýar. Ölçegleriň gaýtalanýan we tötänleýin ýalňyşlyklary bolany üçin eksperimental koordinatalar  $\mathbf{x}_i$ ,  $\mathbf{y}_i$  (bu ýerde  $i = 1, 2, \dots, n$  – bilelikleýin ölçegleriň sany çyn koordinatalardan ( $\mathbf{x}, \mathbf{y}$ ) tapawutlanýarlar. Şu sebäpli  $y = f(x)$  eksperimental baglanyşygy  $x_i$ ,  $y_i$  koordinatalar boýunça has gowy approksimasiýalaşdyrmak (ýakynlaşmasyny gazanmak) meselesi ýüze çykýar. Bular ýaly meseläni çözmek üçin iň kiçi kwadratlar usulyny ulanmak amatlydyr.

Funksiýanyň eksperimental bahalarynyň  $\mathbf{y}_i$  funksiýanyň çyn bahalaryndan  $\mathbf{y}$  gyçarmalarynyň kwadratlary az (minimal) bolanda gözlenilýän analitiki baglanyşygyň argumentleriniň iň ähtimal bahalary ýüze çykýar (emele gelýär)

$$\sum_{i=1}^n (y_i - y)^2 = \min. \quad (11.3)$$

Köplenç  $y$  funksiýa birnäçe argumentleriň funksiýasy bolýar

$$y = f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m), \quad (11.4)$$

bu ýerde  $a_0, a_1, \dots, a_m$  – köpçleniň näbelli koeffisiýentleri.

Bu ýagdaýda iň kiçi kwadratlar usuly aşakdaky şertiň ýerine ýetmegini talap edýär.

### 3. 2-nji tablisa. Halkara SI sistemasynyň (ulgamynyň) birlikleri.

Ululyklar		Birlikleri	
Ady	Belle-nilişi	Ady	Halkara ölçegi
<b>Esasy birlikler</b>			
Uzynlyk	L	metr	m
Massa	M	kilogramm	kg
Elektrik togunyň güýji	I	Amper	A
Wagt	T	Sekund	s
Termodinamiki temperature	Ö	Kelwin	K
Maddanyň mukdary	N	mol	mol
Ýagtylygyň güýji	J	kandella	Cd
<b>Goşmaça birlikler</b>			
Tekiz burç	-	radian	rad

tebigy atom hemişelikleri bilen baglanyşdyrmaga mümkinçilik berenok.

3) Sekund (s) – wagt birligi. Sekund seziý-133 (Cs-133) atomynyň esasy ýagdaýynyň iki sany örän ýuka derejesiniň arasyndaky geçiş wagtyna laýyk gelyän şöhlemenäniň 9 192 631 770 periodyna (döwrüne) deňdir.

4) Amper (A) – toguň güýjiniň birligi. Amper wakuumda 1 metr aralykda ýerleşdirilen 2 sany parallel (ugurdaş) gönüçyzykly tükeniksiz uzynlykly geçirijiden hemişelik tok goýberilende olaryň özarasynda  $2 \cdot 10^{-7}$  N güýç döredýän toguň ululygyna aýdylýar.

5) Kelwin (K) – termodinamiki temperaturanyň birligi. Kelwin suwuň 3 hal nokadynyň termodinamiki temperaturasynyň  $1/273,16$  bölegine deňdir.

6) Mol (mol) – maddanyň mukdarynyň birligi. Mol massasy 0,012 kg bolan C-12 uglerotda näçe atom bolsa şonça hem düzüminde elementleriň (atomlaryň, molekulalaryň, ionlaryň, elektronlaryň we beýleki bölejikleriň) sanyny saklaýan ulgamyň maddasynyň mukdaryna deňdir.

7) Kandella (cd) - ýagtylygyň güýjiniň birligi. Kandella - ýygylgy  $540 \cdot 10^{12}$  Gs bolan monohromatik şöhläni göýberýän ýagtylyk çeşmesiniň berlen ugurdaky güýji bolup, onuň bu ugurdaky şöhlemenmesiniň energetik güýji  $1/683$  W/sr deňdir.

Halkara SI sistemasynyň goşmaça birlikleri burç tizliginiň, burç tizlenmesiniň we beýleki käbir fiziki ululyklaryň birliklerini düzmäge (emele getirmäge) niýetlenendir.

1) Radian (rad) – töweregiň iki radiusynyň arasyndaky burç bolup olaryň arasyndaky duganyň uzynlygy radiusa deňdir.

$$1 \text{ rad} = 57^{\circ} 17' 45'' = 57,2961^{\circ} = (3,437 \cdot 10^3)' = (2,0627 \cdot 10^5)''.$$

2) Steradian (sr) – depesi sferanyň merkezinde bolan jisim burçyny aňladýar. Bu burç sferanyň üstünde taraplary onuň radiusyna deň bolan meýdan kesip alýar. Tekiz burçlary ölçemek

Eksperimentiň saýlap alynan shemasyna we ölçegleriň meýilnamalaşdyrylyşyna baglylykda ölçeg gurлуşyň birnäçe bölekleriniň parametrleri önünden aýdyň edilýär.

Fiziki ölçegleriň köpüsinde ölçeg toplumlary örän çylşyrymly bolýar. Şol sebäpli ölçeg abzallaryň sazlaýyş we gradurowka işleri örän köp zähmeti we köp (dowamly) wagty talap edýärler.

Göni ölçegleriň netijeleriniň gaýtadan işlenilişine kitabyň IX bölümünde seredipdik.

Köpgezektlik ölçegde i-nji ölçegiň netijesiniň tötänleýin  $\xi_{\psi_i}$  we hemişelik gaýtalanýan  $\xi_{\theta_i}$  ýalňyşlyklary saklaýar:

$$X_I = X_C + \xi_{\psi} + \xi_{\theta} \quad (11.1)$$

Soňky deňlemeden  $X_C$  bahasyny (9.30)-njy formula goýup ölçegiň netijesiniň bahasyny  $\tilde{X}$  aşakdaky görnüşde alarys:

$$\tilde{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = X_C + \xi_{\theta} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{\psi_i} \quad (11.2)$$

Diýmek, köpgezektlik ölçegler we olaryň sanyny  $n$  artdyrmak ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygynyň gaýtalanýan düzüjisine  $\xi_{\theta}$  täsir etmeýär, ýöne tötänleýin düzüjisini aýry-aýry tötänleýin ýalňyşlyklaryň dürli alamatlylarynyň hasabyna  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{\psi_i}$  azaldýar.

Indi bilelikleýin ölçegleriň netijeleriniň işlenilişine seredeliň. Bilelikleýin ölçeg diýip iki ýa-da birnäçe dürli atly ululyklaryň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemek maksady bilen olaryň ölçegleriniň birwagtda geçirilmegine aýdylýar. Mysal



## XI. FIZIKI TEJRIBELERI MEÝILNAMALAŞDYRMAK WE AWATOMATLAŞDYRMAK

**Ylmy-barlag tejribeleri meýilnamalaşdyrmak (programmirmek). Ölçeg netijelerini işläp taýýarlamak. Fiziki barlaglarda ulanylýan awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamlarynyň düzümi we ölçeg geçirilişiniň aýratynlyklary.**

Fiziki eksperimentiň ýerine ýetirilişiniň yzygiderligi aşakdakylardan ybaratdyr:

- a) meseläni goýmak we onuň (eksperimentiň) kömegi bilen çözüliş ýollaryny anyklaşdyrmak;
- b) eksperimentiň ýerine ýetirilişini meýilnamalaşdyrmak;
- c) eksperimentiň ýerine ýetirilişiniň düzüminiň she-masyny saýlap almak we daşky täsir etjek güýçleriň (meýdanlaryň) görnüşlerini we ululyklaryny çaklama ýagdaýda kesgitlemek;
- d) eksperimental ölçeg toplumyň böleklerini saýlap almak, ýa-da konstruirlemek we ýasamak (döretmek);
- e) ölçeg serişdeleriniň (öwrüjileriň) gradurowka-synyň we sazlaýyş ölçegleriň tertibini taýýarlamak;
- f) eksperimentler üçin zerur bolan resmi kagyzlary, blankalary taýýarlamak;
- g) ölçeg enjamlarynyň we abzallarynyň synagynyň usullaryny işläp taýýarlamak (döretmek) we saýlap almak;
- h) ölçegleri zerur bolan mukdarda ýerine ýetirmek;
- i) ölçegleriň netijelerini işlemek we derňelýän (barlanylýan) ululygyň (ýa-da birnäçe ululyklaryň) bahasyny kesgitlemek.

$$\alpha = 2\pi (1 - \cos \varphi/2) \quad (3.1)$$

formula boýunça goşmaça hasaplary geçirmek bilen jisim burçy kesgitlenýär. Bu ýerde  $\alpha$  – jisim burçy,  $\varphi$  – tekiz burç.

Türkmenistanyň çäginde Ministrler Kabinetiniň 1996-njy ýylyň ýanwar aýynyň 29-na çykaran Kararyna laýyklykda şu aşakdaky esasy fiziki ululyklaryň birlikleriniň atlaryny, olaryň bölünji we bölek birliklerini ulanmaga rugsat edildi (3.3-nji tablisa).

**3.3-nji tablisa.**

A d y	Ölçeg- leri	A d y	Hal- kara belligi	Türk- men belligi	Kesgitlenşi
1	2	3	4	5	6
U z y n l y k	L	M e t r	m	M	Metr diýip ýagtylygyň waku- umda 1/299792458 s wagt aralygynda geçýän ýolunyň uzynlygyna aýdylýar.
A g r a m	M	K i l o g r a m	kg	kg	Kilogram diýip nusgalyk alynan halkara kg massasyna deň bolan massa birligine aýdylýar.

1	2	3	4	5	6
W a g t	T	S e k u n d a	s	s	Sekunda bu Seziý 139 atomynyň esasy ýagdaýlary, iki sany iň ýuka gatlagynyň arasyndaky geçşinde emele gelýän şöhläniň 91922631770 periodyna deň bolan wagt aralygyna diýilýär.
T e r m o d i n a m i k i  t e m p e r a t u r a	Q	K e l w i n	K	K	Suwuň üçlik nokadynyň 1/273,16 termodinamiki temperaturasynyň bölegine kelwin diýilýär.

### 10.3-nji surat. Sertifikasiýa ulgamynyň düzümi.

Suratda görkezilen sertifikasiýa ulgamynyň düzümi sertifikasiýa gulluklarynyň, standartizasiýa we metrologiýa gulluklarynyň özara baglanyşyklaryny (täzirlerini) aýdyň görkezýär.

Türkmenistanyň döwlet standartlar we normatiw dokumentler fondunda 10535 halkara, 16088 döwletara we 363 milli standartlar, hem-de 329 tehniki şertler saklanýar (“Нейтральный Туркменистан” gazetini, 14.10.2004 ý.)

Türkmenistanyň döwlet standartlar we normatiw dokumentler fondunda 10535 halkara, 16088 döwletara we 363 milli standartlar, hem-de 329 tehniki şertler saklanýar (“Нейтральный Туркменистан” gazetini, 14.10.2004 ý.)

Köp döwletleriň sarp edijileri (ulanyjylary) ilkinji nobatda hil sertifikaty ISO 9000 we ISO 14000 bolan kärhanalaryň öndürýän harytlaryna we hyzmatlaryna isleg bildirýärler. Munuň ýaly tendensiýa gün-günden artýar (güýçlenýär). ISO 9000 tapgyrly (seriýaly) sertifikaty bolmadyk, ýöne ýokary hilli, harytlar eýýäm ösen döwletleriň serhedinden geçenok.

Guwanç bilen bellemeli fakt, olam biziň Watanymyzyň kän kärhanalary we edaralary halkara hil sertifikaty bolan TDS ISO 9001 eýedirler. Olaryň arasynda Türkmenbaşynyň nebit önümlerini gaýtadan işleýän zawodlar toplumu, Türkmenistanyň Prezidenti S.A.Nyýazow adyndaky “Garabogazsulfat” önümçilik birleşigi, Türkmenistanyň gahrymany Atamyrat Nyýazow adyndaky tekstil kombinaty we beýlekiler.

- dogry hasaba almagy üpjün etmek we material gymmatlyklary hem-de energetiki baýlyklary ulanmagyň effektiwligini ýokarlandyrmak;
- keselleri profilaktika, diagnostika we bejermek, adamlaryň zähmet we durmuş şertlerini barlamak we kadalaşdyrmak, daşky gurşawy goramak, tebigi baýlyklary rasional peýdalanmak boýunça çäreleriň effektiwligini ýokarlandyrmak;
- transporty dolandyrmagyň awtomatizasiýalaşdyrylyşynyň we onuň hereketiniň howpsyzlygynyň derejesini ýokarlandyrmak;
- aragatnaşygyň ýokary hilini we ygtybarlygyny üpjün etmek.

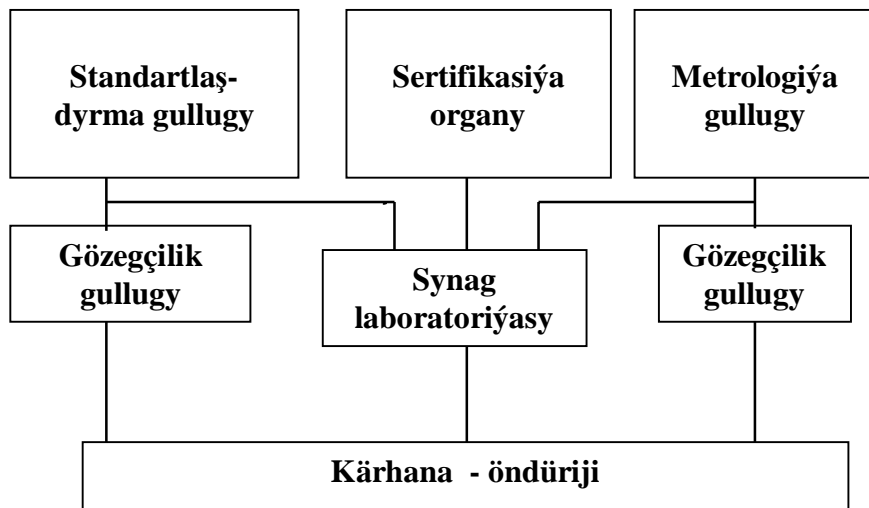
Metrologiki üpjünçiligiň ylmy esasyny metrologiýa düzýär.

Bazar ykdysadyýetiniň şertlerinde bir tarapdan ondüriji beýleki tarapdan bolsa sarp ediji önümiň hiliniň derejesiniň ýokarylygynyň resmi tassyklanylmagyna örän ýokary gyzyklanma (isleg) bildirýärler.

Öňki döwürlerde önümiň hilini ony ýasan ussanyň tagmasy boýunça häsiýetlendiripdirler.

Häzirki wagtda önümiň hilini häsiýetlendirýän resmi kagyz – sertifikat (hili tassyklaýan dokument) ulanylýar.

Sertifikasiýanyň ähli ulgamy synag etmeklige esaslanýarlar, başgaça aýdanynda ölçeglere we ölçeg barlaglaryna esaslanýarlar. Şonuň üçin ähli sertifikasiýa ulgamlarynyň esasy struktura elementi synag laboratoriyalarydyr (10.3-nji surat).



1	2	3	4	5	6
<b>T o k  g ü ý j i</b>	I	A m p e r	A	A	Iki sany tükeniksiz uzynlykdaky, biri-birine parallel we kese-kedig. meýdany örän kiçi bolan wakuumda 1m aralykda ýerleşen, ozara täsir etmegi 1m uzynlykly geçirijä $2 \cdot 10^{-7} \text{N}$ deň bolan täsir güýçleri emele gelende üýtgeýän toguň güýji 1A deň diýip alynýar.
<b>M a d d a n y ň m u k d a r y y</b>	N	M o l	mol	mol	Ulgamyň maddasynyň mukdary 1 mol bolanda, onuň düzümindäki elementleriň sany 0,012 kg uglerod-12 massaly maddanyň atomynyň sanyna deň.
<b>Ý a g t y l y k  g ü ý j i</b>	J	K a n d e l a	Cd	kd	Kandela bu ýagtylygy 5401012 Gs monohromatiki şöhläni belli bir ugurda ugrukdyrlan, şol ugurdan ýagtylygyň güýjiniň kuwwatyny $1/683 \text{ W/s}$ deň bolanda, çeşmeden göýberilýän ýagtylygyň güýjidir.

Halkara birlikler ulgamynyň metriki birlikleri elmydama kanagatlandyrylyp duranok: ýa juda uly ýa-da beter kiçi bolýar. Şol sebäpli bölünji we bölek birlikleri ulanylýarlar, esasy birliginden onluk prinsipi bilen bölüji we bölek emele gelýär – başlangyç birlikleri, 10 položitel ýa-da otrisatel derejä galdyrylan sana köpeldilýär. Şular ýaly onluk prinsipli bölüji we bölek birlikleriň atlary emele gelmegi üçin goşulmalar ulanylýar (3.4-nji tablisa).

**3.4-nji tablisa.**

<b>Köpeldiji</b>	<b>Goşmaça</b>	<b>Goşmaçanyň Halkara bellenilşi</b>	<b>Goşmaçanyň türkmençe bellenilşi</b>
$10^{18}$	Eksa	<b>E</b>	<b>E</b>
$10^{15}$	Peta	<b>P</b>	<b>P</b>
$10^{12}$	Tera	<b>T</b>	<b>T</b>
$10^9$	Giga	<b>G</b>	<b>G</b>
$10^6$	Mega	<b>M</b>	<b>M</b>
$10^3$	Kilo	<b>k</b>	<b>k</b>
$10^2$	Gekto	<b>H</b>	<b>H</b>
$10^1$	Deka	<b>Da</b>	<b>Da</b>
$10^{-1}$	desi	<b>d</b>	<b>d</b>
$10^{-2}$	santi	<b>c</b>	<b>s</b>
$10^{-3}$	milli	<b>m</b>	<b>m</b>
$10^{-6}$	mikro	<b>μ</b>	<b>mk</b>
$10^{-9}$	nano	<b>n</b>	<b>n</b>
$10^{-12}$	piko	<b>p</b>	<b>p</b>
$10^{-15}$	femto	<b>f</b>	<b>f</b>
$10^{-18}$	atto	<b>a</b>	<b>a</b>

SI sistemada öndürilen birlikler esasy hem goşmaça birliklerden düzülýär (alynýar). Şolaryň käbirine seredip geçeliň (3.5-nji tablisa).

$$\varphi = a_{n+1} / a_n . \quad (10.10)$$

Şeýlelik bilen hataryň her indiki sany öňki sanyň hataryň maýdalojysyna köpeltmek hasylyna deňdir.

Geometriki progressiýanyň islendik  $i$  sanyny aşakdaky formula bilen hasaplamak mümkin

$$a_i = a_1 \varphi^{i-1} . \quad (10.11)$$

Mysal üçin, eger  $a_1 = 1$  we  $\varphi = 2$  bolsa 1, 2, 4, 8, 16, ... hatary alarys; eger  $\varphi = 1,4$  bolsa onda 1; 1,4; 2; 2,8; ... hatary alarys.

Standartizasiýa boýunça Halkara guramasy (ISO) tarapyndan geometriki progressiýanyň esasynda aýratyn sanlaryň hataryny düzmekde her indiki sany 10 gezek artýan hatary ulanmak maslahat berilýär. Amaly maksatlar üçin has çemeli diýip kabul edilen hatar ISO hatary bolup, onda  $a_1 = 1$  we  $\varphi = \sqrt[10]{10}$ .

“Metrologiki “üpjünçilik” düşünjesi “ölçegleriň talap edilýän takyklygyny we birligini gazanmak üçin hökmany bolan tehniki serişdeleriň, düzgünleriň we kadalaryň ylmy we guramaçylyk esaslaryny düzmek we ulanmak” diýip kesgitlenilýär (düşünilýär).

Metrologiki üpjünçiligiň esasy maksatlary we ahyrky netijeleri:

- önümiň hilini, önümçiligi dolandyrmagyň effektivligini (netijeliligini) we önümçilik proseslerini awtomatlaşdyrmagyň derejesini ýokarlandyrmak;
- detallaryň, düwünleriň we agregatlaryň özara çalyşmak mümkinçiliklerini, önümçiligiň kooperirlenmegi üçin gerek şertleri döretmegi we ýöriteleşdirmegi ösdürmegi üpjün etmek;
- ylmy-barlaglaryň, tejribe – konstruktorçylyk işleriň, eksperimentleriň we synaglaryň effektivligini ýokarlandyrmak;

Ylmy-tehniki ösüşiň we önümlereň bäsleşik (konkurensiýa) ukyplylygyny üpjün etmegiň talaplary önüm öndürijileri şol bir funksional maksat üçin has kämil önümleri işläp taýýarlamaga we öndürmäge mejbur edýärler. Bu önümleriň gerekmejek uly nomenklaturasyndan we olaryň parametrlerini, hem-de ölçeglerini özara gabat getirmegi üpjün etmekden diňe parametrleriň we ölçegleriň standartlarynyň esasynda halas bolmak mümkin. “Parametrleriň” standartlaşdyrylmasynyň manysy, bu köpçülikleýin öndürilýän önümleriň parametrleriniň we ölçegleriniň belli bir (kesgitli) düzgün boýunça, artyk tutulýan tapawutly sanlaryň hataryny ulanyp, kesgitlenilmegidir.

Artyk tutulýan aýratyn sanlaryň hatary geometriki ýa-da arifmetiki progressiýanyň kömegi bilen alynýan sanlaryň hatarydyr.

Arifmetiki progressiýanyň (artyşyň) sanlaryny aşakdaky formula bilen hasaplamak mümkin:

$$a_n = a_1 + d(n-1), \quad (10.9)$$

bu ýerde  $a_1$  – progressiýanyň birinji sany;  $d$  – progressiýanyň tapawudy;  $n$  – sanyň nomeri.

1, 2, 3, 4, ... sanlaryň yzygiderligi tapawudy 1-e deň bolan artýan (ösýän) arifmetiki progressiýany görkezýär. 1; 0,75; 0,5; 0,25; ... sanlaryň yzygiderligi tapawudy 0,25 bolan kemelýän arifmetiki progressiýadyr.

Arifmetiki progressiýa boýunça düzülen aýratyn sanlaryň hatary ýönekeýligi bilen tapawutlanýar. Ýöne hataryň deňölçegli dälligi onuň ýetmezçiligidir, we sonuň üçin az ulanylýar. Bu kemçiligi aýyrmak üçin basgançakly hatarlar ulanylýar.

Eger arifmetiki progressiýa boýunça düzülen hatarda progressiýanyň tapawudy hemişelik bolan bolsa, onda geometriki progressiýanyň esasynda düzülen hatarda progressiýanyň maýdalowjysy hemişelik, ýagny hataryň soňky sanynyň öňkä bolan gatnaşygy hemişelik

3.5-nji tablisa. Öndürilen birlikler.

<i>Ululyklar</i>		<i>Birlikleri</i>	
Ady	Ölçegleri	Ady	Halkara belenilişi
1	2	3	4
Ýygylýk	$T^{-1}$	gers	Hz
Energiýa, iş, ýylylyk mukdary	$L^2 MT^{-1}$	joul	J
Güýç, agram	$LMT^{-2}$	nýuton	N
Kuwwat, energiýanyň akymy	$L^2 MT^{-3}$	watt	W
Elektrik naprýaženiýasy, EHG, potensial	$L^2 MT^{-3} I^{-1}$	wolt	V
Elektrik sygymy	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	farad	F
Elektrik garsylygy	$L^2 MT^{-3} I^{-2}$	om	$\Omega$

1	2	3	4
<b>Elektrik geçirijilik</b>	$L^{-2} M^{-1} T^3 I^2$	simens	S
<b>Magnit induksiýasy</b>	$MT^{-2} I^{-1}$	tesla	T
<b>Magnit induksiýasynyň akymy, magnit akymy</b>	$L^2 MT^{-3} I^{-1}$	weber	Wb
<b>Induktivlik, özara induktivlik</b>	$L^2 MT^{-2} I^{-2}$	genri	H
<b>Magnit meýdanynyň güýjenmesi we beýlekiler</b>	$L^{-1} I$	amper/metr	A/m

- ýygylgynyň nominal – bellenen bahalarynyň hatary, artyk tutulýan tapawutly sanlar, tebigi gyrşawy goramagyň talaplary, tebigi baýlyklary rasional - ýerlikli ulanmak we beýlekiler);
- tehniki howpsyzlygyň we önümçilik arassaçylygynyň (sanitariýasynyň) pudakara, talaplary we kadalary (normalary);
  - pudakara ulanylýan önümlere umumy talaplar (daşky gurşawyň täsirine durnuklylygy, radiasiýa çydamlylygy we ş.m. boýunça);
  - pudakara ulanylýan birhilli önümleriň toparynyň (çig mallar, materiallar, maşynlar, önümler, priborlar) esasy häsiýetleri we ulanylyş (ekspluatasiýa) häsiýetleri hem-de olary barlamagyň usullary;
  - fiziki ululyklaryň birlikleri, fiziki ululyklaryň birlikleriniň döwlet etalonlary, ölçeg serişdeleriň, ölçeg serişdelerini barlamagyň usullarynyň we serişdeleriniň, döwlet synaglarynyň düzgünleri;
  - ylmy-tehniki terminler, kesgitlemeler we bellikler;
  - tehniki – ykdysady informasiýalary kodirlemeginiň we klassifikasiýalaşdyr-magyň ulgamlary;
  - konstruktorçylyk, tehnologiýa we dolandyryş dokumentleriniň we önümçiligi dolandyrmagyň görnüşleriniň ulgamlary;
- Pudak standartlarynyň şu pudakdaky ähli edaralary, kärhanalary we guramalary, hem-de şu pudagyň önümlerini ulanýan beýleki pudaklaryň edaralary, kärhanalary we guramalary tarapyndan ulanylmagy hökmanydyr. Pudak standartlary döwlet standartlaşdyryş obýektlerine degişli däl önümlere talaplary kesgitleýär. Pudak standartlaşdyryş obýektlerine önümçiligiň az tapgyrly we tapgyrly önümleri, önümiň konkret görnüşleri degişlidir.
- Standartlaşdyrmagyň esasy görnüşleri:
- esaslandyryjy (düýbünü tutyjy) standartlar;
  - önümiň we hyzmatyň standartlary;
  - işiň (zähmetiň, prosessleriň) standartlary;
  - barlag (synag, ölçeg, analiz) usullarynyň standartlary.

- metrologiki kadalary, düzgünleri, kanunlary we talaplary bellemek;
- önümiň hilini barlamagy (synag, analiz, ölçeg) we baha bermegi normatiw – tehniki taýdan üpjün etmek;
- tehniki – ykdysady informasiýany kodirlmegiň we klassifikasiýalaşdyrmagyň ulgamyny döretmek we işe girizmek;
- tehnologiki prosesslere talaplary kesgitlemek, şol sanda material, energiýa ulanylyşynyň mukdarlaryny we zähmet çekilişini peseltmek üçin we azçykdajyly tehnologiýalary ulanmagy üpjün etmek üçin;
- döwletara we döwlet sosial-ykdysady we ylmy-tehniki meýilnamalary, hem-de infrastruktura toplumlary (ulag, aragatnaşyk, goramak, daşky gurşawy goramak, ýaşalyan gurşawyň synagy, ilatyň howpsyzlygy we ş.m.) normatiwler bilen üpjün etmek;
- önümiň esasy görkezijileri we nomenklaturasy hakynda informasiýa bilen sarp edijileri üpjün etmek üçin kataloglaryň ulgamyny döretmek;
- Türkmenistanyň kanunlarynyň ýerine ýetirilmegine standartlaşdyrmak usullary we serişdeleri bilen ýardam etmek. Standartlaryň kategoriýalaryna, görnüşlerine seredip geçeliň.

Biziň Ýurdumyzda Standartlaryň 3 kategoriýasy ulanylýar:

- döwlet standarty – DST (TDS);
- pudak standarty - PST (TPS);
- kärhana standarty – KST (TKS).

Döwlet standartlary halk hojalygynyň ähli pudaklaryndaky edaralarda, kärhanalarda we guramalarda ulanylmaga niýetlenendir we ulanylmagy hökmandyr.

Döwlet standartizasiýasynyň hökmany obýektleri:

- umumyehniki we guramaçylyk – usulyýet düzgünleri we kadalary (elektrik togynyň naprýaženiýasynyň we

#### IV. ÖLÇEGLER BARASYNDA UMUMY DÜŞÜNJELER

**Gözegçilik we tejribe. Fiziki ölçegler hakynda umumy düşüňjeler. Metrologiýanyň esasy deňlemesi. Ölçeg geçirmegiň gös-göni, deňeşdirme, differentsiallaýyn, nollaýyn, orun tutma we gabat getirme usullary. Ölçegleriň görnüşleri (klassifikasiýasy). Göni, kese, toplumlaýyn we bilelikleýin ölçegler barasynda düşüňjeler. Fiziki ölçegiň düzümi we onuň ýerine ýetirilişiniň aýratynlyklary.**

Ylmyň, tehnikanyň ösmegi we täze tehnologiýalaryň döredilmegi bilen ölçegler täze - täze fiziki ululyklary öz içine alýarlar, ölçegleriň diapazony düýpgöter giňelýärler. Ýagny fiziki ululyklaryň örän uly, edil şonuň ýalyda örän kiçi bahalaryny ölçemeklige mümkinçilik döreýär.

Daşky maddy dünýäniň gurluşyny we häsiýetnamalaryny öwrenmeklik aşakdaky etaplary öz içine alýar:

- saýlap alynan hadysany gözegçiligiň kömegi bilen ýüzleý öwrenmeklik;
- haýsam bolsa bir gipotezany (çaklamany, nazaryýetini ) öňe sürmek;
- öňe sürülen gipotezany eksperimentiň kömegi bilen barlamak.

"Eksperiment" sözi latyn “experimentum” sözünden gelip çykýar we tejribe, barlag, synag manyny berýär. Eksperiment diýip ylmy tejribäniň kömegi bilen tebigi hadysalary göz önünde tutulan şertlerde öwrenmeklige aýdylýar. Tejribede öwrenilýän hadysanyň geçişine doly gözegçilik etmek we şol bir ýagdaýlarda (şertlerde) gaýtalamak mümkinçiligi hökmany bolmalydyrlar.

Bilişimiz ýaly, hemme tebigi ylymlarda eksperimentiň ähmiýeti örän uludyr. Adamzat jemgiýeti öz taryhynda tebigaty öwrenmekde tebigaty yönekey synlamakdan tä tebigatyň kanunlaryny doly häsiýetlendirýän nazaryýeti döretmäge çenli örän uly ýoly geçdi. Daşky dünýäde bolup geçýän hadysalary düşündirýän we häsiýetlendirýän nazaryýeti döretmek üçin ýokary hilli eksperimentleriň geçirilmegi zerurdyr. Ylmyň we

tehnikanyň ösmegi bilen eksperimentiň geçirilýän pudaklary giňelýär we onuň kömegi bilen öwrenilýän tebigy prosesler has çylşyrymlaşýar.

Eksperimentiň tutýan ornuny we onuň wajyplygyny peseltmek mümkin däl. Sebäbi, mysal üçin optikanyň, radiofizikanyň, atom we ýadro fizikasynyň edil şonuň ýalyda fizikanyň beýleki pudaklarynyň öwrenýän obýektlerini eksperimentsiz hiç mahal gözegçilik edip bolmaýar. Agzalan obýektleriň parametrlerini we häsiýetnamalaryny göni ölçäp we kesgitläp bolmaýar. Şol sebäpli fizikanyň köp pudaklarynda öwrenilýän obýektleriň parametrlerini ölçemek üçin mejbury ýagdaýda kese ölçeg usullary ulanylmaly bolunýar. Kese ölçegleri ýerine ýetirmek üçin bolsa örän çylşyrymly we gymmat bahaly ölçeg abzallary we ölçeg toplumlaryny döretmeli we ulanmaly bolýar.

Fiziki eksperimentiň ýerine ýetirilişiniň yzygiderligi aşakdakylardan ybaratdyr:

a) meseläni goýmak we onuň eksperimentiň kömegi bilen çözüliş ýollaryny anyklaşdyrmak;

b) eksperimentiň ýerine ýetirilişini meýilnamalaşdyrmak;

ç) eksperimentiň ýerine ýetirilişiniň düzüminiň shemasyny saýlap almak;

d) eksperimental ölçeg toplumyň böleklerini saýlap almak, ýa-da konstruirlemek we ýasamak (döretmek);

e) ölçeg gurallaryň gradurowkasynyň we sazlaýyş ölçegleriň tertibini taýýarlamak;

f) eksperimentler üçin zerur bolan dokumentleri (resmi kagyzlary) taýýarlamak;

g) ölçeg enjamlaryň we abzallaryň synagynyň usullaryny döretmek we saýlap almak;

h) ölçegleri zerur bolan mukdarda ýerine ýetirmek;

i) ölçegleriň netijelerini işlemek we derňelýän (barlanylýan) ululygyň (ýa-da birnäçe ululyklaryň) bahasyny kesgitlemek.

Eksperimentiň saýlap alnan shemasyna we ölçegleriň meýilnamalaşdyrylyşyna baglylykda barlag gurluşyň birnäçe bölekleriniň parametri önünden aýdyň edilýär.

- jemgyýetçilik önümçiliginiň we zähmet öndürilijiliginiň effektivligini ýokarlandyrmak;
- önümiň hilini gowylandyrmak we onuň degişli (bolmaly) derejesini üpjün etmek;
- dolandyryşyň guralyşyny kämilleşdirmek we goýberilýän önümiň islege laýyk nomenklaturasyny kesgitlemek;
- önümi öndürmekde we taslamalaşdyrmakda (proýektirmekde) ýöriteleşdirmegi ösdürmek;
- önümçilik fondlaryny maksada laýyk (rasional) ulanmak;
- material we zähmet resuslaryny tygşyrtlamak (tygşytly ulanmak);
- halk köpçüliginiň saglygyny gorap saklamagy we zähmetiň howpsyzlygyny üpjün etmek;
- halkara ykdysady, tehniki we medeni hyzmatdaşlygy ösdürmek;
- dünýä bazarynyň talaplaryna laýyk gelyän harytlaryň eksportyny ösdürmek üçin şertleri döretmek;
- tebigi we tehnogen heläkçilikleriň we beýleki adatdan daşary ýagdaýlaryň howpyny hasaba almak bilen halk hojalyk obýektleriniň howpsyzlygyny üpjün etmek;
- ýurdyň goranmak ukybyny we mobilizleme taýynlygyny ýokarlandyrmaga ýardam etmek.

Standartlaşdyrmagyň esasy meseleleri:

- gaýtadan işläp taýýarlaýjylaryň, öndürijileriň, satyjylaryň we sarp edijileriň (alyjylaryň) arasynda özara düşünişmegi üpjün etmek;
- döwletiň we sarp edijileriň bähbitleri üçin önümiň hiline we nomenklaturasyna optimal talaplary bellemek (kesgitlemek);
- önümleriň ylalaşyklylygy, hem-de özara öruntutarlygy (bir-birini çalşyp bilmegi) boýunça talaplary bellemek;
- önümiň we onuň elementleriniň, önümiň (gurluşyň) düzüjileriniň, çig mallaryň we materiallaryň häsiýetlerini we görkezijilerini baglanyşdyrmak we laýyk getirmek;
- parametrler we hilgörnüş hatarlary, baza (esasy) gurluşlary we ş.m. ulanmagyň esasynda unifikasiýa etmek;



Gadymy Rimde suw geçiriji ulgamlar gurulanda hemişelik ölçegli turbalary ulanypdyrlar, ýagny olar standartlaşdyrmagyň ýörelgelerinden peýdalanylýarlar;

Russiýada standartlaşdyrmak boýunça ilkinji maglumatlar 1555-nji ýyla degişlidir. Ýagny şol ýyl Iwan Groznynyň ýörite hökümi bilen top oklarynyň (ýadrolarynyň) hemişelik ölçegleri we olary barlamak üçin nusgalyk ölçeg – serişdesi – kalibr kabul edilipdir.

Germaniýada 1846-njy ýylda demir ýol relsleriniň aralygy we wagonlaryň tirkew gurluşlary bir ölçegli görnüşe getirilipdir (unifikasiýa edilipdir);

1870-nji ýylda Ýewropanyň köp döwletlerinde kerpiçleriň standart ölçegleri girizilipdir.

1790-njy ýylda Fransiýada uzunlyk birligi “metr” döredildi we ondan 85 ýyl geçenden soň 1875-nji ýylda Parižde 17 döwletiň wekilleriniň gatnaşmagynda geçirilen Halkara metriki konferensiýada uzynlyk ölçeginiň birligi “metr” kabul edildi.

Geçen asyryň başynda Gollandiýada (1916ý.), Germaniýada (1917ý.), Fransiýada, ABŞ-da, Sweýsariýada (1918ý.), Belgiýada, Kanadada (1919ý.), Awstriýada (1920ý.), Italiýada, Ýaponiýada, Wengriýada (1921ý.), Awstraliýada, Swesiýada, Çehoslowakiýada (1922ý.), Norwegiýada (1923ý.), Finlýandiýada, Polşada (1924ý.), Daniýada (1926ý.) we beýlekilerde standartlaşdyrmak boýunça milli guramalar döredildi.

1946-njy ýylda Londona 33 döwletiň wekilleriniň gatnaşmagynda standartlaşdyrmak boýunça Halkara gurama (ISO) döredildi. Häzirki wagtda 100-dende köp döwlet ISO-nyň agzasy bolup durýar.

Halkara standartlaşdyryş ulgamyna standartlaşdyrmak boýunça Halkara gurama (ISO), Halkara elektrotehniki komissiýa (IEC), aragatnaşyk we elektronika boýunça Halkara gurama (ICEO) we beýlekiler girýärler.

Standartlaşdyrmak aşakdaky esasy maksatlara ýetmäge gönükdirilen:

- tehniki ösüşiň depginini artdyrmak;

Fiziki ölçegleriň köpüsinde ölçeg toplumlary örän çylşyrymly bolýar. Şol sebäpli ölçeg abzallaryň sazlaýyş we gradirowka işleri örän köp zähmeti we uly dowamly wagty talap edýärler.

Berlen ölçeg meselesini çözmek üçin saýlanyp alynan prinsipleriň (ýörelgeleriň) we ölçeg serişdelerini ulanmagyň emelleriniň jemine ölçeg usuly diýilýär. Ölçeg usuly düşüňjesine ölçeg prinsipleriniň (ýörelgeleriniň) nazary delillerini we ölçeg serişdelerini ulanmagyň emellerini işläp taýýarlamak degişlidir.

Fiziki ölçeg diýip ýöriteleşdirilen tehniki serişdeleri ulanyp tejribe üsti bilen fiziki ululygyň bahasyny tapmaklyga aýdylýar. Ölçeg dürli görnüşli bolýar we meňzeş däl alamatlary boýunça häsiýetlendirilýär (klassifikasiýalaşdyrylýar) (4.1-nji surat).

Ölçeğiň metrologiki manysy onuň esasy deňlemesine (metrologiýanyň esasy deňlemesine) syrykdyrylýar. Ýagny

$$A = kA_0, \quad (4.1)$$

bu ýerde  $A$  – ölçenýän fiziki ululygyň bahasy,  $A_0$  – nusga hökmünde kabul edilen ululygyň bahasy,  $k$  – ölçenýän ululygyň nusga bolan gatnaşygy.

Her bir ölçeg fiziki eksperimentiň kömegi bilen seredilýän ululygy onuň deňeşdirme birligi hökmünde kabul edilen käbir bahasy bilen deňeşdirmekden durýar. Eger  $A_0 = 1$  diýip kabul edilse 4.1-nji deňleme ulanmaga amatly görnüşe ( $A = k$ ) geçýär. Bu ýagdaýda kabul edilen ölçeg metodyna we ulanylýan birligine bagly bolan  $k$  parametr ölçenýän ululygyň san bahasyny aňladýar.

Fiziki ululygy ölçemegiň netijesi (gysgaça-ölçeg netijesi ýada netije) diýip ölçeg ýoly bilen alynan fiziki ululygyň bahasyna aýdylýar.

Ölçeg prinsipi diýip ölçegiň esaslanýan fiziki hadysalarynyň toplumyna (jemine) aýdylýar.

Ölçeg obýekti – bu häsiýetleri bir ýa-da birnäçe ölçenýän fiziki ululyklar bilen häsiýetlendirilýän hakyky fiziki obýektidir.

Ölçeg algoritmi – fiziki ululygy ölçemegi üpjün edýän operasiýalary (hereketleri) ýerine ýetirmegiň tertibi hakynda görkezme.

Ölçenýän fiziki ululygyň bahasynyň san görnüşinde tapylyşy boýunça göni, kese utgaşykly we bilelikleýin ölçegleri tapawutlandyrsa bolar (4. 1-nji surat).

Göni ölçeg diýip tejribe maglumatlaryndan gös-göni fiziki ululygyň gözlenilýän bahasynyň tapylmagyna aýdylýar. Köplenç göni ölçeg diýip aralyk öwürmeleri geçirilmeýän ölçeglere düşünilýändigini belläp geçmeli. Mysal üçin toguň naprýaženiýasynyň we güýjüniň belli elektrik ölçeyji priborlar, ýagny woltmetr we ampermetr bilen ölçelmegi. Göni ölçegleri matematiki taýdan ýönekeý formula bilen aňladyp bolýar:

$$A = x \quad (4. 2)$$

bu ýerde  $x$  ölçeg ýoly bilen tapylan ululygyň bahasy bolup ol ölçegiň netijesi diýip atlandyrylýar.

Tehniki ölçeglerde göni ölçegler giň ýaýrandyr. Göni ölçeglere aralygy – metr, agramy – terezi, wagty – sagat, temperaturany – termometr, basyşy – monometr we ş.m. bilen ölçemeklik degişlidir.

Kese ölçeg diýip göni ölçeg edilýan ululyklar bilen öwrenilýän ululygyň arasyndaky belli baglanyşyklaryň esasynda onuň (öwrenilýän ululygyň) gözlenilýän bahasynyň tapylmagyna aýdylýar. Kese ölçeglerde öwrenilýän fiziki ululygyň gözlenilýän bahasy onuň (öwrenilýän ululygyň) göni ölçegler arkaly tapylýan ululyklar bilen arasyndaky belli funksional baglanyşyklarynyň esasynda tapylýar.

Kese ölçegleriň deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$A = f(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (4.3)$$

mehanizasiýany we awtomatizasiýany önümçilik proseslerine ornaşdyrmak standartlaşdyrma bilen üznüksiz baglanyşyklydyr. Standartlaşdyrmak ylmyň, tehnikaýyň we öňde baryjy tejribäniň bilelikdäki gazananlaryna esaslanýar we häzirki hem-de gelejekdäki ösüşiň esasyňy kesgitleýär.

Standart – standartlaşdyrmak boýunça kadalar toplumyny, düzgünleri, standartlaşdyrylýan obýekte edilýän talaplary kesgitleýän we resmi edara (gullyk) tarapyndan tassyklanadylan kadalaşdyryjy (normatiw) dokumentdir.

Standartlaşdyrmaga edilýän ýolbaşçylygyň görnüşine we standartlaryň täsir (hereket) edýan sferasyna baglylykda döwlet, döwletara, regional, milli we halkara standartlaşdyrmalary tapawutlandyrylar.

Halkara standartlaşdyrmasy özara söwdany, ylym, tehnika we medeniýet boýunça aragatnaşyklary ýeňilleşdirmek we kämilleşdirmek maksady bilen ýöriteleşdirilen halkara edaralary, ýa-da döwletleriň topary tarapyndan amala aşyrylýar. Halkara standart – standartizasiýa boýunça halkara edaralary tarapyndan kabul edilen standart.

Döwlet standartlaşdyrmasy – döwlet standartlaşdyrma meýilnamasyna laýyklykda döwlet edaralarynyň ýolbaşçylygynda amala aşyrylýan standartlaşdyrmagyň ýerine ýetirilişiniň we ösdürilişiniň görnüşi.

Pudak standarty (pudak - ýerleşýän ýerine baglanyşyksyzlykda öndürýän önüminiň görnüşi boýunça ministrliklere berkidilen edaralaryň we guramalaryň toplumy) – bu resmi döwlet dolandyryş guramasy tarapyndan kabul edilen standart.

Milli standart – standartlaşdyrmak boýunça milli gurama tarapyndan kabul edilen standart.

Standartlaşdyrmagyň taryhyndan käbir maglumatlary ýatlap geçeliň:

Gadymy Egipetde piramidalaryň gurluşygynda hemişelik “standart” ölçegli kerpiçleri ulanypdylar. Olaryň ölçeglerini barlamak bilen (gözegçilik etmek bilen) ýörite hünärmenler meşgullanypdylar.

ululyklaryň birligini bir nusga getirmek (unifikasiýa etmek), ululyklary dikeltmegiň ulgamyny işläp düzmek we bellenen takyklyk bilen olaryň ölçeglerini işçi ölçeg serişdelerine geçirmek we beýleki köp sanly soraglary öz içine alýar. Ýlma we tehnika gerek dürli takyklykda hem umumylyk (birlik) üpjün edilmelidir. Ölçegleriň umumylygyny (birligini) bolmaly derejesine ýetermek we saklamak döwletiň we pudaklaryň metrologiýa gulluklarynyň, bellenen düzgünlere, talaplara we kadalara laýyklykda, alyp barmaly işi bolup durýar. Döwlet derejesinde ölçegleriň umumylygyny (birligini) üpjün etmek boýunça iş ölçegleriň birligini üpjün edýän Döwlet standartlarynyň ulgamlary, ýa-da metrologiýa gullugynyň edaralarynyň normatiw dokumentleri bilen resmileşdirilýar (reglamentleşdirilýär).

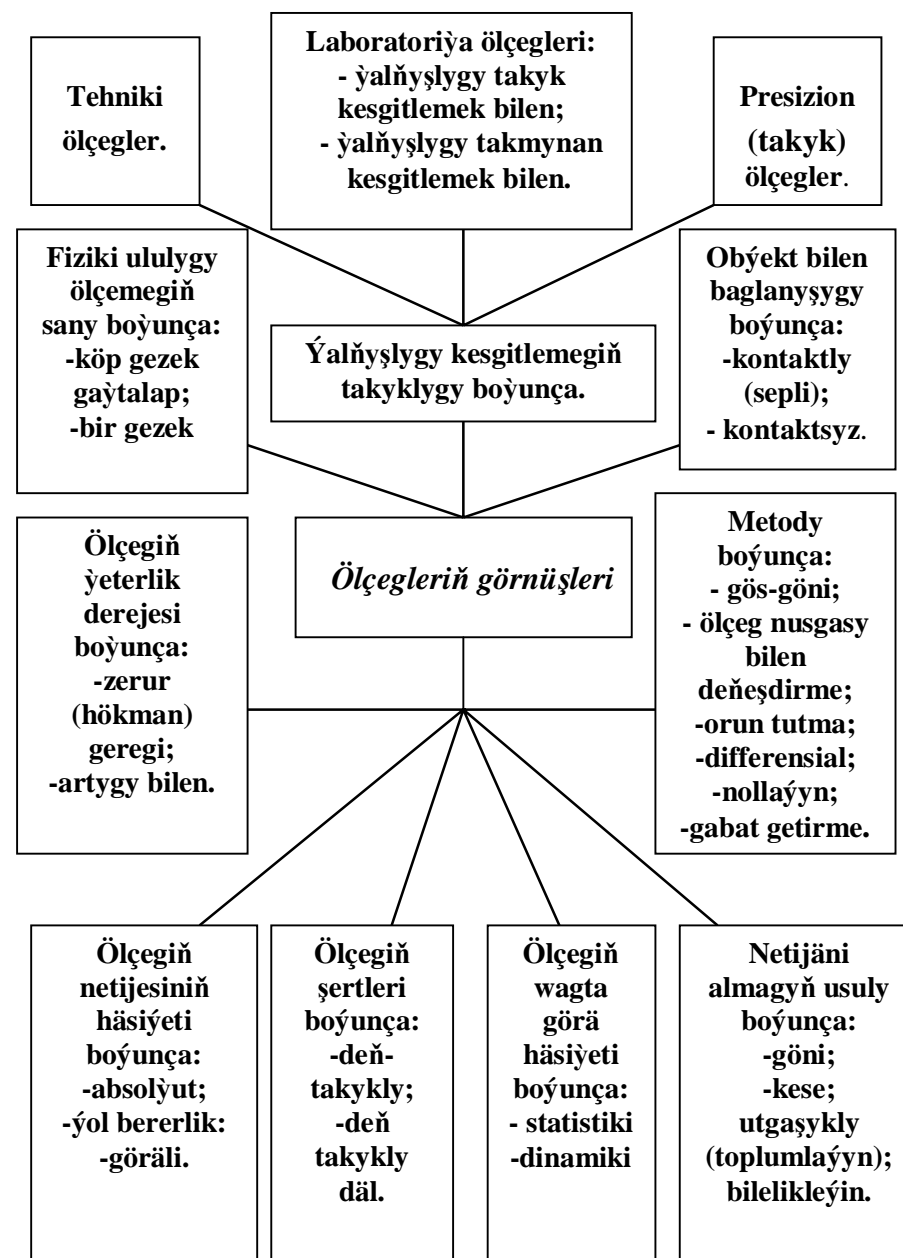
Ölçegleriň umumylygyny üpjün etmek üçin şol bir ululygyň ähli belli ölçeg serişdeleri gradurowka edilende birlikleriň birmeňzeşligi (deňligi) gerek. Bu ýöriteleşdirilen edarlarda fiziki ululyklaryň kesgitlenen birliklerini, saklamak we takyk dikeltmek, hem-de ulanylýan ölçeg serişdelerine olaryň ölçeglerini geçirmek ýoly bilen amala aşyrylýar.

Birligiň ölçegini geçirmek - bu barlanýan ölçeg serişdesinde saklanýan fiziki ululygyň ölçeg birligini dikeldilýän ýa-da etalonda saklanýan birligiň ölçegine getirmekdir. Ölçeginiň birligi “ýokardan aşak” – has takyk serişdelerden takyklygy aza (pese) geçirilýär.

Fiziki ululyklaryň ölçeg birligini etalondan (nusga etalondan) işçi abzallara we ölçeg priborlara geçirmeklik işçi etalonlaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Standart – inlis sözünden (standart) gelip çykýar we nusga, etalon, model ... diýen manyny berýär. Sertifikat – fransuz sözünden (sertifikat) gelip çykýar we dokument (sahadatnama, güwä haty, laýyklyk haty...) diýen manyny berýär.

Häzirki wagtda tehniki ösüşiň depginlerini artdyrmak, radioteknikanyň önümleriniň hilini we ygtybarly işleýişini ýokarlandyrmak, ýöriteleşdirilen önümçiligiň giň gerim bilen ösmeginiň esasyny döretmek, toplumlaýyn (kompleksleýin)



4.1-nji surat. Ölçegleriň görnüşleri.

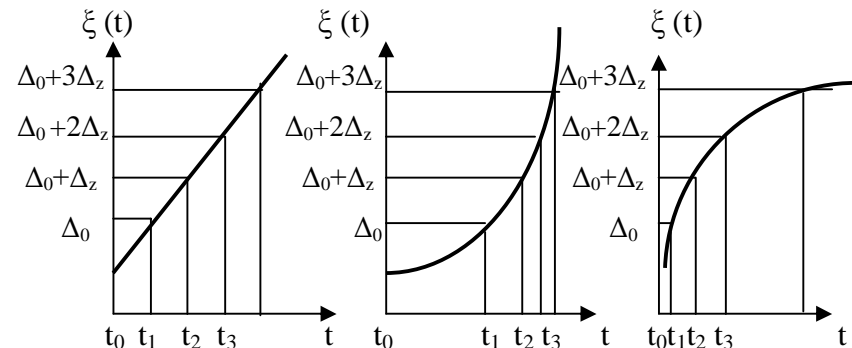
bu ýerde  $x_1, x_2, \dots, x_m$  - ululyklaryň göni ölçegleriniň netijeleri. Kese ölçegiň mysaly bolup, göni ölçegleriň netijesinde tapylan I toguň güýjüniň we zynjyryň R elektrik garşylygynyň bahalarynyň üsti bilen, ýagny  $W = I^2 R$  formulanyň kömegi bilen, kuwwadyň bahasynyň tapylyşy hyzmat edip biler.

Ölçenýän ululygyň hakyky bahasyny tapmagyň utgaşykly we bilelikleýin usullary örän ýakyndyr. Iki ýagdaýdada olaryň bahasy, koeffisiýentleri we aýry-aýry düzüjileri tejribe üsti bilen anyklanandan deňlemäni çözmek ýoly bilen, tapylýar. Esasy tapawut – utgaşykly (toplumlaýyn) ölçeglerde bir wagtda birnäçe biratly ululyklar, bilelikleýin ölçeglerde bolsa dürli atly ululyklar kesgitlenilýär. Utgaşykly diýip bir wagtda birnäçe biratly ululyklarda ölçeg geçirip olaryň bahasynyň deňlemeler ulgamyny çözmek ýoly bilen tapylmagyna aýdylýar.

Mysal üçin 4.2-nji suratda görkezilen üçburçlygyň  $R_{ab}, R_{ac}$  we  $R_{bc}$  depeleriniň aralaryndaky garşylyklary ölçäp we (4.3)-nji aňlatmada görkezilen deňlemeler ulgamyny çözmek bilen  $R_1, R_2$  we  $R_3$  garşylyklaryň gözlenýän bahalaryny ölçegleriň utgaşykly usuly boýunça tapyp bolýar.

$$\begin{aligned} R_{ab} &= \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}, \\ R_{ac} &= \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}, \\ R_{bc} &= \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Bilelikleýin diýip iki ýa-da birnäçe dürli atly (biratly däl) ululyklaryň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemek maksady bilen olaryň bir wagtda ölçegleriniň geçirilmegine aýdylýar.



**10.2-nji surat. Ýalňyşlygyň üýtgemesiniň çyzykly (a) we eksponensial (b,ç) kanunlary.**

düzgünler boýunça geçirilýär. Barlagyň ýygylgy ölçeg serişdesiniň ygtybarlygyna edilyän talaplar bilen gabat gelmelidir. Barlagy optimal saýlanylyp alynan barlagara iň tereň diýip atlandyrylýan, wagt aralygyndan (interwalyndan) geçirmeli. Metrologiki näsazlygyň başlanýan pursatyny diňe ölçeg serişdesi barlag edilende anyklap bolýar. Barlagara interwalyň ululygy optimal bolmalydyr, sebäbi ýygylgydan barlag geçirmek maddy we zahmet ýitgilerine getirýär, selçen barlag geçirmek bolsa metrologiki näsazlyklar sebäpli ölçeg ýalňyşlygynyň artmagyna getirip biler.

Ölçeg geçirilende olaryň umumylygyny (birligini) üpjün etmek gerek. Ölçegiň umumylygy diýip ölçegiň hil häsiýetine düşünilýär. Ýagny ölçegiň netijeleri ölçegleri kesgitlenen çäklerde dikeldilen ululyklaryň ölçegleri bilen birmeňzeş, ölçegleriň netijeleriniň ýalňyşlyklary bolsa berilen ähtimallyk bilen belli edilen we kesgitlenen çäklerden çykmaýan kanunlaşdyrylan birliklerde aňladylýarlar. “Ölçeg birligi” örän giň düşünje. Ol metrologiýanyň esasy meselelerini: fiziki

Ölçeg geçişdesiniň ygtybarlygy kesgitlenende çözülyän mesele metrologiki häsiýetleriň başlangyç üýtgemelerini tapmakdan we matematiki modeli düzmekden durýar.

Ölçeg serişdesiniň takyklygynyň (ýalňyşlygynyň) wagta görä üýtgemesi durnukly däl (stasionar däl) tötänleýin prosesdir.

Ýalňyşlygyň üýtgemesiniň ýönekeý modeli çyzykly görnüşe eýedir (10.2-nji surat)

$$\xi(t) = \xi_0 + Vt \quad (10.7)$$

Bu ýerde  $V$  - ýalňyşlygyň üýtgemek tizligi. Geçirilen barlaglar bu modeliň birden baş ýyla çenli ýaşly ölçeg serişdeleriniň könelmesini kanagatlanarlykly suratlandyryandygyny görkezdi.

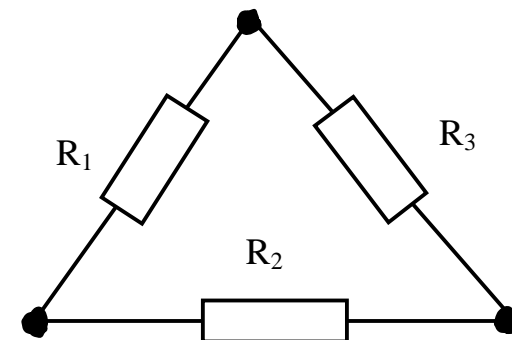
Iş ýüzünde birnäçe priborlar üçin dikeldiş interwalynyň aralygy azalýar  $(t_1 - t_0) > (t_2 - t_1) > (t_3 - t_2) > (t_4 - t_3)$  (10.2, b-nji surat) beýlekileri üçin bolsa artýar  $(t_1 - t_0) < (t_2 - t_1) < (t_3 - t_2) < (t_4 - t_3)$  (10.2, ç-nji surat). Bu ölçeg serişdesiniň ýalňyşlygynyň wagta görä eksponensial artmagy (10.2, b –surat), ýa-da kemelmegi (10.2, ç – surat) bilen düşündirilýär.

Seredilen ýagdaýlar üçin (10.2, b, ç – suratlar) wagta görä ýalňyşlygyň üýtgemesi eksponensial modeliň esasynda suratlandyrylýar. Metrologiki näsazlyklaryň ýygylgy

$$\omega(t) = \omega_0 e^{qt}, \quad (10.8)$$

bu ýerde  $\omega$  – ölçeg serişdesiniň ýasalan mahaly ( $t = 0$ ) metrologiki näsazlyklaryň ýygylgy,  $\text{ýyl}^{-1}$ ;  $q$  – metrologiki köpeltmek prosesiniň “+” ýa-da “-” tizlenmesi,  $\text{ýyl}^{-1}$ .

Ölçeg serişdesini metrologiki gurat ýagdaýda saklamagyň esasy görnüşleriniň biri ony wagtal – wagtal (periodiki) barlagdan geçirmek. Barlag metrologiýa gulluklary tarapyndan ýörite taýýarlanylýan normatiw – tehniki resmi kagyzlarda beýan edilen



**4.2-nji surat. Utgaşykly ölçeg.**

Mysal hökmünde rezistoryň garşylygynyň temperatura baglylygynyň kesgitlenilişine seredip geçeliň:

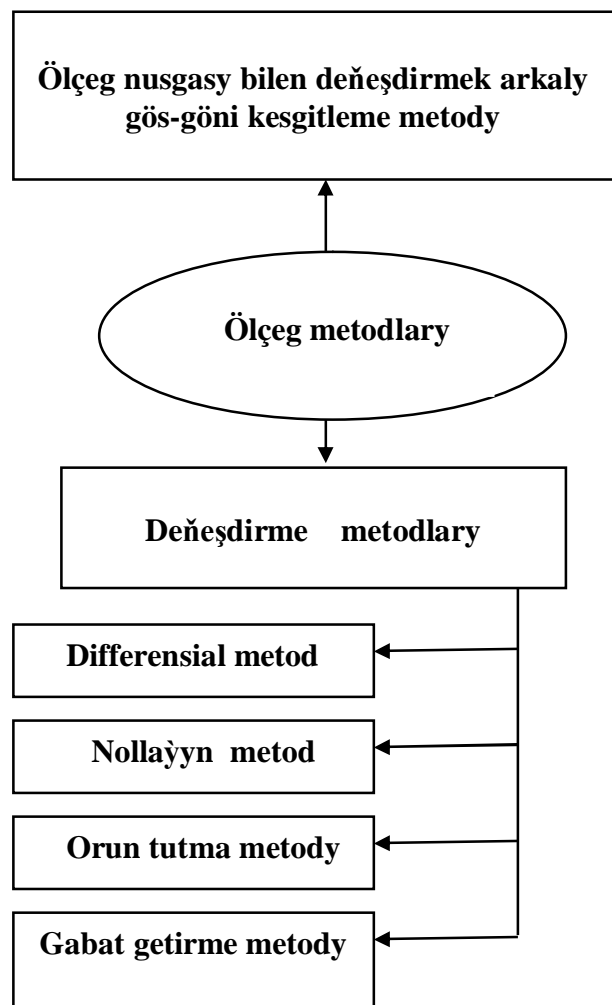
$$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2], \quad (4.5)$$

bu ýerde  $R_{20}$  - rezistoryň  $t = 20^\circ$  gerşylygy,  $\alpha$  we  $\beta$  - temperatura koeffisiýentleri.

$R_{20}$ ,  $\alpha$  we  $\beta$  ululyklary kesgitlemek üçin ilki, mysal üçin temperaturanyň dürli üç bahasynda ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) rezistoryň garşylygyny  $R_t$  ölçeýarler, soňra bolsa üç deňlemenden ybarat sistemany (ulgamy) düzýärler. Şol sistemadan bolsa  $R_{20}$ ,  $\alpha$  we  $\beta$  parametrleri tapýarlar.

$$\begin{aligned} R_{t_1} &= R_{20} [1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2] \\ R_{t_2} &= R_{20} [1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2] \\ R_{t_3} &= R_{20} [1 + \alpha(t_3 - 20) + \beta(t_3 - 20)^2] \end{aligned} \quad (4.6)$$

Häzirki zaman ölçeg metodlaryny gös-göni kesgitleme we deňeşdirme görnüşlerine bölmek bolar (4.3-nji surat).



4.3-nji surat. Ölçeg metodlarynyň görnüşleri.

togtatmaýar. Näsazlyk ölçeg serişdesiniň iş ukybyny ýitirmegi, ýa-da bozulmagy bilen baglanyşykly tötänleýin hadysadyr.

D o w a m l y l y k (uzak wagtlylyk) diýip ölçeg serişdesiniň ahyrky ýagdaýa (iň soňuna) çenli özüniň işe ukyply (işjeň) ýagdaýyny saklap bilmek häsiýetine aýdylýar. Iş e u k y p l y (işjeň) ýgdaý - bu ölçeg serişdesiniň ähli metrologiki häsiýetleriniň kadalaşdyrylan bahalara gabat gelyän ýagdaýydyr. Ölçeg serişdesiniň a h y r k y (predel) ý a g d a ý y diýip onuň mundan aňryk ulanylmagyna ýol berip bolmaýan (ýol bererlik däl) ýagdaýyna aýdylýar.

B e j e r m ä g e (remonta) ýararly (ýaramly) - bu ölçeg serişdesiniň näsazlyklarynyň döremek sebäpleriniň üstüni açmaklyga (tapmaga) we önünden duýdurmaklyga, tehniki hyzmat etmek we bejermek ýoly bilen onuň işe ukyply ýagdaýyny saklamaklyga we dikeltmeklige, uýgunlaşdyrylmagy bilen baglanyşykly häsiýetidir.

Ulanylýandygyna ýa-da ambarda (skladda) saklanylýandygyna ýagny ýygnaýyp goýlandygyna garamazdan, ölçeg serişdesiniň metrologiki häsiýetleriniň üýtgemek prosessi üznüksiz dowam edýär.

A b a t s a k l a n m a k diýip ölçeg serişdesiniň sazlyk, dowamlylyk we bejermäge ýaramlylyk görkezijileriniň bahalaryny skladda saklanýan we ondan soňky döwürde, hem-de göçürülende (daşalanda) üýtgetmän saklamak häsiýetine aýdylýar.

Daşky gurşaw bilen özara baglanyşykly ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetleriniň üýtgemegi olaryň elementleriniň we düwünleriniň wagta görä könelmek (garramak) prosessleri bilen düşündirilýär. Bu prosessler molekulýar derejede bolup geçýärler we ölçeg serişdesiniň işleýänligine ýa-da ýygnaýyp goýlanlygyna bagly däl. Diýmek ölçeg serişdesiniň könelmegini häsiýetlendirýän esasy faktor bu onuň ýasalan pursatyndan başlap geçen wagtydyr, ýagny “ýaşydyr”.

Konelmegiň tizligi ilkinji nobatda ulanylýan materiallara we tehnologiýa bagly.

diýip atlandyrylýar. Metrologiki ygtybarlyk problemasynyň aýratynlygy bolup onuň üçin näsazlyklaryň depginleriniň (intensiwliliginiň) wagta görä hemişelikligi barasynda klassiki ygtybarlyk nazaryýetiniň esasy düzgünleriniň (kanunlarynyň) ýerine ýetmeýänligidir (kanunalaýyk dälligidir).

Berilen wagt aralygynda ölçeg serişdesiniň metrologiki häsiýetleriniň bellenen bahalaryny kesgitli režimlerde we ulanmak şertlerinde saklamak ukybyna metrologiki ygtybarlyk diýip atlandyrylýar. Metrologiki ygtybarlyk problemasynyň aýratynlygy bolup onuň üçin näsazlyklaryň depginleriniň (intensiwliliginiň) wagta görä hemişelikligi barasynda klassiki ygtybarlyk nazaryýetiniň esasy düzgünleriniň (kanunlarynyň) ýerine ýetmeýänligidir (kanunalaýyk dälligidir).

Häzirki zaman ygtybarlyk nazaryýeti iki häsiýetli ýagdaýa: işe ukyply we işe ukypsyz, eýe bolan önümlere ugrukdyrylandyr (niýetlenendir).

Ölçeg serişdesiniň ygtybarlygy wagt geçmegi bilen onuň (ölçeg serişdesiniň) özüni alyp barşyny häsiýetlendirýär we durnuklylyk, sazlyk, dowamlylyk, bejermeklige (remonta) ýararly, abat saklanmaklyk ýaly umumylaşdyrylan düşüňjeleri özünde jemleýär (girizýär).

Ölçeg serişdesiniň durnuklylygy onuň metrologiki häsiýetleriniň wagta görä üýtgemeyändigini görkezýän hil häsiýetnamasydyr. Ol ýalňyşlygyň paýlanyş kanunynyň parametrleriniň wagta görä baglanyşyklary bilen suratlandyrylýar. Durnuklylyk ölçeg serişdesiniň metrologiki häsiýetleriniň hemişeligi barasynda köp informasiýany saklaýar. Ygtybarlylyk durnuklylyga we ölçegleriň takyklygyna, hem-de ulanylýan ygtyýarlyklaryň (dopusklaryň) bahalaryna bagly.

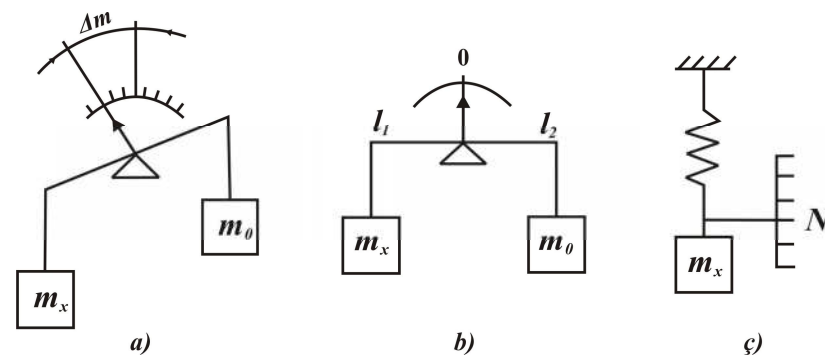
Ölçeg serişdesiniň sazlygy diýip onuň käbir wagtyň dowamynda yzygider işjeň ýagdaýyny saklamagyna aýdylýar. Sazlyk iki ýagdaý bilen häsiýetlendirilýär: işe ukyply we işe ukypsyz. Emma çylşyrymly ölçeg ulgamlarynda köp sanly ýagdaýlaryň bolmagy hem mümkindir. Sebäbi her bir näsazlyk olaryň (çylşyrymly ölçeg ulgamlarynyň) işleýşini doly

Gös-göni kesgitleme metodynda ölçenýän ululygyň san bahasy göni ölçeg serişdesiniň görkezmesi bilen kesgitlenýär. Ululygyň gözlenýän bahasy degişli birliklerde gradurowka edilen ölçeg serişdeleriniň görkeziş gurluşy boýunça gös-göni kesgitlenýär. Mysal üçin simap termometriniň şkalasy boýunça temperaturany kesgitlemek, ýa-da ampermetriň kömegi bilen toguň güýjini ölçemek we ş.m. Göni kesgitleme metody özüniň ýönekeýligi bilen tapawutlanýar we tehniki ölçeglerde giňden ulanylýar. Takyklygy bolsa ýokary däl.

Deňeşdirme metodynda ölçenýän ululyk nusga ölçeg serişdesiniň öndürýän (döredýän) ululygy bilen deňeşdirilýär. Bu metodyň ölçeg serişdeleriniň gös-göni gatnaşmagydyr. Deňeşdirme metodynda deňeşdiriji gurluşyň bolmagy hökmandyr.

Deňeşdirme metodlarynyň birnäçe görnüşleri bar: differensial, nollaýyn, orun tutma, gabat getirme.

Differensial metod diýip ölçenýän ululygyň nusga ölçeg serişdesiniň öndürýän (döredýän) ululygy bilen gös-göni ýa-da kese deňeşdirilmegine aýdylýar. Ölçenýän ululyk bilen nusga ölçeg serişdesiniň döredýän ululygynyň arasyndaky tapawut priboryň şkalasy boýunça hasaplanýar. Ölçenýän ululyk bilen deňeşdirilýän ululygyň arasynda doly deňagramlylyk emele



4.4-nji surat. Deňeşdirme gurluşlaryň shemasy.

getirilmeyär. Mysal üçin, deňeginli terezilerde ölçenýan harydyň we çekuw daşlarynyň arasyndaky tapawudyň tereziniň şkalasy boýunça kesgitlenilişi (4.4,a-njy surat). Nollaýyn (doly deňagramlaşdyрма) metod diýip ölçenýan ululygyň täsiriniň nusga ölçeg serişdesiniň öndürýän ululygy bilen doly deňagramlaşdyrylmagy netijesinde onuň bahasynyň kesgitlenilmegine aýdylýar. Nollaýyn metod differensial metodyň bir görnüşidir. Ölçenýan ululygyň we nusga barlag serişdesiniň döredýän ululygynyň ölçeg abzalyna edýän netijeleyji effekti nola çenli azaldylýar (ýetirilýär). Mysal üçin, deňeginli terezide harydyň agramy çekilende onuň terezä edýän täsirini çeküw daşlary bilen doly deňagramlaşdyrmak arkaly bahasyny kesgitlemek (4.4,b-nji, 4.5-nji suratlar).

Nollaýyn metodyň görnüşlerine kompensasiýa we köpri metodlar degişlidirler. Kompensasiýa metodyna terezilerde çeküw daşlaryny ulanyp harydyň agramynyň çekilişini, köpri metodyna bolsa deňagramly köprüni ulanyp zynjyryň elektrik garşylygynyň ölçenilişini mysal hökmünde getirip bolar.



**4.5-nji surat. Terezi we çekuw daşlary.**

Orun tutma metody diýip ölçenýan ululygyň nusga ölçeg serişdesiniň döredýän ululygy bilen orunynyň çalşyrylmagyna aýdylýar. Ýagny pribor bilen nobatyna gözlenýän (barlanylýan)

**10.1-njitablesa. Takyklyk synplarynyň belgilenilişiniň mysallary.**

Esasy ýalňyşlygyň aňlatmasynyň formulasy	Esasy ýalňyşlygyň ýol bererlik çäkleri	Takyklyk synpynyň belgilenilişi	
		Resmi kagyzlarda	Priborda
Absolýut $\Delta = \pm a$ $\Delta = \pm (a + bx)$	$\pm a$ $\pm (a + bx)$	L M	L M
Getirilen $\gamma = \frac{\Delta}{x_N} 100\%$	$\gamma = \pm 1,5$	1,5	1,5
Otnositel $\delta = \frac{\Delta}{x} 100\%$	$\Delta = \pm 0,5$	0,5	0,5
Otnositel $\delta = \mp \left[ c + d \left( \left  \frac{X_g}{x} \right  - 1 \right) \right]$	$\Delta = \pm 0,02/0,01$	C/d = 0,02/0,01	0,02/0,01



$$c = b + d, \quad d = \frac{a}{\overline{X_g}}, \quad (10.6)$$

özem hemişe  $c > d$ .

Ölçeg serişdeleriniň takyk synplarynyň belgilenilişiniň düzgünleri we mysallary 10.1-nji tablisada görkezilen.

Ölçeg serişdeleriniň işledilýän döwründe olaryň metrologiki häsiýetleri we parametrleri üýtgeýärler. Bu üýtgemeler köp ýagdaýda ölçeg serişdesiniň işjeňligini ýitirmegine getirýär. Ölçeg serişdeleriniň işjeňlik ukybyny ýitirmegi metrologiki we metrologiki däl sebaplere görä bolup bilýär. Metrologiki däl diýip ölçeg serişdesiniň işjeňliginiň metrologiki häsiýetleriniň üýtgemegi bilen baglanyşyksyz sebäplere görä bolmagyna aýdylýar. Ol duýdansyz ýüze çykýar we ony ölçeg göwründe tapyp (kesgitläp) bolýar.

Ölçeg serişdesiniň iş ukybyny ýitirmegi (näsazlygy, gurat dälligi) bir ýa-da birnäçe metrologiki häsiýetleriniň böküşli (böküş görnüşli) üýtgemegi bilen häsiýetlendirilýän bolsa onda beýle näsazlyk  $d u ý d a n s y z$  diýip atlandyrylar. Bu näsazlyklaryň tötänleýin bolup geçýänligi üçin olary önünden duýup bolmaýar. Olaryň netijesi (priborlaryň görkezmesindäki näsazlyklar, takyklygyny ýitirmegi we ş.m.) ölçeg serişdesi ulanylanda ýeňil ýüze çykarylýar, ýagny olaryň ýüze çykyş häsiýetleri mese-mälimdir (aç-açandyr).

Ölçeg serişdesiniň iş ukybyny ýitirmegi bir ýa-da birnäçe metrologiki häsiýetleriniň kem-kemden (monoton) üýtgemegi bilen häsiýetlendirilýän bolsa onda beýle näsazlyk  $k e m - k e m d e n$  (haýal, ýuwaş - ýuwaşdan) geçýän diýip atlandyrylar. Ýuwaş - ýuwaşdan bolup geçýän näsazlyklar gizlinlikde bolup geçmek häsiýetine eýedir we olary ýüze çykarmak üçin ölçeg serişdesini köp gezek periodiki synag etmek gerek. Ölçeg serişdeleriniň ýuwaş-ýuwaşdan ýüze çykýan näsazlygyna seredip geçeliň.

Berilen wagt aralygynda ölçeg serişdesiniň metrologiki häsiýetleriniň bellenen bahalaryny kesgitli režimlerde we ulanmak şertlerinde saklamak ukybyna  $m e t r o l o g i k i \quad y g t y b a r l y k$

ululygyny we nusga ölçeg serişdesiniň döredýän san bahalarynyň ölçenilmegine düşünilýär. Başgaça aýdanynda ölçenýän ululygyny ýerine nusganyň belli ululygyny goýmak bilen ölçeg geçirmek. Mysal üçin pružinli terezide ýük çekmek (4.4,ç-nji, 4.5-nji surat). Ölçeg 2 tapgyrdan durýar. Başda terezä çekilýän massany ýerleşdirmeli we onuň görkezijisiniň görkezýän ýagdaýyny bellemeli. Soňra bolsa ölçenýän massa ( $m_x$ ) bilen çeküw daşynyň massasy ( $m_0$ ) çalşyrylýar. Tereziniň görkezijisiniň 1-nji ýagdaýy bilen gabat gelýänçä çeküw daşlary çalşyrylýar. Haçanda  $m_x = m_0$  bolanda çeküw daşlarynyň agramy boýunça gözlenýän ululyk tapylýar

Gabat getirme metody diýip şkalalaryň belliginiň ýa-da periodiki signallaryň gabat gelişini ulanyp ölçenýän ululyk bilen nusga ölçeg serişdesiniň döredýän ululygynyň tapawudyny ölçemeklige aýdylýar. Başgaça aýdanynda şkalalaryň belligini ýa-da periodiki signallaryň gabat gelişini ula-nyp ölçenýän ululyk bilen nusga ölçeg serişdesiniň döredýän ululygynyň arasyndaky tapawut kesgitlenilýär. Noniusly ştangensirkulyň we mikrometriň kömegi bilen zadyň uzynlygyny ölçemek muňa mysal bolup biler.

## V. ÖLÇEG SIGNALLARY

**Ölçeg signallary we olaryň klassifikasiýasy. Ölçeg signallarynyň matematiki aňladylyşy. Ýönekeý we çylşyrymly ölçeg signallaryň matematiki modelleri. Ölçeg signallarynyň diskretleşdirilişi we kwantlaşdyrylyşy. Signallaryň dikeldilişi. Modulirleme we detektirleme.**

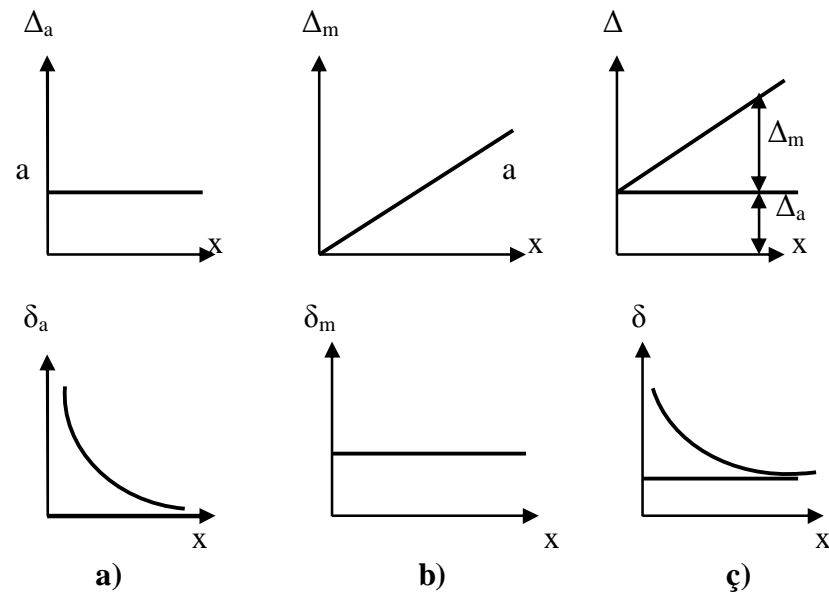
Signal – bu gözegçilik edilýän (öwrenilýän) käbir obýektiň ýagdaýy hakyndaky informasiýany beriji (geçiriji, çekiji) fiziki hadysadyr (ýa-da prosessdir). Signal latyn sözi bolup ol yşarat, önünden habar berme, alamat, habar beriji bellik ... ýaly mazmuny berýär. Signal diýip ölçenýän fiziki ululyk bilen haýsy hem bolsa bir parametri funksional baglanyşykly bolan fiziki hadysa (proses) görnüşli informasiýany geçirijä (özünde saklaýjy we berijä) aýdylýar.

Ölçeg signaly diýip öwrenilýän fiziki ululyk hakynda mukdar taýdan informasiýany özünde saklaýan signala aýdylýar. Başgaça aýdanynda ölçeg signaly - bu ölçenýän fiziki ululyk hakynda mukdar informasiýadyr. Ölçeg signallary örän köp görnüşe eýedir. Olaryň dürli alamatlar boýunça klassifikasiýasy 5.1-nji suratda görkezilen.

Ölçeg signallary analog (üznüksiz), diskret (üznükli) we sanly görnüşlere bölünýärler.

Üznüksiz (analog) görnüşli signal diýip üznüksiz ýa-da böllekleyin üznüksiz funksiýa  $U_a(t)$  bilen häsiýetlendirip (ýazyp) bolýan signala aýdylýar (5.2, a sur.). Funksiýa  $U_a(t)$  we onuň argumenti  $t$  berlen aralykda dürli bahalary alyp bilýärler.

Üznükli görnüşli (diskret) signal diýip wagta görä ýa-da derejesi (beýikligi) boýunça üznükli (diskret) üýtgeýän signala aýdylýar (5.2, b- surat). 1-nji ýagdaýda  $U_d(t)$  funksiýa wagtyň diskret pursatlary  $nT$  (bu ýerde  $T = \text{const}$  – wagt peridy,  $n = 0, 1, 2, \dots$  bütin san) dürli bahalary alyp biler. 2-nji ýagdaýda  $U_d(t)$  funksiýa wagtyň dürli (üznüksiz) pursatlarynda ( $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$ )



**10.1-nji surat. Absolýut we otnositel görnüşdäki additiw (a), multiplikatiw (b) we jemleýji (ç) ýalňyşlyklar.**

Eger absolýut esasy ýalňyşlygyň ýol bererlik çäkleri 10.2 – nji formula bilen berilse onda otnositel esasy ýalňyşlygyň ýol bererlik çäkleri aşakdaky formula bilen aňladylýarlar:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} 100\% = \pm [c + d \left( \left| \frac{X_g}{x} \right| - 1 \right)], \quad (10.5)$$

bu ýerde  $c$  – priboryň jemleýji otnositel ýalňyşlygy;  $d$  – priboryň additiw otnositel ýalňyşlygy;  $X_g$  – ölçeg diapazonynyň gyraky bahasy.  $a, b, c, d$  sanlar özara baglanyşyklydyrlar we aşaky formulalar bilen aňladylýarlar

bu ýerde  $x$  – ölçenýän ululygyň bahasy;  $a$  we  $b$  - -  $x$ -a baglanyşyksyz položitel sanlar.

10.1-nji formula ölçeg serişdesiniň arassa additiw ýalňyşlygyny suratlandyrýar (10.1,a-nji surat). 10.2-nji formula bolsa ölçeg serişdesiniň additiw we multiplikatiw ýalňyşlyklarynyň jemini (10.1,ç-nji surat) suratlandyrýar.

Ölçeg geçirilende ölçeg serişdesiniň (priboryň) ölçeg diapazonynyň möhüm ähmiýete eýedigini otnositel jemleýji ýalňyşlygyň  $\delta$  grafiginden görüňär (1,ç-nji surat). Ölçenýän ululyk  $x$  azalanda ölçeg serişdesiniň otnositel ýalňyşlygy  $\delta$  artýar we giperbola boýunça üýtgeýär.

10.1-nji we 10.2-nji formulalaryndaky absolýut ýalňyşlygyň ( $\Delta$ ) we ölçenýän ululygyň ( $x$ ) bahalary birwagtda ýaha ölçenýän ululygyň, ýa-da ululygyň täzeden döredilen ölçeginiň, ýa-da ölçeg serişdesiniň şkalasynyň bölümlerinde aňladylýarlar. Bu ýagdaýlarda takyklyk synpy latyn alfawitiniň baş harplary (mysal üçin L, M, we ş.m.), ýa-da rim sanlary (I, II we ş.mn.) bilen belenilýärler. Ýalňyşlyklaryň ýol bereliik (rugsat edilen) çäkleri kiçi boldygyça) alfawitiň başlangyç harplary we kiçi sanlar ulanylýarlar.

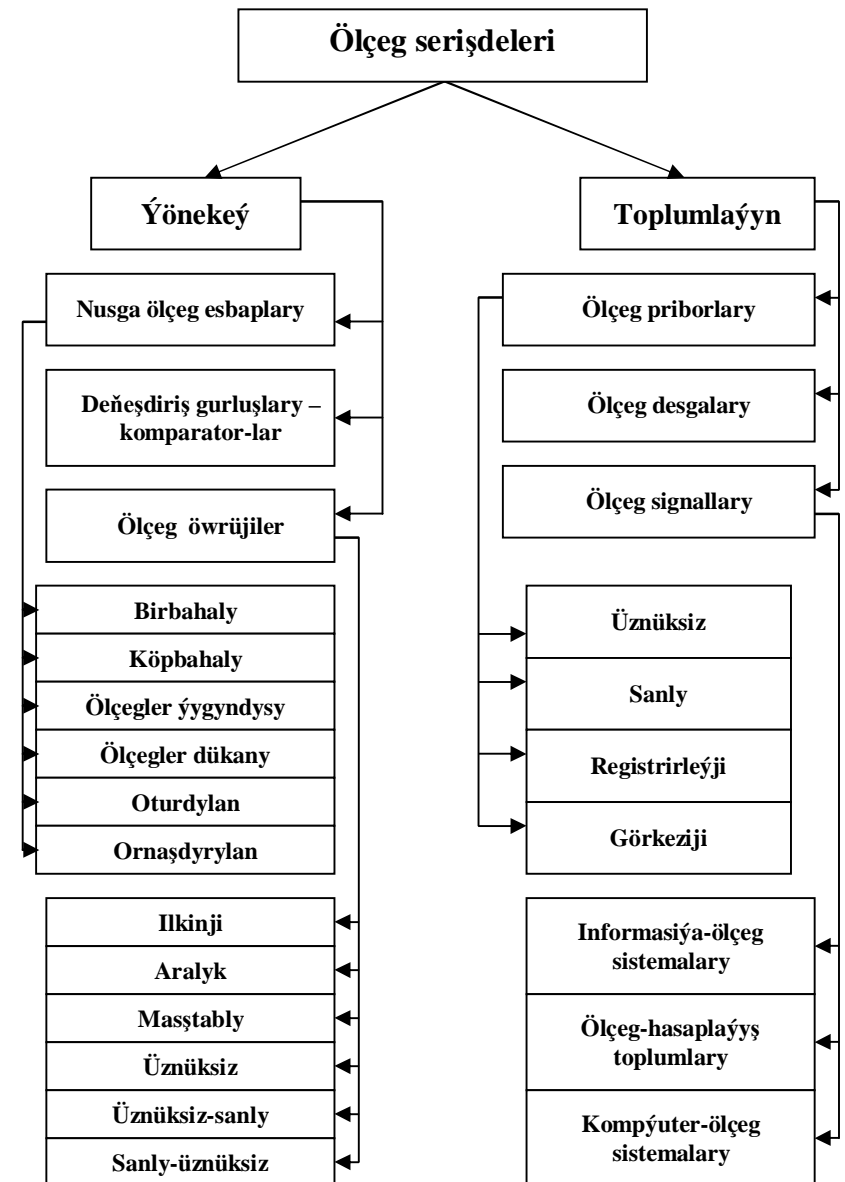
Getirilen esasy ýalňyşlygyň ýol bererlik çäkleri aşakdaky formula bilen aňladylýarlar

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} 100 \% , \quad (10.3)$$

bu ýerde  $X_N$  - absolýut ýalňyşlygyň birliginde aňladylan kadalaşdyryjy baha.

Otnositel esasy ýalňyşlygyň ýol bererlik çäkleri aşakdaky formula bilen aňladylýarlar (eger ýalňyşlyk 10.1 –nji formula boýunça berilse, ýagny  $\Delta = \pm a$ )

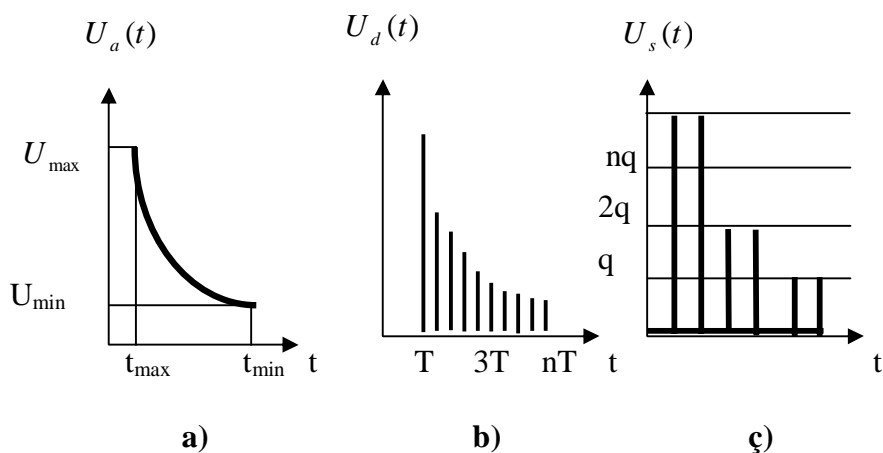
$$\delta = \frac{\Delta}{x} 100\% . \quad (10.4)$$



5.1.-nji surat. Ölçeg serişdeleriniň klassifikasiýasy

ençeme diskret baha  $h_i = nq$  (bu ýerde  $q$  – diskret san bahasy,  $n = 0, 1, 2, \dots$  bütin san) eýe bolup biler.

Sanly signal diýip çäkli sanly diskret derejeleri bolan signala aýdylýar. Derejeleri kesgitli mukdardaky razrýadlary bolan sanlar bilen belgilemek mümkin. Sanly signalda onuň diskret bahalary  $U_s(t)$  bütin sanlar bilen çalşyrylýar (5.2, ç – surat). Köplenç  $U_s(t)$  funksiýa ikileýin kodyň sanlary (0 we 1) bilen çalşyrylýar. Wagta görä üýtgeýşi bilen ölçeg signallary hemişelik (amplitudasy wagtyň geçmegi bilen üýtgemeýän).



**5.2-nji surat. Ölçeg signallarynyň görnüşleri: a – üznüksiz (analog); b – üznükli (diskret); ç – sanly we üýtgeýäne (mgnowen bahasy wagta görä çalşýan) bölünýärler.**

Üýtgeýän signallar wagta görä yzygider we impulsly bolup bilýärler. Yzygider signallaryň parametrleri wagta görä yzygider üýtgeýär. Impulsly signal – bu çäkli gysga wagtyň dowamynda noldan düýp – göter tapawutlanýan kesgitli energiýasy bolan signal.

Matematiki nukdaýnazardan ähli ölçeg signallary 2 sany esasy toparlara bölünýärler: determinirlenen (wagtly – wagtynda gaýtalanýan) we tötänleýin.

almak kyn we köp zähmeti talap edýän işdir. Ol diňe ýokary takyklyk talap edilende özüni ödeýär. Önümçilikdäki we gündelik durmuşdaky ölçeglerde munuň ýaly takyklyk mydama gerek däl. Emma muňa garamazdan bolup biläýjek ölçeg ýalňyşlygynyň dural düzüjisi hakynda käbir informasiýa gerekdir we şonuň üçin ol haýsy hem bolsa bir görnüşde görkezilmelidir. Esasan munuň ýaly informasiýa ölçeg serişdeleriniň takyklyk synpynyň görkezmesiniň düzüminde (içinde) bardyr.

Ölçeg serişdeleriniň takyklyk derejesi – bu esasy we goşmaça ýalňyşlyklaryň çäkleri, hem-de takyklyga täsir edýän ölçeg serişdeleriniň beýleki häsiýetleri bilen kesgitlenýän ölçeg serişdeleriniň umumylaşdyrylan häsiýetnamasydyr.

Ölçeg serişdeleriniň absolýut ýalňyşlygy umumy görnüşde additiw (ölçenýän ululyk bilen goşulýan) we multiplikatiw (ölçenýän ululyga köpeldilýän) düzüjilerden durýar. Ýalňyşlygyň additiw düzüjisiniň ýüze çykmagynyň sebäpleri: ölçeg başlamazdan ön noluň nätakyk goýulmagy, hemişelik toguň zynjyrynda termo E.H.G. bolmagy we ş.m. bolup bilerler. Bu ýalňyşlyklary aýyrmak üçin köp priborlarda şkalanyň ýa-da sanly indikatoryň (nolyň korrektory) nolyňy sazlamak üçin mehaniki ýa-da elektron guruluşlar goz önünde tutulandyr. Multiplikatiw ýalňyşlygyň ýüze çykmagynyň sebäpleri: güýçlendirijiniň güýçlendiriş koeffisiýentiniň üýtgemegi, ölçeg öwürüjisiniň geçiriş koeffisiýenti we ş.m. bolup bilerler.

Ölçeg priborynyň (ölçeg serişdesiniň) ulanmaga rugsat edilendäki iň uly (maksimal) esasy ýalňyşlygyna esasy ýalňyşlygyň ý o l b e r e r l i k (rugsat edilýän) çägi diýip atlandyrylýar.

Absolýut esasy ýalňyşlygyň ýol bererlik çägi aşakdaky formulalar boýunça aňladylyr

$$\Delta = \pm a, \quad (10.1)$$

$$\text{ýa-da} \quad \Delta = \pm (a + bx), \quad (10.2)$$

Ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetlerine ölçegleriň ýalňyşlyklaryna we netijelerine täsir edýän häsiýetler deňşlidir. Olaryň içinden birnäçe esasyalaryny tapawutlandyryp bolar:

- Graduirowka häsiýetleri. Olar çykyş signalynyň giriş signalyna baglanyşygyny, ölçegleriň çägin, analog priborlar üçin şkalanyň bölünüşiniň bahasyny, sanly priborlaryň sanly kodynyň görnüşini we parametrini kesgitleýärler;
- Dinamiki (wagta görä üýtgeýän) häsiýetleri. Olar, ölçeg serişdeleriniň we ölçegleriň dinamiki ýalňyşlyklary kesgitlenende gerek bolýan, inersiýa häsiýetlerini görkezýärler;
- Ölçeg ýalňyşlyklarynyň gural (instrument) düzüjileri;
- Täsir ediş funksiýalary. Olar ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetleriniň täsir edýän ululyklara (mysal üçin tok çeşmesiniň ýygylgy we naprýaženiýasy, daşky gurşawyň temperaturasy we ş.m.) baglylygyny görkezýär.

Ölçeg serişdelerini ulanmagyň kadaly şertleri üçin metrologiki häsiýetler kadalaşdyrylýarlar. Kadaly şert diýip täsir edýän ululyklar netijesinde metrologiki häsiýetleriň üýtgemesiniň örän az (ýagny hasaba almazlyk mümkin) ýagdaýyna düşünilýär.

Ölçeg serişdeleriniň örän köp görnüşlerini ulanmak üçin kadaly şertler: daşky gurşawyň temperaturasy  $(20 \pm 10)^\circ\text{S}$ ; iýmitlendiriji çeşmäniň naprýaženiýasy  $(220 \pm 4,4)\text{V}$  we ýygylgy  $(50 \pm 0,5)\text{Gs}$  we beýlekiler. Metrologiki häsiýetleriň in esasyalarynyň biri bolup ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlygy – ölçegiň gural ýalňyşlygy durýar.

Daşky täsir edýän ululyklaryň kadaly çägendäki döreyän gural ýalňyşlygy e s a s y diýip atlandyrylýar.

Täsir edýän ululyklaryň kadaly ýaýlanyň çäginden daşyna çykmagy g o s m a ç a d i ý i p atlandyrylýan gural ýalňyşlyklarynyň ep-esli düzüjisiniň ýüze çykmagyna getirip biler.

Elektrik ululyklaryny ölçeýji serişdeler üçin esasy we gaşmaça ýalňyşlyklar aýratynlykda kadalaşdyrylýar.

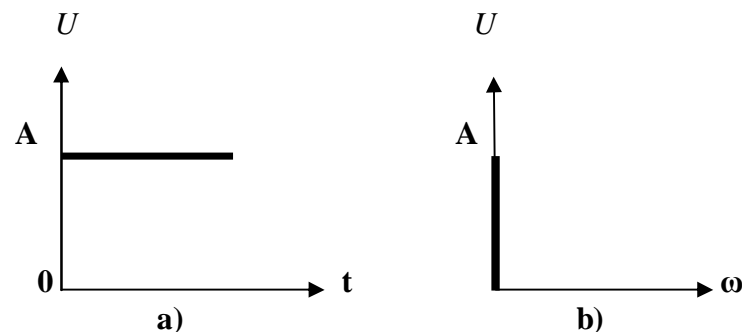
Ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygy hasaplananda ölçeg serişdeleriniň kadalaşdyrylan metrologiki häsiýetlerini hasaba

Determinirlenen signal diýip wagtyň islendik pursatynda mgnowen bahasy takyk belli, ýagny bire deň bolan ähtimallyk bilen önünden aýdyp bolýan, signallara aýdylýar. Nusga ölçeg signallary muňa mysal bolup biler.

Tötänleýin signallar diýip wagtyň islendik pursatynda mgnowen bahasy belli däl we 1-e deň bolan ähtimallyk bilen önünden aýdyp bolmaýan signallara aýdylýar. Tötänleýin signallar durnukly (stasionar) we durnukly däl signallara bölünýärler. Durnukly (stasionar) signallar diýip wagta görä statiki häsiýetleri üýtgemeyän tötänleýin signallara aýdylýar. Beýleki tötänleýin signallar durnukly däl.

Ýönekeý (elementar) ölçeg signallaryna wagta görä hemişelik signal, ýeke-täk aýratyn (selçeň) we sinusoidal görnüşli funksiýalar, hem-de delta-funksiýa bilen beýan edilýän signallar deňşlidirler.

**Hemişelik signal** signallaryň içinde in ýönekeýi bolup ol  $U = A$  (bu ýerde  $A$  signalynyň ýeke-täk parametri) görnüşli matematiki model bilen beýan edilýär. Hemişelik signalynyň wagta  $t(a)$  we ýygylgy  $\omega(b)$  görä grafiki aňladylyşy 5.3-nji suratda görkezilen.



**5.3-nji surat. Hemişelik signalynyň wagta (a) we ýygylgy (b) görä grafiki aňladylyşy.**

**Ýeke-täk aýratyn funksiýa, käwagt Hewisaýda funksiýasy** diýip hem atlandyrylýar, aşakda görkezilen deňleme bilen beýan edilýär:

$$\sigma(t - t_0) = \begin{cases} 0, t < t_0 \\ t \geq t_0 \end{cases} \quad (5.1)$$

Ol  $t_0$  wagty pursatynda bir baha (parametre) eýedir. Onuň grafiki modeli 5.4-nji suratda görkezilen.

**Delta funksiýa.** Tükeniksiz uly amplitudaly tükeniksiz gysga impulslyň nazary modeline seredip geçeliň (5.4, b –nji surat).

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty, t = 0; \\ 0, t \neq 0. \end{cases} \quad (5.2)$$

Şu görnüşli impulsyň meýdany hemişe 1 deň:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = 1, \quad (5.3)$$

$\delta(t)$  görnüşli funksiýa delta-funksiýa, aýratyn impuls, ýa-da Dirak funksiýasy diýip atlandyrylýar. Onuň fiziki ölçegi gaýtalanýan ýygylgyňky ýaly –  $s^{-1}$ . Delta funksiýany wagty oky boýunça  $t_0$  aralyga (5.4, b –nji surat) süýşirilende (5.2) we (5.3) aňlatmalary aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

## X. ÖLÇEG SERIŞDELERINIŇ TAKYKLYGyny WE YGTYBARLY IŞLEYŞINI KESGITLEMEK. SYNAG – GÖZEGÇLIK GULLUGY

**Ölçeg abzallarynyň takyklygyny kesgitlemek.** Ölçeg serişdeleriniň metrologiki ygtybarlygy barasynda düşüňjeler. Ulanylýan döwründe ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalarynyň üýtgeýşi. Ölçeg serişdeleriniň metrologiki ygtybarlygynyň görkezijileri. Ölçeg abzallarynyň metrologiki abatlygyny gazanmagyň usullary. Ölçeg serişdeleriniň takyklygyny ýokarlandyrmagyň usullary. Ölçeg serişdeleriniň gradirowka we kalibrowka edilişi. Ölçeg serişdeleriniň abatlygyny barlamagyň usullary. Ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlyklaryny düzetmegiň usullary. “Türkmenstandartlary” gullugy we onuň synag-gözegçilik wezipeleri. Sertifikat barada düşüňje.

Her bir ölçeg informasiýasy – ölçeg ýalňyşlyklary we netijeleri, tejribe üsti bilen alynýan (empiriki) baglanyşyklar we ş.m. – ölçeg takyklygynyň görkezijileri bilen berilmelidirler. Ölçeg ýalňyşlyklaryny we netijelerini birmeňzeş aňlatmak (görkezmek) maksady bilen birtipli (görnüşli) ölçeg takyklygynyň görkezijileri we ölçeg netijelerini görkezmegiň görnüşini ulanylmalydyr. Ölçeg ýalňyşlyklary we netijeleri anyklananda in köp ýaýran ýalňyşlyk olar hasaplananda we ýazgy edilende ýüze çykýar.

Ölçegleriň birligini we ölçeg serişdeleriniň özara oruntmagyny (çalyşmagyny) üpjün etmek üçin olaryň metrologiki häsiýetleri kadalaşdyrylýarlar (normirlenýärler) we reglamentleşdirilýärler. Bu maksat bilen ýalňyşlygyň kadalaşdyrylan bahalary ulanylýarlar. Kadalaşdyrylan baha diýip ölçeg serişdeleriniň seredilýän görnüşini üçin in ýokary, ýagny ýolbererlik bolan ýalňyşlygyna düşünilýär.

$$\mu_k = \sum_{i=1}^n (x_i - m_1)^k p_i . \quad (9.39)$$

Merkezi momentlerden tötänleýin ululygynyň dispersiýasy  $D$  ( $k = 2$ ) esasy orny eýeleýär.

$$D_k = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_1)^2 f(x) dx, \quad (9.40)$$

$$D_k = \sum_{i=1}^n (x_i - m_1)^2 p_i . \quad (9.41)$$

Tötänleýin ululygynyň dispersiýasy onuň aýry-aýry bahalarynyň pytramasyny häsiýetlendirýär. Dispersiýa tötänleýin ululygynyň kwadratynyň ölçegine eýedir.

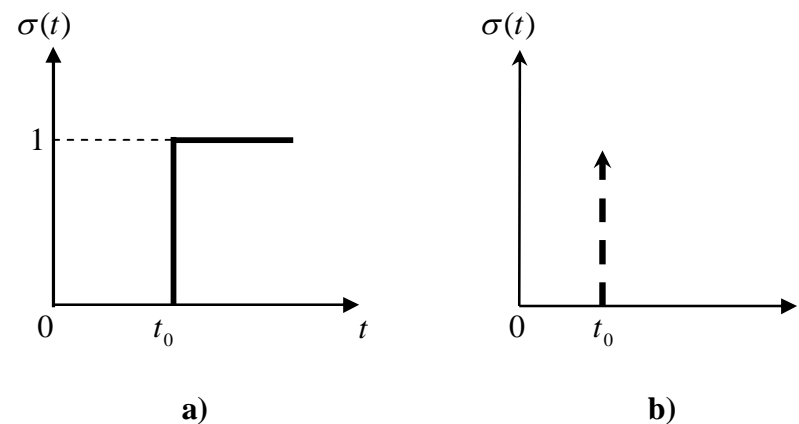
$$\delta(t - t_0) = \begin{cases} \infty, & t = t_0; \\ 0, & t \neq t_0. \end{cases} \quad (5.4)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t - t_0) dt = 1. \quad (5.5)$$

Delta funksiýa matematikada, fizikada we ölçeg tehnikasynda giňden ulanylýar.

Goý  $f(t)$  wagta görä üznüksiz funksiýa bolsun. Onda soňky (5.4) we (5.5) formulalar boýunça

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \delta(t - t_0) dt = f(t_0) \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t - t_0) dt = f(t_0), \quad (5.6)$$



**5.4-nji surat. Ýeke-täk aýratyn (a) we delta (b) funksiýalaryň modelleriniň grafiki aňladylyşy.**

Soňky (5.6) aňlatma delta funksiýanyň süzüjilik (filtrleýji) häsiýetini aňladýar. Delta – funksiýanyň bu häsiýeti signallary wagta görä diskret (bölejikleýin) görnüşde görkezmäge mümkinçilik berýär.

Ýeke-täk (aýratyn) we delta funksiýalaryň özara baglanyşygyny aşakdaky aňlatmalar bilen görkezip bolar:

$$\sigma(t-t_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t-t_0) dt, \quad (5.7)$$

$$\delta(t-t_0) = \frac{d[\sigma(t-t_0)]}{dt}$$

Ölçeg serişdelerinde dürli görnüşe eýe bolan köp sanly ölçeg signallary ulanylýar. Olaryň käbirine seredip geçeliň:

**1) Göniburçly impulsar.** Hyýaly ýeke-täk (aýratyn) göniburçly impuls (5,a-nji surat) aşakda görkezilen deňleme bilen aňladylýar:

$$U(t) = U_m [\sigma(t-t_0) - \sigma(t-t_0 - \tau)]. \quad (5.8)$$

Ýagny ol 2 sany wagta görä  $\tau$  ululyga süýşirilen aýratyn funksiýalaryň tapawudy görnüşinde emele gelýär (5.5, a surat).

Göniburçly impulsalaryň yzygiderligi ýeke-täk impulsalaryň jemidir.

$$U(t) = \sum_{k=0} U_m [\sigma(t-kT) - \sigma(t-kT - \tau)] \quad (5.9)$$

dan hasaplanyp başlanýan bolsa oňa başlangyç moment, eger paýlanyşyk kanunynyň merkezinden başlanýan bolsa oňa merkez moment diýilýär.

$k$  – tertibiň başlangyç momenti aşakdaky formulalar bilen kesgitlenýär:

$$m_k = \int_{-\infty}^{+\infty} x^k f(x) dx, \quad (9.34)$$

Bu formula üznüksiz tötänleýin ululygy häsiýetlendirýär.

$$m_k = \sum_{i=1}^n x_i^k p_i, \quad (9.35)$$

Bu formula diskret tötänleýin ululygy häsiýetlendirýär. Bu ýerde  $p_i$  - diskret ululygyň ýüze çykmak ähtimallygy.

Başlangyç momentlerden tötänleýin ululygyň matematiki garaşmasy ( $k=1$ ) iň köp gyzyklanma deredýär.

$$m_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx, \quad (9.36)$$

$$m_1 = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (9.37)$$

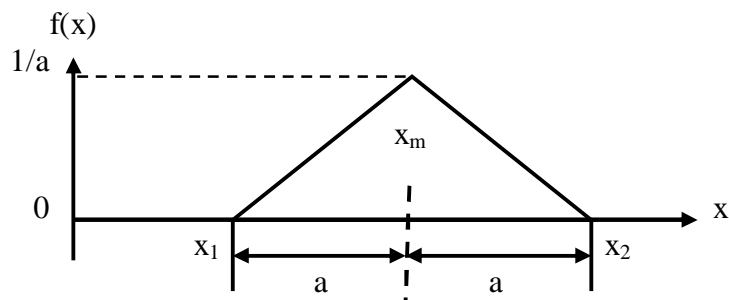
$k$  - tertibiň merkezi momenti aşakdaky formulalar bilen kesgitlenýär:

$$\mu_k = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-m_1)^k f(x) dx, \quad (9.38)$$



$$f(x) = \begin{cases} 0, x < X_m - a; x > X_m + a; \\ \frac{1}{a+b}, X_m - b \leq x \leq X_m + b; \\ \frac{X_m + a - x}{a^2 - b^2}, X_m + b \leq x \leq X_m + a \end{cases} \quad (9.32)$$

ç) Uçburçy (Simpson) paýlanyşygy



$$f(x) = \begin{cases} 0, x < X_m - a; x > X_m + a; \\ \frac{x - X_m + a}{a^2}, X_m - a \leq x \leq X_m; \\ \frac{X_m + a - x}{a^2}, X_m \leq x \leq X_m + a; \end{cases} \quad (9.33)$$

$X_m, a, b$  - paýlanyşygyň parametrleri.

Tötänleýin ululygyň hususy häsiýetlerini beýan etmek üçin paýlanyşygyň san häsiýetnamasy ulanylýar. San häsiýetnamasy hökmünde tötänleýin ululyklaryň başlangyç we merkez momentleri hyzmat edýär. Bularyň hemmesi käbir orta bahany berýär. Özem eger ululyklar koordinatalar başlangyjyn-

Ony beýan etmek üçin 3 parametri bilmek hökmandyr: amplitudany  $U_m$ , dowamlylygy  $\tau$  we periody  $T$  (5.5, b - nji surat).

Tebigatda hyýaly göniburçly impulsar duş gelmeýärler. Hakyky (real) impulslarda signalyň noldan amplituda bahasyna ( $\tau_0$ ) çenli we tersine ( $\tau_y$ ) üýtgemek wagty kesgitli baha eýedir ( $\tau_0$  we  $\tau_y$ ). Diýmek hakyky impulsar trapesiýa görnüşde bolar.

Trapesiýa görnüşli impulsar hem hakyky (real) impulsaryň hyýallaşdyrylmasydyr. Hakyky impulsar has çylşyrymly görnüşdedirler.

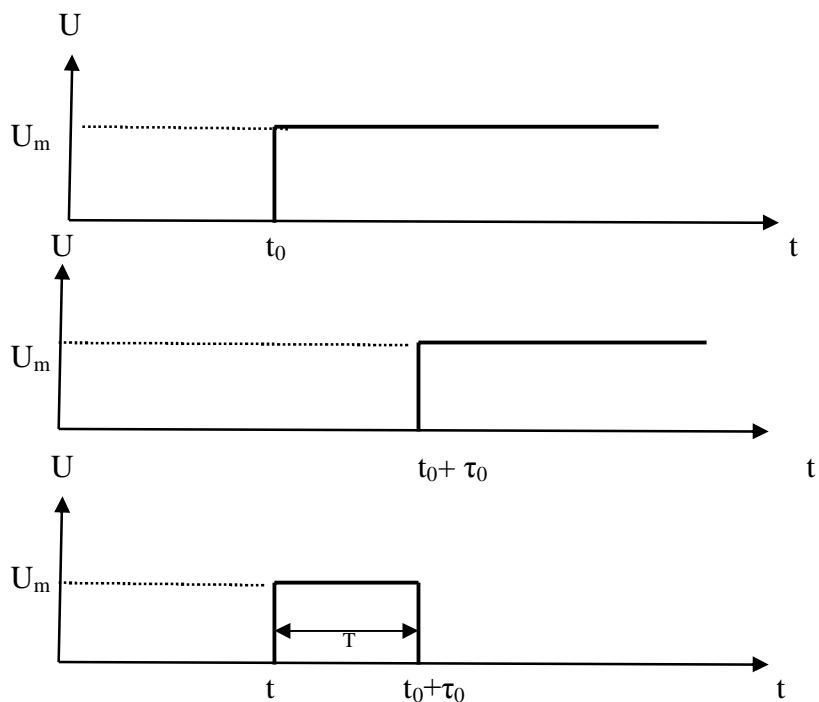
**2) Çyzykly uçastokly signallar.** Ölçeg sereşdeleri ýasalanda çyzykly uçastokly periodiki (belli bir wagtdan gaýtalanýan) signallar giňden ulanylýar. Muňa öňi bilen çyzykly alamaty (belligi) we birpolýarly çyzykly üýtgeýän signallar degişlidir (5.6-nji surat). Çyzykly üýtgeýän alamatly (belgili) signal aşakdaky deňleme bilen aňladylýar:

$$U(t) = \begin{cases} 4U_m t / T, & t \in [0; T/4]; \\ 4U_m (T/4 - t) / T + U_m, & t \in [T/4; 3T/4]; \\ 4U_m (t - 3T/4) / T - U_m, & t \in [3T/4; T] \end{cases} \quad (5.10)$$

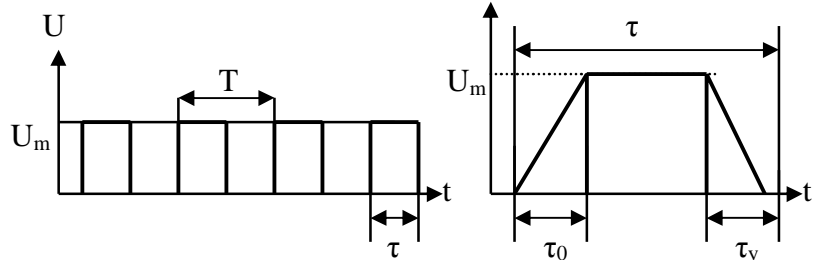
**3) Modulirlenen signallar.** Modulirlenen signal diýip iki ýa-da ondan köp signallaryň özara täsiriniň netijesinde emele gelýän signala aýdylýar. Modulýasiýa - bu ölçeg signalynyň  $X(t)$  durnukly (stasionar) signalyň haýsy hem bolsa bir parametrine täsiri. Köplenç, äkidiji (çekiji) diýip atlandyrylýan, durnukly signal hökmünde garmoniki (sinusoidal) ýyrgyldy

$$U(t) = U_m \sin(\omega_0 t + \varphi), \quad (5.11)$$

ýa-da impulsaryň yzygiderligi saýlanylyp alynýar.



a)

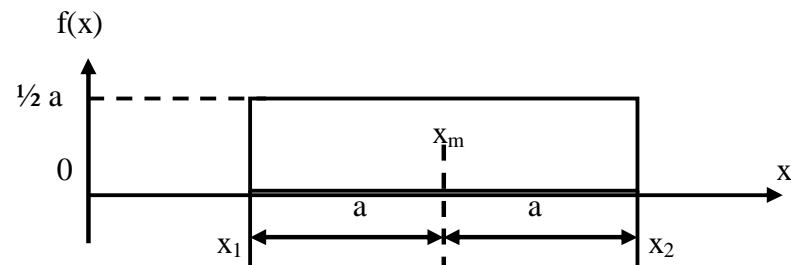


b)

ç)

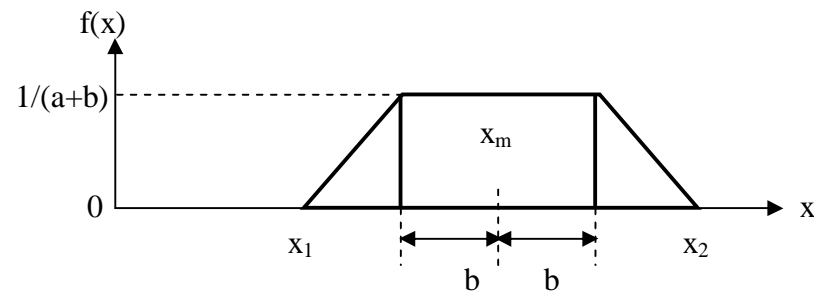
5.5-nji surat. Hyýaly gönüburçly impulsyň emele gelişi (a), gönüburçly impulsalaryň yzygiderligi (b) we trapesiýa görnüşli impuls (ç):  $\tau$  – impulsyň dowamlylygy,  $T$  – period,  $U_m$  - impulsyň amplitudasy,  $t$  – wagt.

a) Deňölçegli paýlanyşyk aşaky deňleme bilen aňladylyar



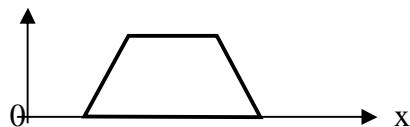
$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < X_m - a, x > X_m + a \\ a/2, & X_m - a \leq x \leq X_m + a \end{cases} \quad (9.31)$$

b) Trapesiýa görnüşli paýlanyşyk



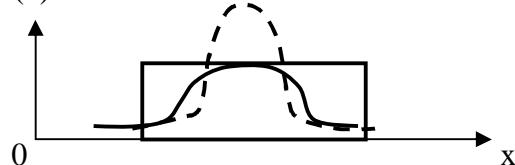
1) **tekiz gerişli (trapesiýa görnüşli) paýlanyşyk:**

$f(x)$



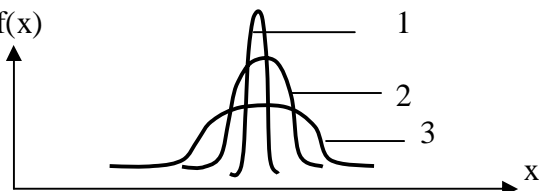
2) **tekiz gerşe ýakyn paýlanyşyk**

$f(x)$

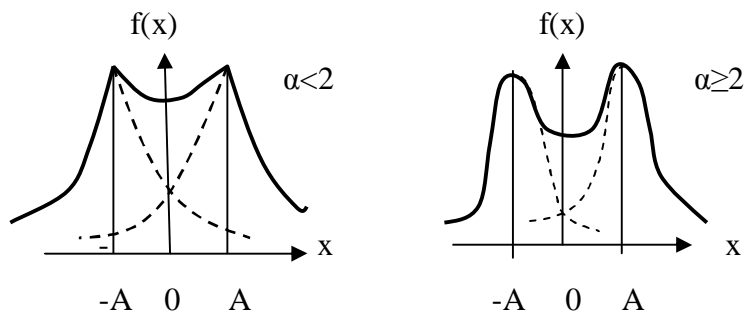


3) **eksponensial paýlanyşyk (mysal üçin Gaussyň paýlanyşygy)**

$f(x)$

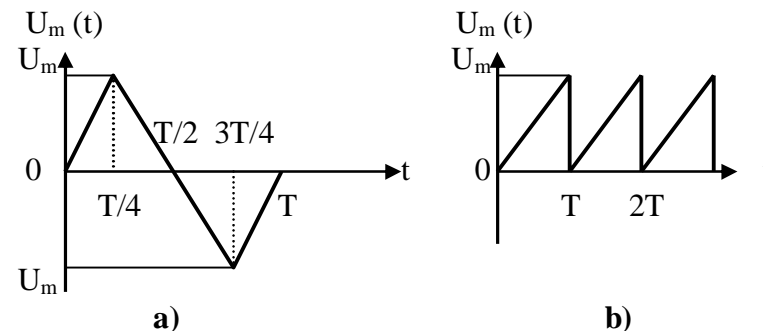


4) **ikimoduly paýlanyşyk**



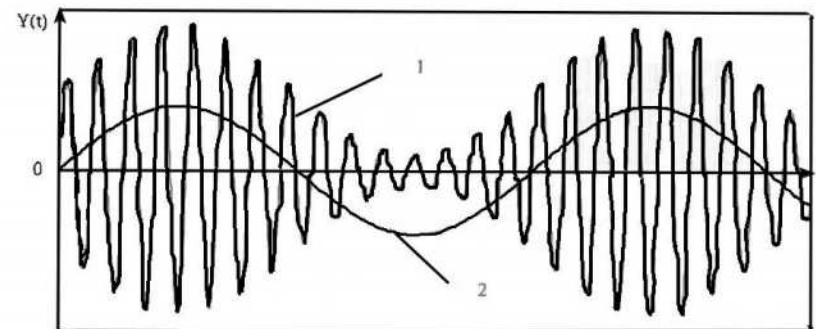
**9.3-nji surat. Tötänleýin ululyklaryň paýlanyşygynyň görnüşleri.**

Modulýasiýa ters bolan fiziki prosesse “demodulýasiýa”, ýa-da “detektirmek” diýilýär. Demodulýasiýanyň esasy meselesi – bu mümkin boldugyça modulirleýji signalyň düzümindäki  $X(t)$  informasiýany doly dikeltmeklikdir.



**5.6-nji surat. Çyzykly üýtgeýän alamaty (a) we birpolýarly çyzykly üýtgeýän (byçgy dişi görnüşli) (b) signallar**

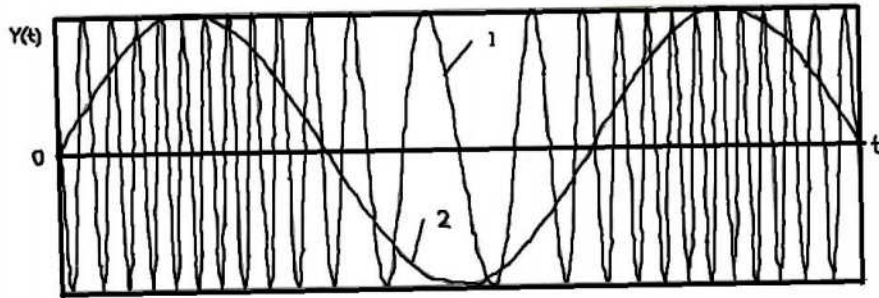
Garmoniki modulirlenen signallaryň iň ýönekeýi amplitudasy boýunça modulirlenen signaldyr (5.7-nji surat).



**5.7-nji surat. Amplituda boýunça modulirlenen (1) we modulirleýji (2) signallar.**

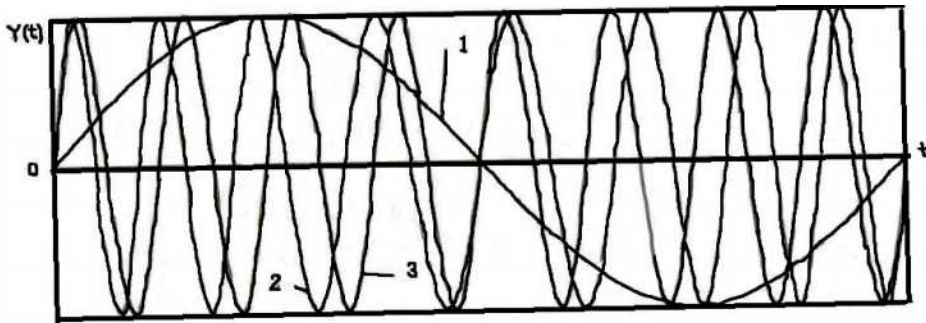
Amplitudasy boýunça modulirlenen signalda ölçeg informasiýasy äkidiji sinusoida görnüşli signalyň amplitudasynyň düzüminde bolýar (saklanýar).

Ýygylýk boýunça modulýasiýada ölçeg informasiýasy modulirlenen signalyň ýygylýgynyň düzüminde bolýar (saklanýar) (5.8-nji surat).



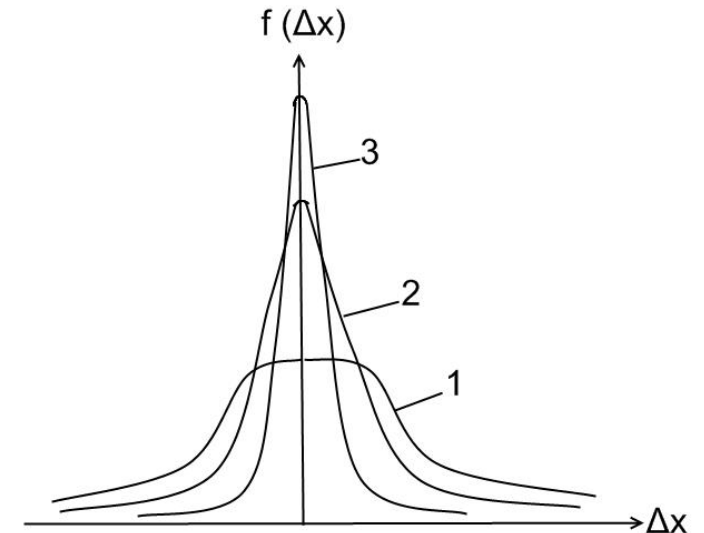
**5.8-nji surat. Ýygylýk boýunça modulirlenen (1) we modulirleýji (2) signallar.**

Faza boýunça modulýasiýada ölçeg informasiýasynyň signaly äkidiji yrgyldylaryň fazasyna täsir edýär (5.9-njy surat).



**5.9-njy surat. Modulirleýji (1), faza boýunça modulirlenen (2) we direg (3) signallary.**

Geçen asyryň aýagyndan başlap ölçeg tehnikaşynda impuls we impuls-kod boýunça modulirlenen signallar giňden ulanylyp başlandy.



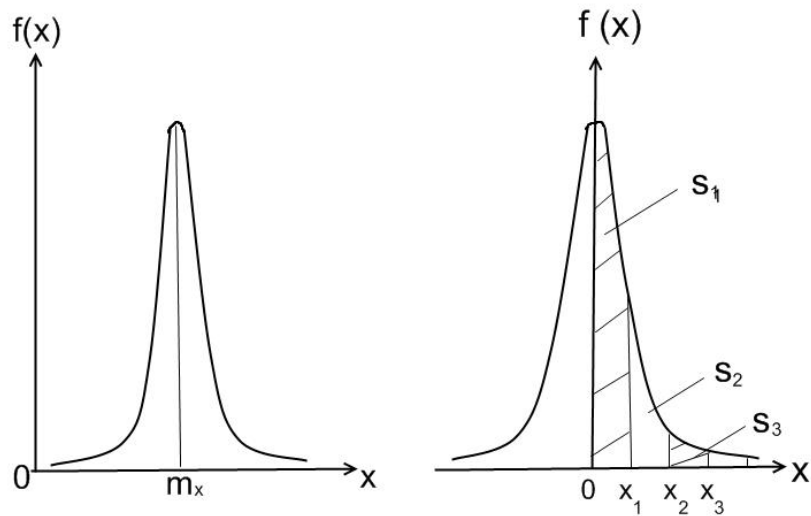
**9.2-nji surat. Gözegçiligiň (ölçeğiň) netijeleriniň pytramasy (ýaýramasy).**

Egrileri deňeşdirmek bilen orta kwadratik gyşarma az boldugyça gözegçiligiň netijeleriniň pytramasynyň hem az bolýandygyna göz ýetirip bolýar. Ýagny tötänleýin ýalňyşlyklaryň orta kwadratik gyşarmasy näçe kiçi bolsa şonça hem ölçegiň hili ýokarydyr.

Metrologiýada ulanylýan tötänleýin ululyklaryň paýlanyşyk kanunlarynyň shemasynyň görnüşleri (9.3-nji surat).

Mysal hökmünde trapesiýa görnüşli paýlanyşyga seredeliň. Trapesiýa görnüşli paýlanyşyga deňölçeqli; trapesiýa we üçburçly (Simpson) paýlanyşyklar degişlidirler

## VI. ÖLÇEG SERİŞDELERİ WE OLARYŇ METROLOGIKI HÄSIÝETLERI.



9.1-nji surat. Adaty paýlanyşyklaryň egrileri (grafikleri).

Dürli orta kwadratik gyşarmaly ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ) adaty paýlanyşyklary grafikde görkezeliň (9.2-nji surat).

Egrileri deňeşdirmek bilen orta kwadratik gyşarma az boldugyça gözegçiligiň netijeleriniň pytramasynyň hem az bolýandygyna göz ýetirip bolýar. Ýagny tötänleýin ýalňyşlyklaryň orta kwadratik gyşarmasy näçe kiçi bolsa şonça hem ölçegiň hili ýokarydyr.

Ölçeg serişdeleri barasynda umumy düşüňjeler. Ölçeg serişdeleriniň görnüşleri: ölçeg öwürjileri we abzallary, ölçeg nusgasy, deňeşdirmе gurluşy, ölçeg desgalary we ulgamlary. Termoelektrik öwürjiler. Kömekçi ölçeg gurallary. Ölçeg serişdeleriniň klassifikasiýasy. Gün radiasiýany, ýylylyk akymyny we temperaturany ölçemegiň usullary we ölçeg enjamlary. Elektrik akymynyň güýjini we naprýaženiýasyny ölçemek üçin niýetlenen ampermetrleriň we woltmetrleriň esaslanýan fiziki hadysalary. Ýylylyk meýdanynyň şekilini görkezijileriň (termowizorlar) gurluşynyň shemasy we işleýşi. Ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetnamalary we takyklygy.

Adamyň durmuşynda ölçeg örän wajyp orny eýeleýär. Ölçegler biziň töweregimizi gurşap alýan dünýä hakyndaky düşüňjämizi has giň we düşnükli edýär. Ylmyň we tehnikanyň ösüşi ölçeg abzallarynyň we ölçegleriň kämillik derejesi bilen kesgitlenýär diýip aýtsa bolar. Başgaça aýdanynda ölçegler biziň ylmy we amaly akyl ýetirişimiziň çeşmesi bolup hyzmat edýär.

Metrologiýa ylmy köp asyrlaryň dowamynda alymlar tarapyndan ösdürildi we häzirki zaman derejesine ýetirildi. Metrologiýa – ölçegler, ölçegleriň umumylygyny (birmeňzeşligini) we isleg bildirilýän takyklygyny gazanmagy üpjün edýän usullar hem-de serişdeler, enjamlar hakyndaky ylymdyr. Metrologiýanyň esasy düşüňjesi – ölçeg.

Ölçeg serişdesi – bu, belli bir wagt aralygynda ölçegi hemişelik diýip kabul edilen fiziki ululygyň birligini täzeden dikeldýän (öndürýän) ýa-da ýatda saklaýan, kadalaşdyrylan metrologiki häsiýetna-maly ölçeg üçin niýetlenen tehniki serişdedir. Bu kesgitleme ölçeg serişdesiniň metrologiki häsiýetini açyp görkezýär. Ýagny ölçeg serişdesiniň metrologiki häsiýeti

onuň fiziki ululyklaryň birligini saklap (ýa-da dikeldip) bilmeği, hem-de wagtyň geçmegi bilen saklanýan birligiň ölçegleriniň üýtgemezligini (hemişeligini) üpjün edip bilme-gidir. Ölçeg serişdesi daşky gurşawyň täsiri astynda we köp wagtyň dowamynda ölçenýan ululygyň birligini hemişelik saklamany we dikeltmäni üpjün edýän şertlerinde tejribäni kanagatlandyryýan takyklyk bilen ölçeg geçirmek mümkin.

Ölçenýän ululyklaryň köplügi we olaryň bahalarynyň giň çäklerde üýtgemegi ölçeýji apparatlaryň gurluşynyň esasyny düzýän dürli görnüşli ylmy prinsipleriň (ýörelgeleriň), usullaryň döremegine getirýär. Mysal üçin, dürli ýygylýk çäklerinde (diapazonynda) ölçegi üpjün edýän ölçeg usullaryň we abzallaryň gurluşy öz aralarynda düýpli tapawutlanyp bilerler.

Ylmyň we tehnikanyň dürli pudaklarynda ulanylýan ölçeg serişdeleri örän köp görnüşli. Ýöne bu köplükden haýsy pudakda ulanylýanyna garamazdan ähli ölçeg serişdelerine mahsus bolan käbir umumy alamatlary tapawutlandyryp bolýar

Esasy ölçeg serişdelerine nusga ölçeg esbaplary (çekuw daşlary, uzynlyk ölçeýji – metr), deňeşdiriş gurluşlary, ölçeg öwrüjileri, ölçeg abzallary, ölçeg desgalary we ölçeg sistemalary (ulgamlary) degişlidir. Elbetde, bulardan daşary kömekçi ölçeg enjamlary hem ulanylýar.

Ölçegiň ýerine ýetiriliş tertibi boýunça ölçeg serişdeleri 2 topara bölünýärler: ýönekeý we toplumlaýyn (6.1-nji surat).

Ýönekeý ölçeg serişdeleri göni ölçegiň aýry-aýry amallaryny (operasiýalaryny) ýerine ýetirmek üçin niýetlenendir. Olara nusga ölçeg esbaplary, deňeşdirme gurluşlary we ölçeg öwrüjileri degişlidir. Olaryň her haýsysy aýratynlykda alanynda ölçeg geçirmegi amala aşyryp bilmeýär.

**Nusga ölçeg esbapy** – Nusga ölçeg esbapy – bu fiziki ululygyň bir ýa-da birnäçe kesgitli bahalaryny dikeltmäge (gaýtalamaga) niýetlenen ölçeg serişdesidir. Mysal üçin çekuw daşlary, ölçeg kondensatorlary, uzynlyk (aralyk) ölçeýjiler – lineýkalar, ölçeg ruletkalary we ş.m. Birbahaly ölçeýji – bir ölçegli fiziki ululygy dikeldýär. Mysal üçin, çekuw daşlary,

Köpgezektlik ölçegde i-nji ölçegiň netijesiniň tötänleýin  $\xi_{\psi_i}$  we hemişelik gaýtalanýan  $\xi_{\theta_i}$  ýalňyşlyklary saklaýan ýagdaýyna seredeliň :

$$X_i = X_{\zeta} + \xi_{\psi_i} + \xi_{\theta} . \quad (9.29)$$

Soňky deňlemenden  $X_i$  bahasyny (9.25)-nji formula goýup ölçegiň netijesiniň bahasyny aşakdaky görnüşde alarys:

$$\tilde{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = X_{\zeta} + \xi_{\theta} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{\psi_i} \quad (9.30)$$

Soňky formuladan görnüşi ýaly köpgezektlik ölçegler we olaryň sanyny  $n$  artdyrmak ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygynyň gaýtalanýan düzüjisine  $\xi_{\theta}$  täsir etmeýär , ýöne tötänleýin düzüjisini  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{\psi_i}$  azaldýar (aýry-aýry tötänleýin ýalňyşlyklaryň dürli alamatlylarynyň hasabyna) .

Ýalňyşlyklaryň adaty (normal) paýlanyşynyň koordinatlar okuna simmetrikdigine geçen mowzuklarda seredip geçdik (9.1-nji surat).

Grafiklerden görnüşi ýaly hatda sany köp bolmadyk ýoýulmalaryň (üýtgemeleriň) jemleýji täsiri netijeleriň we ölçegleriň ýalňyşlyklarynyň adaty kanuna golaý paýlanyşygyna getirýär. Paýlanyşygyň adaty kanunynda uly ýalňyşlyklara görä kiçi ýalňyşlyklaryň köp (ýygý-ýygýdan) duş gelyňligi grafiklerden gelip çykýar. Ýagny  $S_1$  meýdan bilen häsiýetlendirilýän  $O$ - dan  $x_1$  – e çenli aralykdaky ýerleşýän ýalňyşlyklaryň ýüze çykmak ähtimallygy  $x_2$ -den  $x_3$  – e çenli aralykdaky (meýdany  $S_3$ ) ýalňyşlyklaryň ýüze çykmak ähtimallygyndan has ýokarydyr.

Ululygyň çyn manysynyň  $x_{\check{c}}$  bahasyny  $\tilde{X} = \tilde{A} = \tilde{m}_1$  bilip her bir ölçegiň absolýut ýalňyslygy kesgitlenilýär:

$$\xi_{\psi i} = X_i - \tilde{X} \quad (9.26)$$

Soňra ölçeg metodynyň takyklygyny häsiýetlendirýän orta kwadratik gyşarmanyň  $\sigma$  bahasy tapylýar.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \xi_{\psi i}^2}, \quad (9.27)$$

Ululygyň çyn manysynyň  $x_{\check{c}} = A_{\check{c}}$  ölçenýän bahasy  $\tilde{X} = \tilde{A}$  ölçegleriň sanyna (n) bagly bolyp ol tötänleýin ululykdyr. Şonuň üçin  $\tilde{X} = \tilde{A}$  ululygyň orta kwadratik gyşarmasy hasaplanylýar. Ol ölçeg netijesiniň orta kwadratik gyşarmasynyň bahasy diýip atlandyrylýar  $\tilde{\sigma} = S(\tilde{A})$ . Bu orta kwadratik gyşarma (OKG) çyn baha  $x_{\check{c}} = A_{\check{c}}$  görä  $\tilde{X} = \tilde{A}$  bahalaryň ýaýramasynyň (dargamasynyň) derejesini häsiýetlendirýär we dürli n üçin aşadaky formula bilen kesgitlenilýär:

$$\tilde{\sigma} = S(\tilde{A}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (9.28)$$

Soňky (9.27) we (9.28) aňlatmalardan görnüşi ýaly metodyň takyklygy we köp gezeklik ölçegiň netijesiniň takyklygy n sanyň artmagy bilen ýokarlanýar.

lineýkalar, ölçeg rezistorlary, hemişelik göwrümiň ölçeyji kondensatorlar, normal elementniň EHG-si we beýlekiler.

Köpbahaly ölçeyji – dürli ölçegli köpsanly biratly ululyklary dikeldýär. Mysal üçin, potensiometr, üýtgeýän göwrümlü kondensator we ş.m. Bulardan başgada ölçegler ýygındysyny, ölçegler dükanyny, oturdylan we ornaşdyrylan ýönekeý ölçeyjileri tapawutlandyryrlar.

**Deňeşdirme gurluşy (komparator)** – bu ölçeg serişdesi bolup, ol birhilli ululyklaryň ölçeglerini, ýa-da ölçeg priborlarynyň görkezýän bahalaryny özara deňeşdirmäge mümkinçilik berýär.

Ölçeg informasiýasynyň (habarynyň) signallaryny ibermäge, işläp taýýarlamaga ýa-da saklamak üçin amatly görnüşe özgert-



6.1-nji surat. Çekuw daşlary we lineýkalar

mäge (geçirmäge) niýetlenen ölçeg serişdelerine – **ölçeg öwürüjileri** diýilýär.

Ölçeg öwürüjileri dürli – dürli görnüşdedirler. Olar: termojübütler, garşylyk termometrleri, suwuklyk termometrleri, ölçeg şuntlary, ölçeg elektrodлары, pH – metrler we beýlekiler.

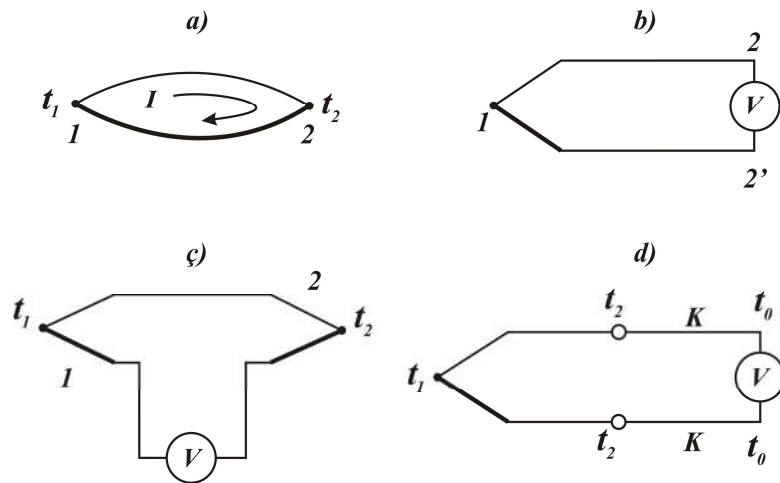
Ölçeg öwürüjileri haýsy hem bolsa bir fiziki hadysa ýa-da effekte esaslanýar.

Ölçeg öwürüjileri – geçirmäge, öwürmäge, gaýtadan işlemäge we saklamaga amatly gornüşdäki ölçeg

informasiýasynyň signalyny öndürmäge niýetlenen ölçeg serişdesidir.

Ölçeg zynjyryndaky ýerleşşi boýunça öwrüjiler 3 topara bölünýär: ilkinji ölçeg öwrüjileri, aralyk öwrüjiler we masştably öwrüjiler.

Ilkinji öwrüji – ölçeg öwrüjisi bolmak bilen, ol ölçeg zynjyrynda ilkinji bolup durýan. Mysal üçin termoelektrik termometriň zynjyryndaky termojübit (6.2-nji surat).



6.2-nji surat. Termoelektrik zynjyrlary.

Aralyk öwrüji ölçeg zynjyrynda ilkinji öwrüjiden soň ýerleşýär.

Masştably öwrüji – ululygyň ölçegini ýa-da ölçeg signalyny kesgitlemek üçin niýetlenendir. Mysal üçin: naprýaženiýany bölüji, toguň ölçeg transformatory, ölçeg güýçlendirijisi we ş.m.

Giriş we çykyş ululyklaryň görnüşi boýunça ölçeg öwrüjileri aşakdakylara bölünýärler:

- üznüksiz (analog), ýagny bir üznüksiz ululygy beýleki üznüksiz ululyga öwrüji;
- üznüksiz-sanly, ýagny üznüksiz ölçeg signalyny sanly koda öwürmäge niýetlenen;

$$\delta A = \frac{dA}{da} \delta a. \quad (9.23)$$

Bu düzdünler çyzykly däl kese ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygyny hasaplamaga mümkinçilik berýär.

Kese ölçegiň netijesi we onuň ýalňyşlygy aşakdaky formuladaky görnüşde berilmelidir:

$$x_c = \tilde{A} \pm \xi(p_d), \quad (9.24)$$

bu ýerde  $\tilde{A} = \tilde{x}$  - ölçegiň netijesi bolup ol ululygyň çyn bahasyndan ( $X_c = A_c$ ) tapawutlanýar we tötänleýin ululykdyr,  $\pm \xi(P_d)$  – kese ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygynyň ynanyp bolýan çägi,  $P_d = P(\tilde{x} - \Delta < x_c < \tilde{x} + \Delta)$  – ulanyp bolýan ähtimallyk.

Barlagy ýönekeýleşdirmek üçin goý şol bir ululyk ( $X_c = A_c$ ) köp gezek ( $n$ ) ölçenende (göni ölçegleriň mysalynda) hemişelik gaýtalanýan ýalňyşlyk  $\xi_0$  bütinleý aýrylýar (nola deň) diýip çak edeliň. Onda  $i$ -nji ölçegiň (gözegçiligiň) netijesi käbir absolýut tötänleýin ýalňyşlyk bilen tapylýar  $x_i = x_c + \xi_{\psi i}$ . Absolýut tötänleýin ýalňyşlygy  $\xi_{\psi i} = x_i - x_c$  görnüşde ýazyp bölýär.

Tötänleýin ýalňyşlygyň  $\xi_{\psi i}$  kadaly kanun boýunça paýlanyşygy ýerine ýetende çyn ululyga  $x_c = A_c$  derek onuň köp gezek ýerine ýetirilen ölçegleriň matematiki garaşmasyna  $m_1$  deň optimal bahasy  $\tilde{x} = \tilde{A}$  kabul edilýär. Ýagny  $\tilde{x} = \tilde{A} = \tilde{m}_1$  ölçegiň netijesi diýip kabul (çak) edilýär:

$$\tilde{x} = \tilde{A} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (9.25)$$



1-nji D ü z g ü n. Jemlerdäki we tapawutlardaky ýalňyşlyklar. Eger  $\mathbf{a}_1$  we  $\mathbf{a}_2$  ululyklar  $\Delta \mathbf{a}_1$  we  $\Delta \mathbf{a}_2$  ýalňyşlyklar bilen ölçenen bolsa we ölçenen ululyklar jemleri, ýa-da tapawutlary  $\mathbf{A} = \mathbf{a}_1 \pm \mathbf{a}_2$  hasaplamaga ulanylýan bolsa, onda absolýut ýalňyşlyklar (alamatyny hasaba alman) jemlenilýär:

$$\Delta A = \Delta a_1 + \Delta a_2. \quad (9.19)$$

2-nji D ü z g ü n. Köpeltmekdäki we paýdaky (bölmekdäki) ýalňyşlyklar. Eger ölçenen  $\mathbf{a}_1$  we  $\mathbf{a}_2$  bahalar  $\mathbf{A} = \mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{a}_2$ , ýa-da  $\mathbf{A} = \mathbf{a}_1 / \mathbf{a}_2$  hasaplamak üçin ulanylýan bolsalar, onda otnositel ýalňyşlyklar jemlenilýär:

$$\delta A = \delta a_1 + \delta a_2, \quad (9.20)$$

bu ýerde  $\delta a = \Delta a / a$ .

3-nji D ü z g ü n. Ölçenen ululyk takyk sana köpeldilýär. Eger  $\mathbf{a}$  köpeltmek hasylyny  $\mathbf{A} = \mathbf{B} \mathbf{a}$  (bu ýerde  $\mathbf{B}$  ululygyň ýalňyşlygy ýok) hasaplamaga ulanylýan bolsa, onda

$$\delta A = |B| \delta a. \quad (9.21)$$

4-nji D ü z g ü n. Derejä götermek. Eger  $\mathbf{a}$  gerejäni  $\mathbf{A} = \mathbf{a}^n$  hasaplamaga ulanylýan bolsa, onda

$$\delta A = n \delta a. \quad (9.22)$$

5-nji D ü z g ü n. Bir üýtgeýän argumentli funksiýadaky ýalňyşlyk. Eger  $\mathbf{a}$  funksiýany  $\mathbf{A}(\mathbf{a})$  hasaplamak üçin ulanylýan bolsa, onda

- sanly-üznüksiz, ýagny sanly kody üznüksiz ululyga öwürmäge niýetlenen.

Ölçeg öwürjileri örän köp görnüşlidir. Ýöne olaryň hemmesi kadalaşdyrylan (normirlenen) metrologiki häsiýete eýedirler. Ölçeg öwürjilerine termojübütler, toguň we naprýaženiýanyň ölçeg transformatorlary, ölçeg güýçlendirijileri we ş.m. degişlidirler.

Termoelektrik öwürjiler (termojübütler) tejribe üsti bilen geçirilýän ylmy-barlaglarda we tehniki serişdelerde örän giňden ulanylýar. Bu öwürjiler temperaturany ölçemek üçin peýdalanylýar (6.3-njy surat). Termojübüdiň işleýşiniň prinsipi 6,a-njy suratda düşündirilýär. Suratda 2 sany dürli geçirijilerden (A we B) düzülen termoelektrik zynjyr görkezilen. Geçirijileriň birleşýän 1 we 2 nokatlaryna termojübüdiň sepleri diýilýär. Eger 1 we 2 seplerdäki temperatura  $t$  birmeňzeş bolsa, onda termoelektrik zynjyrdaky tok ýokdur. Eger sepleriň birinde (mysal üçin, 1-nji sep) temperatura beýlekisinden ýokary bolsa, onda zynjyrdaky sepleriň temperaturasy bagly bolan termoelektrik hereketlendiriji güýç TEXG (E) döreýär:

$$E = f(t_1 - t_2), \quad (6.1)$$

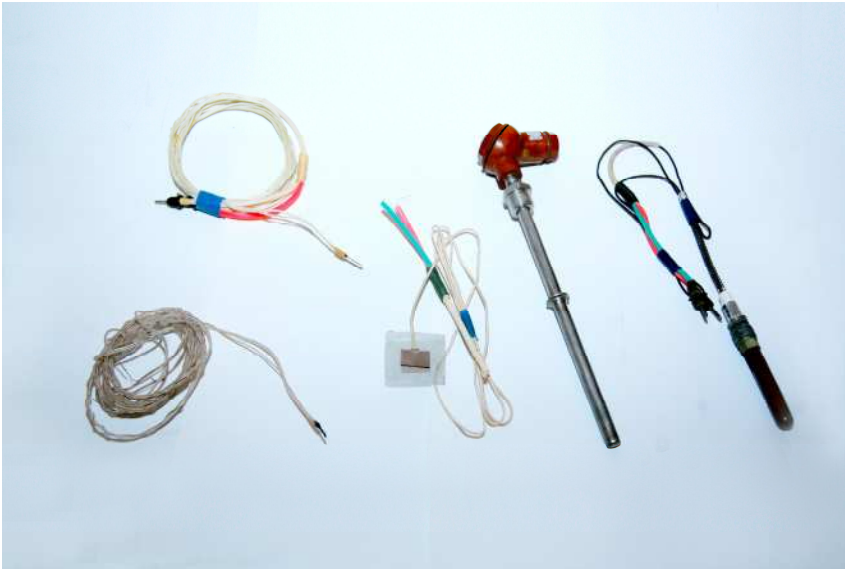
Eger 2 –nji sepiň temperaturasy hemişelik saklanylsa

$$E = f(t_1). \quad (6.2)$$

Temperaturany termojübütler bilen ölçenilende soňky alynan baglanyşyk ulanylýar. TEXG ölçemek üçin elektrik ölçeýji pribor 2-nji sepiň üzülen ýerine birleşdirilýär (6.2.,b-nji surat).

Ölçeg priboryny “elektroda” birleşdirmek mümkinçiligi hem bar. Onuň üçin haýsy hem bolsa bir termoelektrod üzülip, şol ýere bolsa ölçeg pribory birleşdirilýär (5,ç-nji surat). Bu shema 6.1-nji

formuladan görnüşi ýaly temperaturalaryň tapawudyny ( $t_1 - t_2$ ) ölçemäge mümkinçilik berýär. Bu shemada 1-nji sep “gyzgyn” (işçi) sep diýip, 2-nji sep bolsa “sowuk” sep diýip atlandyrylýar.



**6.3-njy surat. Termojübütler.**

Termojübütleriň boş uçlaryny hemişelik temperaturada saklamak talabyny berjaý etmek üçin olary ýerinden (“gyzgyn” elektrotndan) mümkin boldugyça daşlaşdyrylýar. Şu maksat bilen kompensasiýa (K) häsiýeti bolan ýörite uzaladyjy simler ulanylýar (5, d-nji surat).

Käbir termojübütleriň ölçeg geçirilende ulanylýan diapazonyna seredip geçeliň (6.1-nji tablisa).

Geçirilýan ölçegleriň temperatura diapazonyna baglylykda dürli termojübütler saýlanylýp alynýar.

Ölçeg öwürjiniň çykyşyndaky alynýan informasiýany (maglumaty) adatça gözegçi adam gös-göni duýup bilmeýär.

Mähriban Prezidentimiz ýurdumyzda ylmyň ileri tutulýan ugurlaryny kesgitledi. Şolaryň arasynda alternatiw, ýagny Gün, ýel, geotermal energiýa çeşmelerini halk hojalygynda ulanmagyň

$$\Delta A(p) = k \sqrt{\sum_{i=1}^m b_i^2 \Delta a_i^2}, \quad (9.16)$$

Bu ýerde  $k$  – kabul edilen ynanyp bolýan ähtimallyk bilen kesgitlenýän koeffisiýent ( $P = 0,95$  diýip kabul edilse  $k = 1,1$ ).

Çyzykly däl kese ölçegleriň ýalňyşlyklaryny hasaplamagyň esasynda (9.13)-nji deňleşmedäki funksiýany linearizasiýa etmek we soňra ölçeg netijelerini edil çyzykly ölçegleriňki ýaly gaýtadan işlemek usuly ýatýar.

Funksiýanyň doly differensialy üçin (9.13)-nji aňlatmany aşakdaky görnüşde ýazalyň:

$$dA = \frac{\partial A}{\partial a_1} da_1 + \frac{\partial A}{\partial a_2} da_2 + \dots + \frac{\partial A}{\partial a_m} da_m. \quad (9.17)$$

Argumentleriň ölçeg ýalňyşlyklarynyň argumentiň nominal (belli) bahalary bilen deňeşdirilende hemişe az (kiçi) ululyga eýedigini göz önünde tutup, soňky geňleşmedäki (9.17) argumentleriň differensiallarynyň  $da_i$  ölçeg ýalňyşlyklary  $\Delta a_i$  edil şonuň ýalyda funksiýanyň differensialyny  $dA$  ölçeg netijesiniň ýalňyşlygy  $\Delta A$  bilen çalşyp bolýar:

$$dA = \frac{\partial A}{\partial a_1} \Delta a_1 + \frac{\partial A}{\partial a_2} \Delta a_2 + \dots + \frac{\partial A}{\partial a_m} \Delta a_m. \quad (9.18)$$

Bu ýerde argumentleriň ýalňyşlyklarynyň paýlanyşygy deňölçegli kanuna boýun egýär diýip kabul edilen.

Soňky (9.18) formulany ulanyp kese ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygyny hasaplamagyň ýönekeý düzgünlerini alarys:

netijesiniň ýalňyşlygyna goşantlarynyň funksiýanyň (9.13) görnüşine baglylygy kese ölçegleriň aýratynlyklary bölüp durýar.

Ýalňyşlyklary kesgitlemek üçin kese ölçegleri çyzykly we çyzykly däl kese ölçeglere bölmek möhümdir.

Çyzykly kese ölçeglerde ölçeg geňlemesi aşakdaky görnüşde aňladylýar:

$$A = \sum_{i=1}^m b_i a_i, \quad (9.14)$$

bu ýerde  $b_i$  – argumentleriň ( $a_i$ ) hemişelik koeffisiýentleri.

Beýleki dürli funksional baglanyşyklar (9.13)-nji çyzykly däl kese ölçeglere degişlidir.

Çyzykly kese ölçegleriň netijesi (9.14)-nji formula boýunça argumentleriň ölçenen bahalaryny goýup hasaplanylýar.

Argumentleriň ölçeg ýalňyşlyklary özleriniň çäkleri  $\Delta a_i$ , ýa-da ynanyp bolýan çäkler  $\Delta a(p)$  bilen berilip biliner.

Argumentleriň sany az bolanda ( $a_i < 5$ ) ölçeg netijesiniň ýalňyşlygyny,  $\Delta A$  alamatlaryny hasaba alman, argumentleriň ýokary (gyraky) ýalňyşlyklaryny ýönekeý jemlemek bilen alynýar:

$$\Delta A = \Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n. \quad (9.15)$$

Emma bu gereginden artyk (artykmaç) ýokarlandyrylan bahadyr. Sebäbi munuň ýaly jemlemeklik birwagtyň özünde ähli argumentleriň ölçeg ýalňyşlyklarynyň in ýokary (maksimal) baha eýedigini we alamatlary boýunça gabat gelýändiklerini aňladýar. Munuň ýaly gabat gelmegiň ähtimallygy nola ýakyndyr. Has takyk bahany tapmak üçin argumentleriň ýalňyşlyklaryny statistiki jemlemeklige geçmeli. Ýagny:

wajyplygy bellenildi. Gün radiasiýasyny ölçemek üçin ilkinji öwürjiler bolan aktinometrler we albedometrler ulanylýar.

**6.1-nji tablisa.**

№	Termojübütler	Ulanlyýan diapazony, °S
1.	Mis – kopel	-200...100
2.	Hromel – kopel	-200...600
3.	Hromel – alýumel	-200...1000
4.	Platinorodiý (10% Rh) – platina	0...1300
5.	Platinorodiý (30% Rh) – platinorodiý (6% Rh)	300...1600
6.	Wolframreniý (5% Re) – wolframreniý (20% Re) we beýlekiler	0...2200

**Aktinometr** (grek sözleri aktis – şöhle, metreo - ölçeyän) göni gün radiasiýasynyň akymynyň dykzlygyny ölçemek üçin abzal (6.4-nji surat).

Aktinometriň işleýiş prinsipi göni gün radiasiýasyny termobatareýanyň kömegi bilen siňdirip termotoga öwürmege esaslanýar. Termotoguň güýji ölçenilýän radiasiýanyň

intensiwligine proporsionallykda kesgitlenilýär. Aktinometrde radiasiýany kabul ediji hökmünde kümüş folgadan ýasalan disk hyzmat edýär. Diskiň güne bakdyrylýan tarapy gara örtük bilen örtülen. Diskiň beýleki ýüzüne ýyllyz görnüşinde yzygider birleşdirilen 36 sany termoelementiň içki sepi ýerleşen. Termoelementleriň daşky sepi mis halkajygyna birleşdirilen. Termoelementler kümüş diskden we mis halkajygyndan izolirlenen. Ölçeg geçirmek üçin aktinometriň Güne tarap gönükdirilmegini gazanmaly.



**6.4-nji surat. Aktinometr.**

**Albedometr** (latyn sözi albus – aýyk reňk, grek sözi metreo - ölçeyän) dürli fiziki jisimleriň albedosyny ölçemek üçin abzal (6.5-nji surat).

koeffisiýent. Önuň ýerine Stýudentiň koeffisiýentini ulanyp bolýar.

Eger ýalňyşlygyň tötänleýin düzüjisi ynanyp bolýan çäkler  $\Delta x_i$  bilen berilen bolsa, onda ölçegiň netijesiniň tötänleýin ýalňyşlygynyň ynanyp bolýan çägi aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$\psi_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta x_i^2}. \quad (9.12)$$

Birgezeklik ölçegiň netijesiniň aýrylmadyk gaýtalanýan ( $\theta$ ) we tötänleýin ( $\psi$ ) ýalňyşlyklarynyň bahalaryny aýratynlykda alyp olary özara deňeşdirmek maksada laýykdyr. Eger iki düzüjisinem hökman hasaba almaly bolsa, onda olaryň jemlenilişi (9.7)-nji formula boýunça amala aşyrylýar. Birgezeklik ölçegiň netijesi  $x \pm \Delta$  görnüşde ýazylýar.

Kese ölçeglerde öwrenilýän fiziki ululygyň gözlenilýän bahasy onuň (öwrenilýän ululygyň) göni ölçegler arkaly tapylýan ululyklar bilen arasyndaky belli funksional baglanyşyklarynyň esasynda tapylýar.

Kese ölçegleriň deňlemesi aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$A = f(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (9.13)$$

Bu ýerde  $x_1, x_2, \dots, x_m$  - ululyklaryň göni ölçegleriniň netijeleri.

Her bir argument  $x_i$  käbir ýalňyşlyk bilen ölçenilýänligi sebäpli ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygyny kesgitlemek meselesi argumentleri ölçemekligiň (ölçemekde ýüze çykýan) ýalňyşlyklaryny jemlemeklige syrykdyrylýar. Emma argumentler ölçenendäki ýüze çykýan aýry-aýry ýalňyşlyklaryň ölçegiň

Köp sanly tehniki ölçeglerde ölçeg bir gezek geçirilýär. Adaty önümçilik şertlerinde olaryň takyklygy ýeterlikdir. Ýönekeýligi, ýokary öndürijilikliligi we pes bahasy birgezeklik göni ölçegleriň artykmaç taraplarydyr.

Birgezeklik ölçeg  $x$  özünde ýalňyşlygyň usul, gural we şahsy düzüjilerini jemleýär. Olaryň her haýsysynda ýalňyşlygyň gaýtalanýan ( $\theta$ ) we tötänleýin ( $\psi$ ) düzüjileri bölup biler.

Aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygyň çägi hökmünde ölçeg serişdeleriniň esasy we goşmaça ýalňyşlyklary, hasap düzedişleriniň ýalňyşlyklary we beýlekiler kabul edilýär.

Jemleýji aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygyň ynanyp bolýan çägin

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (9.10)$$

formula boýunça hasaplanylýar.

Tötänleýin ýalňyşlyklaryň düzüjileri tejribe üsti bilen köp gezeklik ölçegiň (gözegçiligiň) netijesi esasynda orta kwadratik gyşarma  $\sigma_i$ , ýa-da  $\Delta x$  –niň ynanyp bolýan çäkleri boýunça berilip biliner.

Birinji ýagdaýda ölçegiň netijesiniň jemleýji tötänleýin ýalňyşlygynyň ynanyp bolýan çägi

$$\psi_y = t_q \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2}, \quad (9.11)$$

formula boýunça kesgitlenilýär. Bu ýarde  $\sigma_i$  – i-nji düzüjiniň orta kwadratik gyşarmasynyň bahasy,  $t_q$  – ynanyp bolýan ähtimallyga we ölçegiň (gözegçiligiň) sanyna bagly



6.5-nji surat. Albedometr.

Albedometriň işleýiş prinsipi gün radiasiýasynyň EHG öwürmegine esaslanýar. Albedometrdäki termoelementleriň tak sepleri gara reňkde, jübütleri bolsa ak bolup yzygider birleşdirilen. Albedometriň termobatareýasyna düşýän gün radiasiýasy ak seplere göre gara sepler tarapyndan köp siňdirilýänligi sebäpli EHG döreýär. Döreýän termotogy duýgur galwanometr arkaly ölçenilýär. Albedometr arkaly umumy, serpikdirilen we pytradylan radiasiýany ölçäp bolýar

**Kömekçi gönükdiriji-yzarlaýjy gurluş.** Her gezek ölçeg geçirilende, Günüň älem giňişliginde ýerleşýän ýerine tarap aktinometri gönükdirmek gerek bolýar. Bu bolsa köp wagta alýar we ölçegiň takyklygyna täsir edýar. Şu sebäpli ýörite aktinometri Güne tarap awtomatiki gönükdiriji-yzarlaýjy gurluş işlenip taýýarlanylady (6.6-njy surat).

Aktinometri Güne tarap gönükdiriji-yzarlaýjy gurluş FSD-1 kysymly 4 sany fotorezistordan, IDR-6 kysymly 2 sany elektrik hereketlendirijiden we kölege ekranyndan durýar. Aktinometr we

gönükdiriji we gün şöhlelerini yzarlaýjy gurluşyň fotorezistorlary özara durnukly berkidilen we bir ugra gönükdirilen.



**6.6-njy surat. Aktinometri Güne tarap gönükdiriji gurluş.**

**Gurluşyň işleýşi.** Fotorezistorlar Güne tarap takyk ugrukdyrylanda kölege ekraný ähli fotorezistorlary deňölçegli ýapýar. Bu ýagdaýda gönükdiriji-yzarlaýjy gurluş dynçlykda bolýar we aktinometriň termobatareýasy Gün şöhleleri bilen dolulygyna ýagtylandyrylýar.

Älem giňişliginde Günüň ýerleşşi 30 burç minutyndan artyk üýtgeşe ekran fotorezistory bölekleyin açýar. Netijede, onuň garşylygy birden peselýar. Bu bolsa rewersiw hereketlendirijini herekete getirýar. Ol bolsa öz gezeginde ekran fotorezistory doly ýapýança fotorezistoryň ýagtylyk çeşmesine görä ýagdaýyny üýtgedýar. Şunlukda, bu gurluş aktinometri awtomatiki režimde bütin günüň dowamynda yzarlamaga üpjün edýar. Bu kömekçi ölçeş gurluşy meteostansiýalarda ulanmak amatlydyr.

$$\Delta = \pm KS_{\Sigma} . \quad (9.8)$$

Koeffisiýent K empiriki formula boýunça hasaplanýar:

$$k = \frac{\psi_y + \theta}{S_x + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3}}} . \quad (9.9)$$

Ölçeğiň netijesiniň ýalňyslygy  $x \pm \Delta$  görnüşde berilýär.

Şeýlelik bilen göni ölçeğleriň netijeleriniň ýalňyslyklarynyň çäkleriniň hasaplanýş formulalaryny 9.1 – nji tablisadaky görnüşde ýazyp bolar.

**9.1-nji tablisa. Göni köp gezek gaýtalanýan ölçeğleriň netijeleriniň ýalňyslyklarynyň çäginde hasaplamagyň formulalary.**

$\vartheta / S_x$ gatnaşygyň bahasy	Ölçeş netijeleriniň ýalňyslyklarynyň çägi $\Delta$
$\vartheta / S_x < 0,8$	$\psi_y$
$0,8 \leq \vartheta / S_x \leq 8$	$KS_{\Sigma} = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3} + S_x^2}$
$\vartheta / S_x > 8$	$\theta$

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (9.6)$$

bu ýerde  $\theta_i$  – gaýtalanýan ýalňyşlygynyň  $i$ -nji aýrylmadyk düzüjisiniň çägi;

$k$  – kabul edilen ynanyp bolýan ähtimallykdan kesgitlenýän koeffisiýent ( $P=0,95$  bolanda  $k = 1,1$ );  $m$  – aýrylmadyk düzüjileriň mukdary (sany).

Aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygynyň çäginin hasaplamakda we ölçegiň netijesiniň tötänleýin ýalňyşlygynyň çäginin hasaplananda şol bir ynanyp bolýan ähtimallygy kabul edýärler.

8) Ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygynyň ynanyp bolýan çäginin hasaplamaly.

Aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlyk  $\theta$  bilen tötänleýin ýalňyşlygynyň  $S_{\bar{x}}$  arasyndaky gatnaşyga seredip geçeliň. Ýagny  $\theta/S_{\bar{x}} < 0,8$  bolsa, onda aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygy  $\theta$  hasaba almazlyk mümkin we ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygynyň çäginin  $\Delta \cong \pm \psi_{\psi_{\chi}}$  görnüşde ýazyp bolýar. Eger  $\theta/S_{\bar{x}} > 0,8$  bolsa, onda tötänleýin ýalňyşlygy hasaba almazlyk mümkin we ölçegiň netijesiniň çäginin  $\Delta \cong \pm \theta$  görnüşde ýazyp bolýar. Eger iki deňsizlik hem ýerine ýetmeýän bolsa, onda ölçegiň netijesiniň orta arifmetiki bahalaryň kwadratik gyşarmasyny aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygynyň  $\theta$  we

tötänleýin ýalňyşlygynyň  $S_{\bar{x}}$  - jemi hökmünde ýazyp bölýär:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3} + S_{\bar{x}}^2}. \quad (9.7)$$

Bu ýagdaýda ölçegiň netijesiniň ýalňyşlygynyň çägi aşakdaky formula boýunça hasaplanýar

Dünýä tejribesinde informasiýany (signallary) ilkinji öwürjileriň täze görnüşlerini döretmeklige, olary kämilleşdirmeklige, hem-de olaryň işleýiş häsiýetnamalaryny ýokarlandyrmaklyga köp üns berilýär. Bu ugurda köp ylmy-merkezler, ylmy institutlar işleýärler. Öňki belli we täze açylýan fiziki hadysalaryň esasynda täze prinsipde işleýän informasiýany ilkinji öwürjiler (datçikler) döredilýär. Informasiýany özünde saklaýjylyk ukyby boýunça olary 2 sany uly topara bölüp bolýar, ýagny informasiýany özünde saklamaýan ilkinji öwürjiler (mysal üçin termojübütler, termorezistorlar we ş.m.) we informasiýany özünde saklamak ukyby (häsiýeti) bolan ilkinji öwürjiler (mysal üçin, plýonka görnüşli termomagnit registratorlar). Informasiýany ýatda saklamak mümkinçiligi bolan ilkinji öwürjileriň gelejegi uludyr. Sebäbi ilkinji öwürjide “ýazgy” edilen informasiýany amatly laboratoriýa şertlerinde täzeden dikeltmek mümkinçiligi döreýär.

Informasiýany ýatda saklamak ukyby bolan termomagnit registratorlaryň işleýiş prinsipine seredip geçeliň. Bu datçiklerde informasiýa örän az wagtyň dowamynda ( $\sim 10^{-3}$ s) ýazgy edilýär. Soňra bolsa edilen ýazgy magnitooptika, ýa-da difraksiýa hadysasynyň esasynda täzeden dikeldilýär we ol informasiýany mikroskopda ýa-da telewizoryň ekranynda wizual görer ýaly görnüşe geçirilýär.

Termomagnit registratorlary hökmünde  $^{83}\text{Ni}^{17}\text{Fe}$ , ýa-da  $^{83}\text{Ni}^{13}\text{Fe}^{4}\text{V}$  düzümlü permalloý materiallaryny wakuumda ýörite tehnologiýa bilen bugardyp alynýan  $0,5 \div 0,7$  mk galyňlykly plýonkalar hyzmat edýärler.

Informasiýany ýatda saklamak ukyby bolan magnit plýonkalaryny ölçeg tehnikasynyda, has takygy, ýokary dykzlykly, giň zolakly, üznüksiz şöhle energiýasynyň geňişlikdäki paýlanyşygynyň düzümini (strukturasyny) “ýazgy” etmek üçin ulanyp bolýandygy, gün “peçleriniň” mysalynda, ýagny olaryň fokusyndaky konsentirlenen şöhle energiýanyň dykzlygynyň paýlanyşygyny termomagnit registratorlara “fotografirlemek” we soňra magnitooptika ýa-da difraksiýa hadysasynyň esasynda



ýazgy edilen informaciýany dikeldip (wizuallaşdyryp) bolýandygy bilen görkezildi<sup>1</sup> (6.7-njy surat).

Soňky wagtlarda ölçeg tehnikasynyň ösýän ugurlarynyň biri ölçeg informaciýasynyň uzak aralyga (distansiýon) geçirilmegini üpjün etmek bilen baglanyşyklydyr. Mysal üçin, Yeriň emeli hemralarynda alynýan informaciýalary kabul edijä bermek usuly we ölçeg toplumy.



**6.7-nji surat. Gün peçleriniň fokusynda şöhle energiýasyny registrirleýji gurluş.**

Häzirki wagtda takyk işleýän sanly **elektroölçeýji priborlar** köp ýaýrandyr. Ölçeg pribory diýip g

<sup>1</sup> M.A. Gurbanniyazov Methods for Measurement of Energetical Characteristics of Radiant Energy Concentrators // Proceedings. International Conference of problems of Physical Metrology “FIZMET-98”, - S.Peterburg, Russia, 1998, p.123-135

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (9.4)$$

Orta kwadratik gyşarmany hasaplananda kadaly paýlanyşyk kanunynda hiç bir tötänleýin ýalňyşlygyň  $\pm 3\sigma$  çäginde çykyp bilmeýändigini hasaba alyp (göz önünde tutup) ölçegleriň toparynda gödek ýalňyşlyklaryň ýoklugyny (gatnaşmaýandygyny) barlamak maksada laýykdyr;

- 4) Ölçeğiň netijesiniň orta arifmetiki bahalarynyň kwadratik gyşarmasyny  $S_{\bar{x}}$  (9.2)-nji formula boýunça hasaplamaly;
- 5) Ölçeğiň netijeleriniň kadaly paýlanyşyga deňişligi barasyndaky çaklamany (gipotezany) barlamaly. Gistogramma gurup paýlanyşygyň häsiýeti barasynda ýakynlaşan (takmynan) netijäni aýdyp bolar;
- 6) Berilen  $P$  ähtimallykda ölçeg netijeleriniň tötänleýin ýalňyşlygynyň ynanyp bolýan (ynandyryjylykly) çäginde hasaplamaly

$$\psi_y = t_q S_{x-} \quad (9.5)$$

bu ýerde  $t_q$  - Stýudentiň koeffisiýenti

- 7) Ölçeğiň netijesiniň jemleýji aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygynyň çäginde kesgitlemeli. Netijäniň aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygy ölçeg usulynyň, ölçeg serişdeleriniň we ş.m. aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlyklaryndan emele gelýär.

Jemlenende bu düzüjilere tötänleýin ýalňyşlyklar ýaly seredilýär (garalýar). Ölçeg netijesiniň aýrylmadyk gaýtalanýan ýalňyşlygynyň çägi  $\theta$  aşakdaky formula bilen hasaplanýar:



$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (9.2)$$

Orta kwadratik gyşarma köp gezek gaýtalanyp geçirilýän ölçegleriň netijeleriniň ýalňyşlygyny hasaplamak üçin ulanylýar.

Köp gezek gaýtalanyp geçirilýän ölçegleriň netijelerini gaýtadan işlemek düzgüni aşakdaky faktorlary hasaba almak bilen amala aşyrylýar:

-**n** ölçegden (gözegçilikden) durýan çäkli (kesgitli) topar gaýtadan işlenilýär;

-ölçegleriň netieleri  $x_i$  gaýtalanýan ýalňyşlygy özünde saklamagy mümkin;

-ölçegleriň toparynda gödek ýalňyşlyklaryň duşmagy mümkin;

-tötänleýin ýalňyşlyklaryň paýlanyşygy kadalydan tapawutlanyp biler.

Göni ölçegleriň (gözegçiligiň, syn etmegiň) netijelerini gaýtadan işlemegiň ýerine ýetirilişiniň yzygiderligi:

- 1) Düzediş girizmek bilen ölçegleriň netijelerinden belli (ýüze çykarylan) gaýtalanýan ýalňyşlyklary aýyrmaly;
- 2) Ölçegleriň netijeleriniň orta arifmetiki bahasyny hasaplamaly

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (9.3)$$

- 3) Ölçegleriň netijeleriniň orta kwadratik gyşarmasyny hasaplamaly

(gözegçiniň) duýgy organlarynyň kabul edijiligine ýeterlik derejedäki (düşnükli görnüşdäki) ölçeg informasiýasynyň kesgitli görnüşdäki signalyny öndürmäge niýetlenen ölçeg serişdelerine aýdylýar. Informasiýanyň görkezilişiniň formasyna (görnüşine) baglylykda analog (üzüksiz bahaly) we sanly priborlary tapawutlandyryýarlar. Analog (üzüksiz) ölçeýji priboryň görkezmesi olçenýan ululygyň üznüksiz funksiýasy dörnüşinde bolýar. Mysal üçin simap termometriniň, ýa-da woltmetriň strelkasynyň görkezmeleri. Sanly priborda analog (üzüksiz) görnüşli ölçeg informasiýasynyň signaly sanly koda öwrülýär we ölçegiň netijesi sanly tabloda görkezilýär.

Hemme ölçeg priborlary görkeziji we registrirleýji toparlara bölünýärler. Registrirleýji priborlara özi ýazyýandan we çap edýanlerden ybarat.

Ölçeg priborlary aşakdaky esasy görkezijiler boýunça häsiýetlendirilýär.

- Ölçegleriň diapazony – olçenýan ululygyň bahalary üçin ölçeg priborunyň ýolbererlik ýalňyşlygy kadalaşdyrylan ýaýlasy;
- Hemme sanalyp geçilen görkezijiler ölçeg priborlarynyň metrologiki häsiýetlerine degişlidir.
- Görkezme diapazony – şkalanyň başlangyç we ahyrky bahalary çäklendirilen, bellik edilen zolagy;
- Ölçegleriň çägi – ölçeg diapazonynyň iň uly ýa-da iň kiçi bahasy;
- Graduirowka häsiýetnamasy – bu ölçeg serişdesiniň girişindäki we çykyşyndaky signallaryň arasyndaky gatnaşygy kesgitleýän baglanyşyk;
- Olçenýan parametr boýunça duýgurlyk – bu ölçeg priborunyň çykyşyndaky signalyň üýtgemesiniň ( $\Delta y$ ) olçenýan ululygyň üýtgemesine ( $\Delta x$ ) bolan gatnaşygy:

$$S = \lim \left( \frac{\Delta y}{\Delta x} \right) = \frac{dy}{dx}, \quad (6.1)$$

bu ýerde  $x$  – ölçenýän ululyk;  $y$  – çykyşdaky signal;  $\Delta x$  – ölçenýän ululygyň üýtgemesi;  $\Delta y$  – çykyşdaky signalyň üýtgemesi;

- Çäkdäki düýgurlyk – priboryň girişine berilýän barlanylýan signalyň iň kiçi bahasy;
- Çözüjilik ukyby – ölçenýän birhilli ululygyň iki bahasynyň priboryň kömegi bilen tapawutlandyryp bolýan iň kiçi tapawudy;
- Ölçeğiň tizligi – wagıt birliginde kadaly (normirlenen) ýalňyşlyk bilen ýerine ýetirilýän ölçegleriň maksimal sany;
- Giriş garşylygy – ölçeg priborynyň girişindäki garşylyk;
- Gykyş garşylygy – ölçeg priborynyň çykyşdaky garşylyk;
- Görkezme – ölçenýän ululygyň priboryň şkalasy boýunça kesgitlenýän bahasy;
- Ölçeýji priboryň ýalňyşlygy – gural (instrument) ýalňyşlygy.

Ölçeg abzallary toguň napryaženiýasyny we güýjüni, elektrik signallarynyň ýygylgyny we wagıt aralygyny, faza süýşmesini, elektrik kuwwatyny we beýlekileri laboratoriýa şertlerinde ölçemäge niýetlenendir (6.8-nji surat).

Emma köplenç, mysal üçin, inženerjilik desgalary gurulýan, işe girizilýän we ulanylýan döwründe olarda daşky gurşawyň ýylylyk täsiri (esasan-da, gün radiýasiýasy, ýel, howanyň we “sowuk” asmanyň temperaturasy we ş.m.) netijesinde döreýänbirhilli däl temperatura meýdanlarynyň häsiýetlerini öwrenmek we barlap durmak meselesi ýüze çykýar. Edil sonuň ýalyda ornitologiyada, ýagny guşlaryň köpelyän döwründe (ýazda) olaryň höwürtgelerindäki ýylylyk režimini belli bir wagıt aralygy bilen, guşlary ürküzmän, barlap durmak meselesi ýüze çykýar. Bu ýa-da şuna meňzeş beýleki maksatlar üçin laboratoriýa şertlerinde ölçeg geçirmek üçin niýetlenip ýazalan priborlary ulanmaklyk köp kynçylyklary döredýär we maksadalaýyk däl. Ýagny olary iýmitlendirýän tok çeşmeleri örän durnukly bolmaly, olaryň ýerleşdirilen (ulanylýan) ýerinde hemişe howanyň temperaturasy, çygylgy kadadan çykmary däl we ş.m. Bu şertleri inženerjilik desgalarynyň gurulýan wagty gurluşyk gidýän ýerinde, guşlaryň höwürtgeleriniň ýakynynda we ş.m. üpjün etmek örän kyn. Sonuň

## IX. ÖLÇEGLERIN NETIJELERINI GAÝTADAN IŞLEMEK. ÝALŇYŞLYKLARYŇ JEMLENILIŞI

**Göni we kese ölçegleriň netijelerini gaýtadan işlemek. Toplumlaýyn we bilelikleýin ölçegleriň netijelerini gaýtadan işlemek. Ýalňyşlyklary jemlemegiň nazaryýetiniň esaslary. Gaýtalanýan we tötänleýin ýalňyşlyklaryň jemlenilişi. Orta kwadratik gyşarma we dispersiýa. Ölçegleriň we netijeleriň analitiki ýakynlaşmasy. Interpolýasiýa (çyzykly, kwadratik, kubik we ş.m.). Iň kiçi kwadratlar usuly.**

Kadaly paýlanyşyga boýun egýän tötänleýin  $x_i$  ululygyň  $n$  sany baglanyşyksyz (özbaşdak) ölçegleriniň (gözegçiligiň) netijelerinden durýan toparyna seredeliň. Töpardaky aýry-aýry ölçegleriň netijeleriniň olaryň orta  $m_x$  bahasyna otnositellikde pyramasy (ýaýramasy, dargamasy)  $\sigma$  aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2}{n - 1}}. \quad (9.1)$$

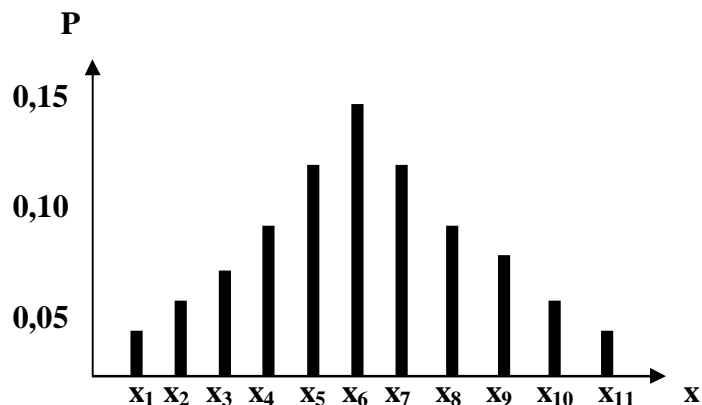
Ýöne orta arifmetiki  $m_x$  hasaplamak üçin ulanylýan topardaky ölçegleriň sanynyň çäkli (kesgitli) bolany üçin şol ululygyň ölçegleriniň tapgyryny täzedan gaýtalasak, onda onuň täze (başgaça) orta arifmetiki bahasyny alarys. Ölçegleriň tapgyryny köp gezek gaýtalap we her gezek olaryň orta arifmetiki bahalarynyň pytraýandygyna (dürli-dürlidigine) göz ýetireris. Bu pyramanyň häsiýetnamasy bolup orta arifmetiki bahalaryň kwadratik gyşarmasy  $S_{\bar{x}}$  hyzmat edýär:

Koordinatalaryň başlangyjyny  $m_x$  paýlanyşyň merkezine geçirip we absissa oky boýunça  $\Delta x = x - m_x$  ýalňyşlygy ýerleşdirip ýalňyşlygyň kadaly (normal) paýlanyş egrisini alarys:

$$m_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (8.15)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2}{n-1}} . \quad (8.16)$$

bu ýerde  $\sigma$  – orta kwadratik gyşarma. Ýalňyşlyklaryň kadaly paýlanyşy koordinatalar okuna görä simmetrikdir.



8.6-njy surat. Diskret (üzňükli) tötänleýin ululygyň paýlanyşygy.

üçin ýönekeý, ýeňil we özi awtonom režimde işläp bilýän portatiw priborlary döretmeklik meselesi ýüze çykýar. Bular ýaly priborlary işläp taýýarlamak, döretmek we olaryň gerek bolan takyklyk bilen işlemegini üpjün etmek fiziki metrologiýanyň esasy ugurlarynyň biridir.



6.8-nji surat. Elektroölçeýji priborlar.

Daşky klimat täsirleri wagta görä haýal üýtgeýän şertlerinde ölçeg geçirmek, ýa-da belli-belli wagtarda öwrenilýän obýektiň parametrlerini, mysal üçin, ýylylyk häsiýetini, barlap durmak gerek bolan ýagdaýynda priboryň özüniň belli bir wagt interwalynda işläp (ölçäp) soňra bolsa indiki ölçege çenli garaşýan režimde işlemegi we alynýan informasiýalary aralyk ýatda saklaýjy magnit disklerine, ýa-da magnit lentalaryna ýazyp bilýän shemasy bilen üpjün edilmegi gerek bolýar. Şu maksat bilen döredilen ölçeg priborlarynyň biri 6.9-nji suratda görkezilen<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> М.А. Гурбаниязов. Автономный многоканальный измеритель температуры объектов и метеопараметров окружающей среды //Труды Международной научно-

Bu abzal dürli howa şertlerinde uly göwrümlü radioteleskoplaryň ýylylyk häsiýetlerini tejribe üsti bilen öwrenmekde üstünlikli ulanyldy. Onuň ygtybarly we effektiv işleýşi praktikada barlanyldy.

**Ekspерimental desgasy** diýip awtomatlaşdyrylan ölçeg ulgamynyň özara baglanyşykly funksional düwünleriniň (düzüjileriniň): barlag obýekti (1-nji düwün), täsir edýän faktorlary döredýän çeşmeler we gurluşlar (2-nji düwün), olaryň



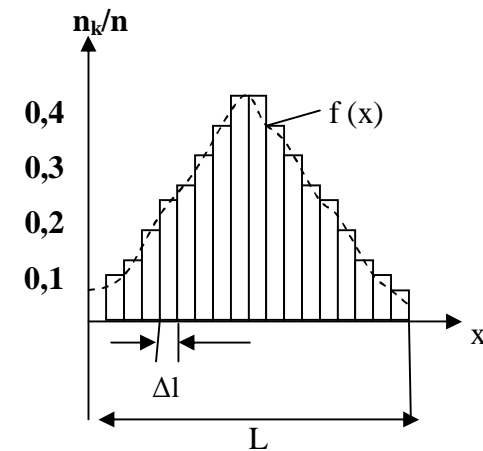
**6.9-njy surat. Temperaturany we howa şertlerini ölçýji köpkanally abzal.**

parametrlerini registrirleýji gurluşlar (3-nji düwün) we barlag obýektiniň reaksiýasyny registrirleýji gurluşlar (4-nji düwün), toplumyna aýdylýar.

Ekspерimental desganyň funksional blok shemasy (6.10-njy surat) eksperimental blokdan (EB) we güýç meýdanlarynyň blokларыndan durýar.

практической конференции “Информационные и электронные технологии в дистанционном зондировании”, - Баку, Азербайджан, 2004, с.237-242.

Paýlanyş kanuny tötänleýin ululygyň häsiýetleri, ýagny ölçegiň tötänleýin ýalňyşlygy barasynda doly informasiýa (maglumat) berýär.



**8.5-nji surat. Ähtimallygyň paýlanyşynyň dykzlygynyň egrisi.**

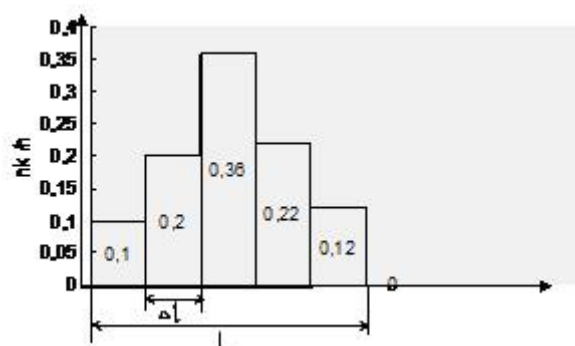
Eger tötänleýin ululygyň paýlanyşynyň differensial kanuny belli bolsa, onda onuň  $x_1$  – den  $x_2$  – ä çenli aralyga düşmek ähtimallygy

$$P\{x_1 \leq x \leq x_2\} = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx, \quad (8.14)$$

bilen aňladylýar.

Grafiki taýdan bu ähtimallyk  $x_1$  – den  $x_2$  –ä çenli aralykdaky  $f(x)$  egriniň çäklendiren maýdanynyň paýlanyşygyň başgançakly egrisi bilen çäklendirilen umumy meýdanyna  $S_0$  bolan gatnaşygy bilen aňladylýar.

Metrologiýada endigän (üzüksiz) tötänleýin ululyklardan başgada diskret (üzüklü) tötänleýin ululyklar hem duşýar (8.6-njy surat).



8.4-nji surat. Gistogramma.

Eger tötänleýin ululygyň  $x$  paýlanyşygy statistiki durnukly bolsa onda şol ululyga şol bir şertlerde gaýtalanylyp geçirilen gözegçilikde her bir aralyga otnositel (göräli) düşmeleriň ýygylgynyň ilkinji (başdaky) gezekdäkä golaýdygyny görmek bölýär. Bu bir gezek gistogrammany gurup indiki gözegçiliklerde aralyklar ( $\Delta l$ ) boýunça gözegçilikleriň netijesiniň nähili paýlanyşygynyň boljagyny belli bir ynam bilen (ýagny takyklyk bilen) öňünden aýtmaga mümkinçilik berýär. Gistogrammanyň sudury we absissa oky bilen çäklenen umumy meýdany birlik deregine kabul etsek, ýagny  $S_0=1$ . Onda gözegçiligiň netijeleriniň sol ýa-da beýleki aralyga düşýän otnositel ýygylgyny degişli  $\Delta l$  inli gönüburçlygyny meýdanynyň  $S_i$  umumy meýdana  $S_0$  bolan gatnaşygy boýunça kesgitläp bolýar. Eger gözegçiligiň sanyny tükeniksiz köp gezek  $n \rightarrow \infty$  artdysak (gaýtalasak) we aralyklaryň inini tükeniksiz azaltsak (kiçeltsek)  $\Delta l \rightarrow 0$  onda gistogrammanyň basganjak görnüşli egrisi endigan egrä geçer, ýagny  $f(x)$  görnüşe eýe bolar (8.5-nji surat).

Bu  $f(x)$  egrä tötänleýin ululygyň ähtimallygynyň paýlanyşynyň dykzlygynyň egrisi diýilýär. Bu egrini beýan edýän deňlemä bolsa paýlanyşyň differensial kanuny diýilýär.

Gaty jisimleriň fizikasyny öwrenilende täsir edýän esasy güýç meýdanlary: daşky gurşawyň izotermiki ýylylyk meýdany; barlag obýektindäki gradýentli ýylylyk we elektrik meýdanlary (köplenç EB-nyň içinde döredilýär); magnit, ýagtylyk, radiasiýa meýdanlary, Ýeriň grawitasiýa meýdany eksperimental blogyň daşynda döredilýär.

Ferromagnit materiallaryň, şol sanda ýuka ferromagnit gatlaklaryň fiziki häsiýetlerini sepsiz öwrenmek üçin döredilen magnitoptika desgasynyň gurluşyna seredeliň (6.11-nji surat). Eksperimental desga 2 bölekden, ýagny eksperimental blokdan we güýç meýdanlarynyň bloklaryndan durýar. Eksperimental blok özüne barlanýan obýekti (magnit plýonkasyny), eksperimental blogyň içinde güýç meýdanlaryny döredýän gurluşlary, olaryň parametrlerini registrirleýji gurluşlary, daşky gurşawyň täsirine barlanýan obýektiň reaksiýasyny registrirleýji we beýleki gurluşlary birleşdirýar.

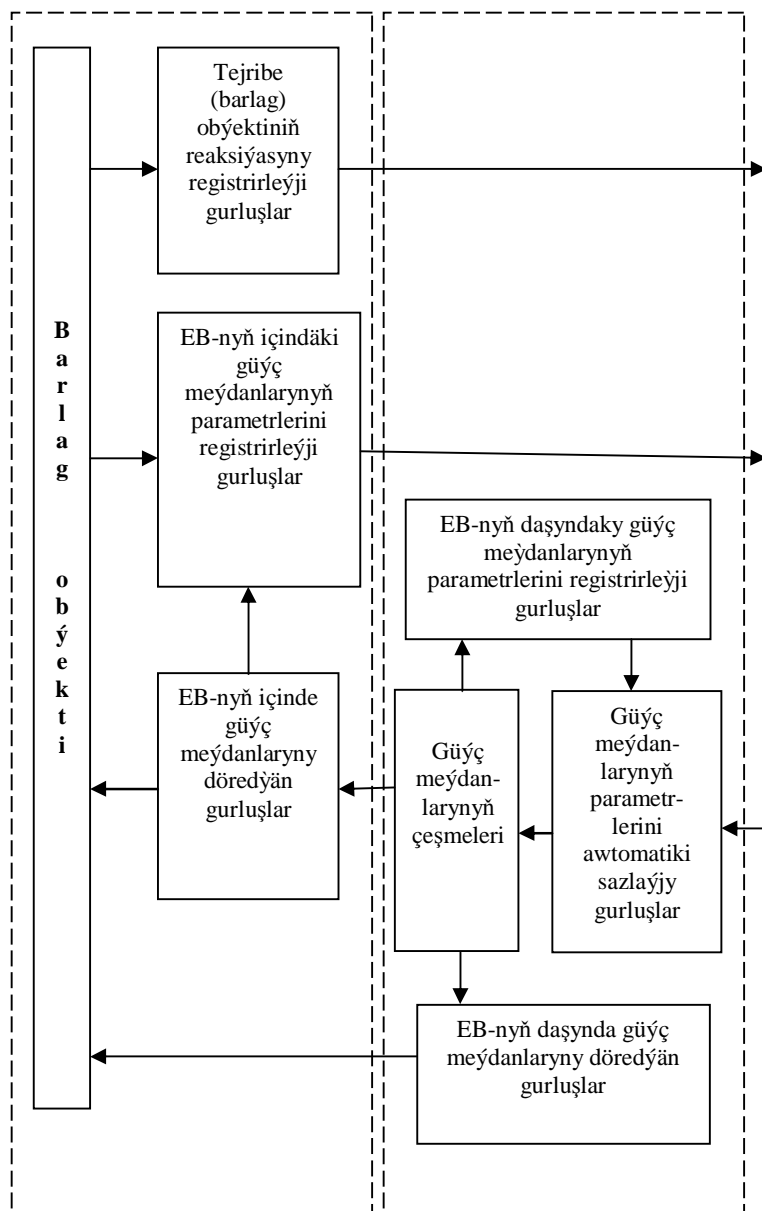
Barlanýan plýonkanyň üstki gatlagyndan serpigýän ýagtylygyň magnitoptiki aýlanmasyny analizatoryň öwrülme burçuny  $0,001^\circ$  takyklyk bilen ölçemek arkaly öwrenildi. Bu desga köp ýyllaryň dowamynda ygtybarly we ýokary takyklyk bilen gaty jisimleriň magnitoptiki häsiýetlerini öwrenmekde ulanyldy<sup>3</sup>.

Barlanýan plýonkanyň üstki gatlagyndan serpigýän ýagtylygyň magnitoptiki aýlanmasyny analizatoryň öwrülme burçuny  $0,001^\circ$  takyklyk bilen ölçemek arkaly öwrenildi. Bu desga köp ýyllaryň dowamynda ygtybarly we ýokary takyklyk bilen gaty jisimleriň magnitoptiki häsiýetlerini öwrenmekde ulanyldy<sup>4</sup>.

Barlanýan plýonkanyň üstki gatlagyndan serpigýän ýagtylygyň magnitoptiki aýlanmasyny analizatoryň öwrülme

<sup>3</sup> М.А.Гурбаниязов. Устройство для измерения магнитооптических эффектов Керра и Фарадея. – Приборы и техника эксперимента, 1979, №1, с. 245-247

<sup>4</sup> М.А.Гурбаниязов. Устройство для измерения магнитооптических эффектов Керра и Фарадея. – Приборы и техника эксперимента, 1979, №1, с. 245-247



6.10-njy surat. Eksperimental desganyň funksional shemasy.

(amallarynyň) kömegi bilen analitiki beýan edilýär we kesgitlenilýär.

Tötänleýin ululygyň (biziň ýagdaýymyza tötänleýin ýalňyşlygyň) umumy häsiýetnamasy bolup onuň paýlanyşygynyň kanuny (funksiýasy) hyzmat edýär. Matematikada bu kanuny beýan etmegiň 2 görnüşli usuly bar: differensiyal we integral görnüşleri. Metrologiýada köplenç differensial görnüş - ýagny tötänleýin ululygyň ähtimallygynyň dykzlygynyň paýlanyşynyň kanuny ulanylýar.

Mysal. Şol bir  $x$  ululyga  $n$  gezek yzygider gözegçilik (ölçeg) edilipdir diýelliň we  $x_1, x_2, \dots, x_n$  topar gözegçiligi (bahasy) alynypdyr. Her bir  $x_i$  ululyk özünde tötänleýin ýalňyşlygy saklaýar. Gözegçiligiň netijelerini olaryň  $x_{\min}$ -dan  $x_{\max}$  çenli ösüşi boýunça ýerleşdireliň we hataryň gerimini tapalyň  $L = x_{\max} - x_{\min}$ . Hataryň gerimini  $L$  deň  $k$  aralyklara bölüp  $\Delta l = L/k$ , her aralyga düşýän gozegçiligiň (bahasyny) sanyny hasaplalyň. Alynan netijeleri grafikde görkezeliň. Absisa okunda fiziki ululygy we aralyklaryň çägin görkezeliň, ordinata okunda bolsa – gabat gelmegiň otnositel ýygylgyny  $n_k/n$  gökkezeliň. 8.1-nji tablisada  $n = 50$  sany ölçegiň netijesi getirilen. Şol netijeleriň esasynda gistogramma guralyň (8.4-nji surat).

Bu tejribede 1-nji we soňky aralyklara ( $\Delta l_i$ ) gözegçiligiň umumy sanynyň ( $n = 50$ ) deňişlilikde 0,1 (10%); 0,2 (20%); 0,36 (36%); 0,22 (22%) we 0,12 (12%) bölegi düşýär. Bu sanlaryň jemi 1 ýa-da 100% deň.

8.1-nji tablisa

Aralyklaryň belgisi	1	2	3	4	5
$n_k$	5	10	18	11	6
$n_k/n$	0,1	0,2	0,36	0,22	0,12



boýunça üýtgäp biler. Mysal üçin batareýanyň çökmegi bilen ölçegde monoton üýtgeýän gaýtalanýan ýalňyşlyk ýüze çykyp biler, gije – gündiziň dowamynda howanyň temperaturasynyň üýtgemegi bilen periodiki üýtgeýän gaýtalanýan ýalňyşlyk ýüze çykyp biler we ş.m.

Hasaplamada ulanylýan formulalaryň takyklygynyň çäkliligi, ölçeg serişdeleriniň ölçenýän fiziki ululyga (obýekte) täsiri, ölçeg usullarynyň kämil dälligi we ş.m. gaýtalanýan ýalňyşlyga getirip biler. Bularyň hemmesi usulyýet ýalňyşlygyna degişlidir. Usulyýet ýalňyşlygyny ýüze çykarmagyň we kesgitlemegiň belli bir kesgitli ýörelgesi ýok.

Tejribeçiniň hususy aýratynlyklary bilen baglanyşykly gaýtalanýan ýalňyşlyklaram bar. Häzirki zaman sanly ölçeýji priborlar, ýa-da ölçeg awtomatlaşdyrylanda bu ýalňyşlyklar örän az ýüze çykýar.

Ölçeğiň görnüşine (göni, kese, toplumlaýyn bilelikdäki) baglanyşyksyzlykda netijeleşýji, jemleşýji gaýtalanýan ýalňyşlyk onuň düzüjileriniň algebraik jemine deňdir:

$$\theta = \sum_{i=1}^n \theta_i . \quad (8.13)$$

Eger aýry-aýry ölçegleriň netijesiniň arasynda tapawut bar bolsa onda munuň ýaly ölçeg netijeleriniň paýlanyşygyndan (pyramasyndan, ýaýramasyndan) döreýän ýalňyşlyga tötänleýin döreýän ýalňyşlyk ( $\psi$ ) diýilýär.

Birmeňzeş şertlerde we tejribe abzallarynda şol bir fiziki ululygy birnäçe gezek ölçenende alynan san bahalary bir-birinden tapawutlanýan bolsa, bu tötänleýin ýalňyşlygyň  $\psi$  barlygyny görkezýär.

Ölçegleriň tötänleýin ýalňyşlyklary ähtimallyk nazaryýetiniň we statistiki matematikanyň usullarynyň



**6.11-nji surat. Eksperimental magnitooptika desgasy.**

burçuny  $0,001^\circ$  takyklyk bilen ölçemek arkaly öwrenildi. Bu desga köp ýyllaryň dowamynda ygtybarly we ýokary takyklyk bilen gaty jisimleriň magnitooptiki häsiýetlerini öwrenmekde ulanyldy<sup>5</sup>.

**Ölçeg ulgamy** – bu aragatnaşyk kanallary bilen özara birleşdirilen ölçeg serişdeleriniň, kompýuter tehnikasynyň we kömekçi gurluşlaryň funksional birleşmeleriniň toplumydyr. Olar seredilýän obýekte mahsus bolan fiziki ululyklar barada awtomatlaşdyryp gaýtadan işlemäge, geçirmäge we dolandyryjy ulgamlarda ulanmaga amatly görnüşde ölçeg informasiýasynyň signallaryny öndürmek üçin niýetlenendirler.

Ylmyň we tehnikanyň dürli pudaklarynda ulanylýan ölçeg serişdeleri örän köp görnüşlidir. Ýöne bu köplükden haýsy

<sup>5</sup> М.А.Гурбаннязов. Устройство для измерения магнитооптических эффектов Керра и Фарадея. – Приборы и техника эксперимента, 1979, №1, с. 245-247

pudakda ulanylýanyň garamazdan ähli ölçeg serişdelerine mahsus bolan käbir umumy alamatlary tapawutlandyryp bolýar.

1) Ölçegleriň birligini (birmeňzeşligini) üpjün edýän ulgamda tutýan orny boýunça ölçeg serişdeleri aşakdakylara bölünýär:

- metrologiki, ýagny metrologiki maksatlara niýetlenen: birligi dikeltmek we saklamak, ýa-da birligiň ölçegini işçi ölçeg serişdelerine geçirmek;
- işçi, ýagny birligiň ölçeglerini geçirmek bilen baglanyşyksyz ölçegler geçirilende ulanmaga niýetlenen.

Metrologiki ölçeg serişdeleri köp däl. Tejribede köp ulanylýan ölçeg serişdeleri 2-nji topara, ýagny işçi ölçeg serişdelerine degişlidir.

2) Awtomatlaşdyrmak derejesi boýunça hemme ölçeg serişdeleri 3 topara bölünýär:

- awtomatlaşdyrylmadyk;
- bölekleyin awtomatlaşdyrylan, ýagny ölçegiň bir ýa-da birnäçe amaly (operasiýasy) awtomatlaşdyrylan düzgünde (režimde) geçirilýär;
- awtomatlaşdyrylan, ýagny ölçegler we olaryň netijelerini gaýtadan işlemek, ýazgy etmek, netijeleri geçirmek ýa-da dolandyryjy signallary öndürmek bilen baglanyşykly ähli amallar (operasiýalar) awtomatlaşdyrylan düzgünde geçirilýär.

3) Ölçeg serişdeleri standartlaşdyrylyş derejesi boýunça aşakdakylara bölünýärler:

- standartlaşdyrylan, ýagny döwletiň, ýa-da pudaklaryň standartlarynyň talaplaryna laýyklykda taýynlanan ölçeg serişdeleri;
- standartlaşdyrylmadyk (aýratyn täsin, unikal), ýagny ýöriteleşdirilen ölçeg serişdeleri. Olar ylmyň we tehnikaýyň aýratyn wajyp ölçeg meselelerini çözmäge niýetlenen we örän az sanda ýasalýarlar.
- ölçeg serişdeleriniň esasy bölegi standartlaşdyrylan ölçeg serişdelerine degişlidir. Olar tapgyrly köp sanly göýberilýär (ýasalýar) we hökman döwlet synagyndan geçirilýär. Standartlaşdyrylmadyk ölçeg serişdeleri ýöriteleşdirilen ylmy-

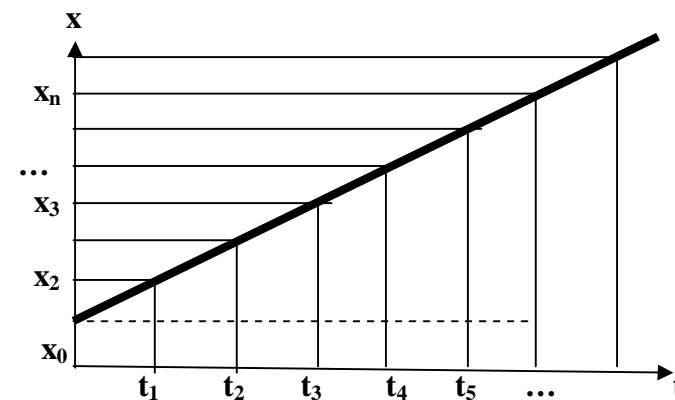
$$x = \frac{x_1 t_2 - x_2 t_1}{t_2 - t_1}, \quad (8.12)$$

formula bilen anyklanylýp biliner.

Eger gaýtalanýan ýalňyşlygyň wagta görä çyzykly kanun boýunça üýtgeýşine ynam bolmasa, onda birmeňzeş wagt aralygy bilen birnäçe ölçeg geçirmeli (8.3-nji surat). Alynan netijeleriň orta arifmetiki bahasy boýunça gaýtalanýan ýalňyşlygyň üýtgeýşi kesgitlenýär. Mysal üçin  $\frac{x_1 + x_3}{2}$  we

$$\frac{x_2 + x_4}{2}.$$

Ýalňyşlyk çyzykly kanun boýunça üýtgeýän bolsa onda (8.12) formula boýunça gözlenýän  $x$  ululyk kesgitlenýär.



**8.3-nji surat. Simmetrik gözegçilik usuly.**

Ýokarda belläp geçişimiz ýaly, wagta görä üýtgeýän gaýtalanýan ýalňyşlyk dürli hili kanun bilen üýtgemegi mümkin. Mysal üçin monoton, periodiki we çylşyrymly kanun



deňdir.

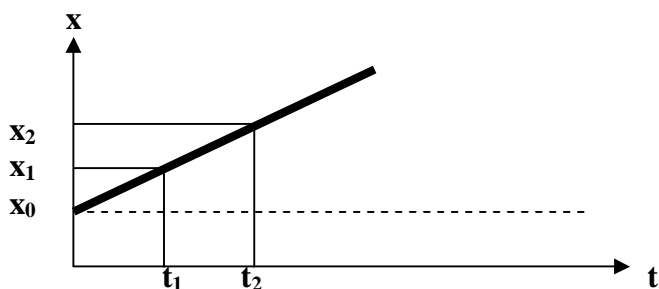
Wagta görä üýtgeýän gaýtalanýan ýalňyşlygy ýüze çykarmak üçin grafik gurmak usulyny ulanmak maslahat berilýär (8.2-nji surat).

Tejribede alynan nokatlaryň ýerleşişi boýunça gaýtalanýan ýalňyşlygyň barlygy barasynda netije çykaryp bolýar.

Wagta görä deňölçegli üýtgeýän ýalňyşlygy kesgitlemegiň we aýyrmagyň usuluna seredeliň. Hemişelik fiziki ululyk  $x_0$  ölçenende gaýtalanýan ýalňyşlyk wagta görä çyzykly kanun boýunça üýtgeýän bolsun. Ýagny

$$x_{\text{ölçeg}} = x_0 + ct, \quad (8.11)$$

bu ýerde  $c$  - const (hemişelik ululyk). Bu ýagdaýda gaýtalanýan ýalňyşlygy aýyrmak üçin kesgitli  $t_1$  we  $t_2$  wagtlarda 2 ölçeg geçirmek ýeterlik bolýar.



## 8.2-nji surat. Gaýtalanýan ýalňyşlygyň çyzykly üýtgeýşi

Fiziki ululygyň kesgitlenýän  $x$  bahasy

barlag edaralarynda işläp taýýarlanylýar we örän az sanda (koplenç ýeke täk sanda) goýberilýar. Olar döwlet synagyndan geçirilmeýar. Olaryň häsiýetnamalaryny metrologiki attestasiýada kesgitleýarlar. Mysal üçin asman giňişligini owrenmek üçin ulanylýan RT-70 radioteleskopy.

4) Ölçenýän fiziki ululyga görä ölçeg sereşdeleri aşakdakylara bölünmýärler:

- esasy – bu ölçeg meselesine laýyklykda bahasyny anyklamak gerek bolan fiziki ululygyň ölçeg serişdesidir;
- kömekçi – bu esasy ölçeg serişdesine (ýa-da obýektine) täsir edýän fiziki ululyklaryň bahasyny kesgitlemäge niýetlenendir.

5) Ölçegiň ýerine ýetiriliş tertibi boýunça ölçeg serişdeleri 2 topara bölünýär: ýönekeý we toplumlaýyn (utgaşykly, kompleks) (6.2-nji surat).

Ý ö n e k e ý ö l ç e g s e r i ş d e l e r i göni ölçegiň aýry-aýry amallaryny (operasiýalaryny) ýerine ýetirmek üçin niýetlenendir. Olara nusga ölçeg esbaplary (mery), deňeşdirme gurluşlary we ölçeg öwrüjileri degişlidir. Olaryň her haýsysy aýratynlykda alanyňda ölçeg geçirmegi amala aşyryp bilmeýar.

Nusga ölçeg esbapy (mera, ölçeyji) – berilen ölçegdäki bahadaky) fiziki ululygy dikeltmäge (gaýtalamaga) niýetlenen ölçeg serişdesidir. Birbahaly ölçeyji (mera) – bir ölçegli fiziki ululygy dikeldýär. Mysal üçin ölçeg rezistory, hemişelik göwrümiň ölçeyji kondensatory, normal elementiň EHG we beýlekiler. Köpbahaly ölçeyji – dürli ölçegli köpsanly biratly ululyklary dikeldýär. Mysal üçin, potensiometr, üýtgeýän göwrümlü kondensator we ş.m. Bulardan başgada ölçegler ýygyndysyny, ölçegler dükanyny, oturdyran we ornaşdyrylan ýönekeý ölçeyjileri tapawutlandyrýarlar.

Deňeşdirme gurluşy (komparator) – bu ölçeg serişdesi bolup, ol birhilli ululyklaryň ölçeglerini, ýa-da ölçeg abzallaryň görkezmesini özara deňeşdirmäge mümkinçilik berýär. Mysal hökmünde köçe elektrik ýagtylandyryjysyny ýakyp – öçürmäni ýerine ýetirýän fotorele hyzmat edip biler.

T e m p e r a t u r a n y k e s g i t l e m e g i ñ t e r m o g r a f i k u s u l y. Häziki zaman optikasynyň esasy ugrynyň biri

hem termowideniýedyr. Termowideniýa spektriniň infragyzyly diapazonynda ýylylyk şöhlelenmesi boýunça jisime gözegçilik etmäge mümkinçilik berýän usullary we abzallary (termowizorlary) öwrenýän ylmy ugurdyr. Infrogyzyly şöhlelenmäniň aşaky çägi adamyň gözüniň görmän başlaýan ýerindäki spektoryň uçastogyndadyr (0,780 mkm töweregi), ýokarky çägi bolsa mikroradiotolkunlaryň oblasryna golaýlaşýar (1mm töweregi). Tolkun uzynlygyny 780 nm-den başlap tä 1 mm çenli - aralykdaky spektral oblastyndaky infrogyzyly şöhlelenmäniň aşakdaky bölünme çäkleri kabul edilendir:

- gysgatolkunly infrogyzyly şöhlelenme (ýa-da IG – A), ol 780 nm-den 1400 nm-e çenli aralykda;

- ortatolkunly infrogyzyly şöhlelenme (ýa-da IG – B), ol 1,4 mkm-den 3 mm-e çenli aralykda;

- zyzytolkunly infrogyzyly şöhlelenme (ýa-da IG – Ç), ol 3 mkm-den 1 mm-e çenli aralykda.

Termografiýa dürli gurluşlaryň üstüniň ýylylyk dartgynlygyny kesgitlemekligiň sepleşiksiz usuly görnüşünde soňky ýyllarda ýüze çykdy. Termografik usulda obýektiň ýylylyk şekilini almak hem-de özgertmek boýunça mümkinçilikleri telewideniýanyň we hasaplaýyş tehnikaýyň ösmegi bilen artdy. Termografik usulyň analizi obýektiň ýylylyk häsiýetiniň termiki şekilini ulanmaklyga esaslanýar. Ol şekil bolsa obýektiden çykýan ýylylyk şöhlelenmesini tutýan infrogyzyly kameranyň kömegi bilen alynýar. Alynan infrogyzyly signal ýokary duýujylykly detektoryň kömegi bilen elektrik signalyna öwürülýär. Soňra ol signal güýçlendirilýär we telewizoryň kineskopyna elektron şöhlesi arkaly kontrol etmek üçin ulanylýar. Elektrik şöhle skanirleýji kamera bilen şekiliň ýüzünden sinhron geçýär. Bu bolsa obýektiň real wagtyndaky göni temperatura şekilini berýär.

Termografik analizi geçirmek üçin niýetlenen tehniki abzallara esasy talaplar aşakdakylardan ybaratdyr:

- gowy temperatura (ýylylyk) duýujylygy;
- gowy geometriki saýgarjylygy;
- giň temperatura (ýylylyk) diapazony;

$$\tilde{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = x_c + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \psi_i + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_i. \quad (8.7)$$

Eger ähli ölçeglerde gaýtalanýan ýalňyşlyk hemişelik bolsa, ýagny  $\theta_i = \theta$ , onda

$$\tilde{X} = x_c + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \psi_i + \theta. \quad (8.8)$$

Diýmek ölçegi köp gezek gaýtalamak bilen hemişelik gaýtalanýan ýalňyşlygy aýryp bolmaýar. Hemişelik gaýtalanýan ýalňyşlyklary diňe beýleki (başga) has takyk usullary we ölçeg serişdelerini ulanmak bilen alynan ölçeg netijeleri bilen deňeşdirmek arkaly tapyp (kesgitläp) bolýar.

Hemişelik gural ýalňyşlygyny ölçeg serişdesini synagdan geçirilende ýüze çykaryp bolýar. Bu maksat bilen ölçeg serişdeleri wagtly – wagtynda döwlet synag gullugynyň barlaglaryndan (synaglaryndan) geçirilip durulýar. Synag ulanylýan ölçeg serişdeleriniň görkezijileri ( $x_{b.p.}$ ) has takyk nusga ölçeg serişdesiniň görkezijileri bilen deňeşdirmek usuly arkaly amala aşyrylýar:

$$\Delta x_{\text{synag}} = x_{b.p.} - x_{\text{nusga}}. \quad (8.9)$$

Synagda alynan netijeler ölçeg serişdesiniň pasportyndaky ýazgylar bilen geňeşdirilýär we oňa degişli bellikler edilýär. Synagda ýüze çykarylan gaýtalanýan ýalňyşlyk ölçeg ýalňyşlygyndan düzediş girizmek ýoly bilen aýrylýar. Ýagny ölçenýän ululygyň çyn bahasy ( $x_{\text{ç.b.}}$ )

$$x_{\text{ç.b.}} = x_{\text{nusga}} = x_{b.p.} - \Delta x_{\text{synag}} \quad (8.10)$$

monoton üýtgeýän, periodiki üýtgeýän we kanunsyz (dreýf) üýtgeýän.

**M o n o t o n ü ý t g e ý ä n ý a l ñ y ş l y k** diýip ölçeg prosesinde monoton (kem-kemden) artýan, ýa-da kemelýän sistemadaky ýalňyşlyga aýdylýar. Mysal üçin ölçeg serişdelerini iýmitlendiriji batareýalaryň (akkumulýatorlaryň) kem-kemden çökmegi (pazrýadlanmagy). Köplenç monoton üýtgeýän ýalňyşlyklar çyzykly kanun boýunça üýtgeýär.

**P e r i o d i k i** diýip bahasy wagta görä periodiki kanun boýunça üýtgeýän ýalňyşlyga aýdylýar. Mysal üçin gijegündiziň dowamynda howanyň temperaturasynyň üýtgemegi bilen baglanyşykly ýüze çykýan ýalňyşlyk.

**D r e ý f** (süýşme) ýalňyşlygy diýip ululygyny we ugryny önünden aýdyp (bilip) bolmaýan ölçeg ýalňyşlygyna aýdylýar. Mysal üçin ölçeg döwründe ölçeg abzalynyň nolynyň bir ýerde durman belli bir kanunsyz süýşüp ýörmegi.

Ölçeğiň netijelerini bilelikde gaýtadan işlemek usuly bilen hemişelik gaýtalanýan ýalňyşlygy tapyp bolmaýar. Emma hemişelik gaýtalanýan ýalňyşlyk tötänleýin ýalňyşlygy häsiýetlendirýän ölçegiň takyklyk görkezijilerini hem-de gaýtalanýan ýalňyşlygyň üýtgeýän düzüjisiniň tapylyşyny ýoýmaýar. Dogrudanda bir ölçegiň netijesi

$$x_i = x_c + \psi_i + \theta_i, \quad (8.6)$$

bu ýerde  $x_c$  - ölçenýän ululygyň çyn bahasy,  $\psi_i$  – i-nji tötänleýin ýalňyşlyk,  $\theta_i$  – i-nji gaýtalanýan ýalňyşlyk. Ölçenýän ululygyň orta arifmetiki bahasyny köp sanly ölçegleriň netijelerinden tapalyň. Köp sanly ölçegleriň netijeleriniň orta bahasy kesgitlenenden soň ölçenýän ululygyň orta arifmetiki bahasy alynýar:

-gysga wagtda bolup geçýän temperatura üýtgemelerini registrirlemek üçin ýokary tizlikli skanirleýji gurluş;

- alnan netijeleri ýazmaklyk mümkinçiligi.

Termografiki usullar iki topara bölünýär: işjeň we işjeň däl. İşjeň däl usullar obýektiň diňe daşky gurşawyň täsiri netijesinde gyzyňan temperaturasyny, sürtülmesini we ş.m. hasaba alýar. Bu usulda obýekte goşmaça energiýanyň çeşmesi goşulmaýar, diňe onuň özünden çykýan ýylylyk energiýasy ulanylýar. İşjeň däl usul esasan obýektiň absolýut temperaturasyny ölçemek üçin hyzmat edýär.

Termografiýanyň işjeň usuly, ýylylyk energiýa öwrülýän we infrogyzyl diapazonda obýekt tarapyndan bölekleyin şöhlendirilýän, goşmaça energiýanyň girizilmegini hasaba alýar. Bu usul materialyň kemçiliklerine şaýatlyk edýän “gyzgyn nokatlary” we ýylylyk dartgynlygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Belli boluşy ýaly absolýut noldan uly temperatura eýe bolan hemme jisimler (predmet) elektromagnit energiýany şöhlendirýärler. Şöhlendirilýän energiýanyň mukdary jisimiň temperaturasyna, serpikdiriji üstiň ýagdaýyna we serpikdirijilik ukybyna baglydyr. Temperatura näçe ýokary boldygyça şonçada köp energiýa şöhlendirilýär.

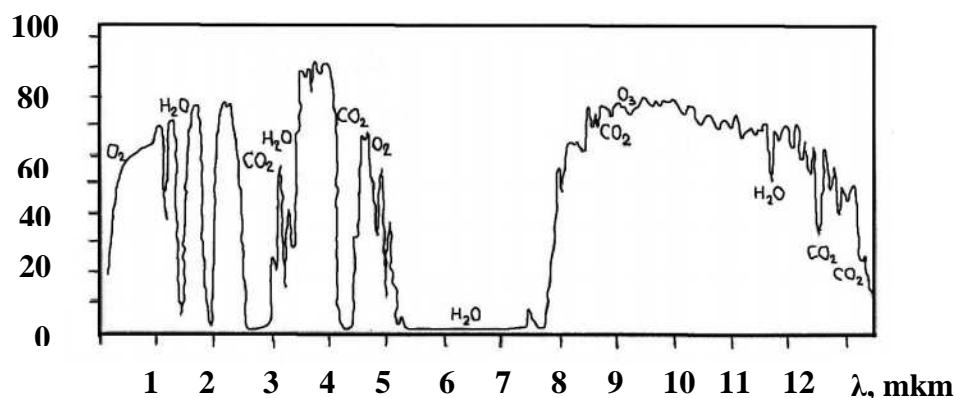
Jisim tarapyndan şöhlendirilýän energiýa elektromagnit tolkunlarynyň spektorynyň giň çäginde ýaýraýar. Bu ýaýrama dowam edýän wagty energiýanyň mukdar we spektral ýaýramalary temperatura baglydyr. Islendik kesgitli temperaturaly jisim üçin diňe bir tolkun uzynlyk degişlidir. Ol tolkun uzynlyk üçin bolsa şöhlendirilýän energiýa maksimuma eýedir. Jisimiň 75% energiýasy uzyn tolkunlarda, 25% bolsa gysga tolkunlarda berilýär.

Jisim tarapyndan şöhlendirilýän energiýa atmosferadan geçmelidir. Atmosferanyň özüniň energiýany siňdirýänligi we şöhlendirýänligi sebäpli spektriň haýsy ýerinde ölçeg geçirip boljaklygy tebigi çäklendirmeler bilen kesgitlenilýär. Hakykatda arassa atmosfera bilen işlemek mümkinçiligi seýrek duş gelýär. “Arassa” atmosferada bulutdan

başga dürli garyndylar bardyr (tozan, tüsse we ş.m). Bu garyndylar bolsa suw buglarynyň kondensasiýasynyň merkezi bolup atmosferada suw damjalaryny emele geterýär.

Atmosferanyň spektorynyň infrogyzyl oblastynda onuň Odegişli bolan siňdirme zolagynyň hatary bardyr. Bular esasan uglekislotanyň üç atomly molekulasy we suw buglarydyr (6.12-nji surat). Her bir siňdirme zolagy çyzyklaryň köplüğinden durýandyr. Bu çyzyklaryň ýygylgy bolsa molekulalaryň yrgyldyly we aýlawly rezonans ýygylgy bilen kesgitlenýändir.

**Geçirijiligi, %**



**6.12-nji surat. Atmosferanyň spektral durulygy.**

Esasan hem güýçli siňdirmeler 14 mkm – den başlaýar. Termowizor guluşlar ýasalanda adatça 3 mkm – den 5 mkm – e çenli uzyn tolkun diapazony ýa-da 8-14 mkm durulyk penjiresi ulanylýar. Haçanda termowizoryň kömegi bilen atmosferada ýerleşen şöhlemenäniň ýayradylýan çeşmesine gözegçilik geçirilende 8-14 mkm diapazon ulanylýar. Sebäbi 3-5 mkm diapazonda kömürturşy gaz tarapyndan şöhlemenäniň has köp ýuwdulma sezewar bolýan ýerleri bar.

Obýektiň temperaturasyny takyk ölçemek üçin aşaky faktorlara üns bermek gerek:

- obýektiň üstiniň şöhlelendirme koeffisiýenti;

Usulyýet ýalňyşlyklary ölçeg metodlarynyň (usullarynyň) kämil dälligi, ölçegiň esasyny düzýän hadysalary beýan etmek üçin ulanylýan formulalaryň takyklygynyň çäkliligi, ölçegiň netijelerini hasaplamak üçin ulanylýan algoritmleriň ýa-da formulalaryň takyk dälligi sebäpli ýüze çykýarlar. Häsiýeti öwrenilýän obýekte ölçeg serişdeleriniň täsirinden döreýän ýalňyşlyklar hem usulyýet ýalňyşlygyna degişlidir. Ölçeg serişdelerini ulanmagyň tärleri (usullary) bilen baglanyşykly ýalňyşlyklar hem usulyýet ýalňyşlygyna degişlidir. Usulyýet ýalňyşlygyny azaltmak üçin has takyk ölçeg metodlary ulanylýar.

G u r a l ýalňyşlyklary ölçeg serişdeleriniň kämil dälligi sebäpli döreýärler. Mysal üçin şkalasy dogry gradurowka edilmedik strelkaly (peýkamjykly) ölçeg priborlary ulanylanda döreýän gaýtalanýan gural ýalňyşlygy. Gural ýalňyşlygyny azaltmak üçin has takyk priborlar ulanylýar.

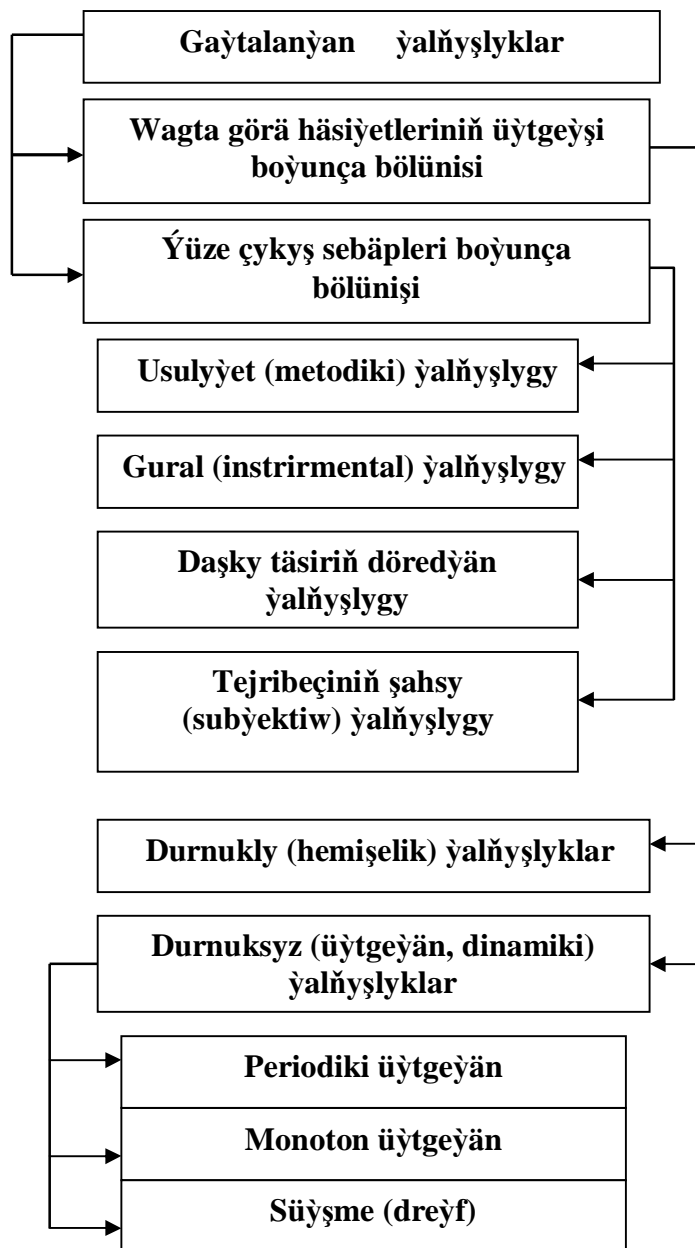
D a ş k y ýalňyşlyklar kadadan (normadan) çykýan daşky meýdanlaryň (ýylylyk, ýagtylyk, elektrik, magnit, grawitasiýa we ş.m.) täsirinden döreýär. Priborlary iýmitlendiriji tok çeşmeleriniň durnuklylygy, her hili mehaniki täsirler hem daşky ýalňyşlyklary döredýärler.

H u s u s y (subýektiv) ýalňyşlyklar tejribeçiniň (operatoryň) ölçeg serişdeleriniň gorkezýän bahalaryny hasaba alanda, ýa-da ölçegiň netijelerini gaýtadan işlande goýberýän nätakyklyklary bilen häsiýetlendirilýär. Häzirki zaman sanly priborlar we ölçeg geçirmegiň awtomatiki ulgamlary ulanylanda hususy ýalňyşlyklar ýüze çykmaýar.

Wagta görä üýtgeýiş häsiýeti boýunça gaýtalanýan ýalňyşlyklar statiki (durnukly, hemişellik) we dinamiki (durnukly däl, üýtgeýän) toparlara bölünýärler.

H e m i ş e l i k diýip бүтүн ölçegiň dowamynda ululygy we ugry üýtgemeýäm sistematiki ýalňyşlyga aýdylýar. Mysal üçin strelkaly priborlarda noluň doýluşy (sazlanylyşy) bilen baglanyşykly ýalňyşlyklar.

Ü ý t g e ý ä n diýip ölçeg prosessinde üýtgeýän ýalňyşlyga aýdylýar. Üýtgeýän ýalňyşlyklar 3 topara bölünýär:



8.2-nji surat. Gaýtalanýan ýalňyşlyklaryň düzümi.

- obýekte çenli aralyk;
- käwagt “gyzgyn nokat” görnüşinde kabul edip bolýan we dürli burçlardan barlag ölçeglerini talap edýän serpikdirilen gün şöhlelenmesi;
- infrogyzyl şöhlelenmäni dargadýan ýagyş ýa-da ümür;
- ölçenilýän obýekti sowadýan we ölçeg geçirilen ululyklara düzediş girizmäni talap edýän ýel;
- termoşekli ýoýup bilýän güýçli elektromagnit meýdanlar.

Termografiki analiz üçin ulanylýan apparatura infrogyzyl şöhlelenmäni kabul edijiden, fokusirleýji optiki ulgamdan, açygy ulgamdan we indikasiýa blogyndan ybaratdyr. Olara aýratynlykda seredeliň.

a) Şöhlelenmäni kabul ediji we signaly güýçlendiriji.

Kabul edijiler – ýylylyk, fotoelektriki, lýumenissent we fotohimiki kabul edijilere bölünýärler.

1) Ýylylyk kabul edijilerde şöhle energiýasy ýylylyga öwrülýär. Öwürlmäni hasaba almak şöhle düşmesi netijesinde gyzdyrylan meýdanyň temperaturasyny ölçemeklige getirilýär. Temperaturanyň üýtgemegini hasaba almak usulyşöhlelenmäni ýylylyk kabul edijiniň takyk görnüşini kesgitleýär: termoelement, bolometr, optika – akustiki kabul ediji, ewaporograf, dielektriki kabul ediji we ş.m.

2) Fotoelektrik kabul edijilerde şöhlelenme energiýasy ýagtylandyrylaýan madda tarapyndan göýberilýän elektronlaryň energiýasyna öwrülýär. Eger elektronlar atamlardan durýan maddalary taşlap gidýän bolsa onda bu hadysa daşky fotoeffekt hadysasy diýlip at berilýär. Eger-de elektronlar maddalarda galýan bolsalar onda bu hadysa içki fotoeffekt diýlip at berilýär.

Daşky fotoeffekt hadysasyny ulanýan kabul edijilere wakum we gaz doldurylan fotoelementler, fotoköpeldijiler, elektron – optiki özgerdijiler we käbir iberiji telewizion trubkalar (dissektor, ikonoskop, superikonoskop, optikon, superortikon we ş.m.) degişlidir. Widikon – öz garşylygyny ýagtylygyň täsiri netijesinde üýtgedýän ýarymgeçiriji nyşanly telewizion trubkadyr.

Içki fotoeffekt hadysasyny ulanýan kabul edijilere fotorezistorlar, fotoelementler, fotodiodlar we ş.m. degişlidir.

Lýuminissent kabul edijilerde şöhlelenmäniň bir spektral düzüjiden başga spektral düzüjä öwrülmesi bolup geçýär (metaskop). Fotohimiki kabul edijilerde şöhlelenme energiýasy dürli görnüşli himiki öwrülmeleri ýüze çykarýar (fotoplastinka, göz setçatkasy we ş.m.).

Düşýän şöhlelenmäniň tolkun uzynlygynyň üýtgemegi bilen baglanyşykly kabul edijiniň duýgurlygyny iki topara bölmek mümkin: selektiw däl we selektiw kabul ediji.

Selektiw däl kabul edijileriň duýujylyklary spektoryň kesgitli ýeterlik giň uçastogyn-da hemişelik bolup galýandyr. Selektiw kabul edijileriň duýujylyklary bolsa düşýän şöhlelenmäniň tolkun uzynlygyna baglydyr. Hususanda, selektiw däl kabul edijilere şöhlelenmäni ýylylyk kabul edijileriň köpüsi degişlidir. Bu kabul edijilerde bolsa ýuwdulma koýefisientiniň hemişeligi Kabul ediji üsti garalamagyň hasabyna üpjün edilýär.

Pes signallary isledigiňçe güýçlendirip bolmagynyň mümkinçiligine garamazdan, haotiki floktuasiýa ýa-da goh zerarly, olary elmydama hasaba alyp bolmaýar. Bu goh bolsa indi tapylmagy mümkin bolan energiýanyň aşaky çägin kesgitleýär. Signaly garyndy signaldan we gohdan çykarmak we özgertmek üçin güýçlendirijilerde hem-de energetiki zynjyrlarda çyzykly we çyzykly däl elementleriň dürli görnüşleri – gysgazolakly süzgüçler ýerleşdirilendir. Özgerdilen signaly hasaba almak üçin dürli wizual, ses fotografiki, ossillografiki indikatorlar we awtomatlaşdyrylan analiz ulgamy (mikroprosessorlar, EHM we ş.m.) ulanylýar.

Şöhlelenmäni kabul edijiniň çykyş signaly we gohy adaty ýagdaýda giriş gurluşyň üstünden güýçlendirijiniň girişine barýandyr. Termowizoryň elektriki bölümüniň umumylaşdyrylan shemasy 6.13-nji suratda görkezilen.

Bu ulgam dürli faktorlar bilen kabul ediji tarapyndan öndürilýän signalyň we gohyň baglanyşygyny aňladýar. Ýagny: ululyklar we şöhlelenmäniň spektral düzüjisi, daşky gurşawyň temperaturasy we duýujy gatlak, iýmitlendiriş naprýaženiýa we

Bu ýalňyşlyklar esasan ölçeg serişdeleriniň metrologiki häsiýetlerini beýan etmekde ulanylýar. Ýalňyşlyklary additiw, multiplikatiw we çyzykly däl görnüşlere bölmek ölçeg serişdeleriniň ýalňyşlyklaryny kadalaşdyrmak (normirmek) hakyndaky mesele çözülen-de we matematiki beýan etmekde düýpli ähmiýete eýedir.

Additiw ýalňyşlyklaryň döreýşine mysallar - terezi jamlarynda hemişelik ýükden, ölçeg başlamazyndan ön priboryň peykamjygyny (strelkasyny) nola takyk goýulmazlygyndan, hemişelik toguň zynjyrlaryndaky termo-EHG-den we ş.m. Multiplikatiw ýalňyşlyklaryň döremegine güýçlendirijiniň güýçlen - dirme koeffisiýentiniň üýtgemesi, monometriň datçiginiň membranasynyň ýa-da pružinasynyň gatylygynyň (berkliginiň) üýtgemesi, sanly woltmetrlerde direk naprýaženiýanyň üýtgemesi we beýlekiler sebap bolup biler.

Yzygiderli (birsyhly, birsydyrgyn) gaýtalanýan (sistemati) ýalňyşlyk ( $\theta$ ) diýip ölçeg ýalňyşlygyna hemişelik gatnaşýan, ýa-da şol bir ululyk täzeden ölçenende belli bir kanun boýunça üýtgeýän düzüjisine aýdylýar. Gaýtalanýan ýalňyşlygy ölçegiň netijesinden düzediş girizmek bilen aýryp bolýar. Ýöne bu ýol bilen ony doly aýyrmak mümkin däl.

Gaýtalanýan ýalňyşlyklaryň düzümi 8.2-nji suratdaky shemada görkezilýär. Gaýtalanýan ýalňyşlyklar ýüze çykyş sebäpleri we wagta görä häsiýetleriniň üýtgeýşi boýunça 2 topara bölünýärler.

Ölçeg usuly, ölçeg serişdesi, daşky täsir we tejribeçi (operator) gaýtalanýan ýalňyşlyklaryň çeşmesi bolup biler. Onuň wajyplygy gaýtalanýan ýalňyşlygy bilmek bilen ölçege degişli düzediş girizip onuň takyklygyny artdyryp bolýanlygy bilen düşündirilýär. Gaýtalanýan ýalňyşlygy kesgitlemegiň kynlygy bolsa ony ýüze çykarmagyň kynlygy bilen düşündirilýär. Sebäbi ölçegi gaýtadan geçirmek bilen gaýtalanýan ýalňyşlygy ýüze çykaryp bolmaýar. Şonuň üçin gaýtalanýan ýalňyşlygy ýüze çykarmak ölçegiň takyklygyny artdyrmagyň esasy ugurlarynyň biri bolup durýar.

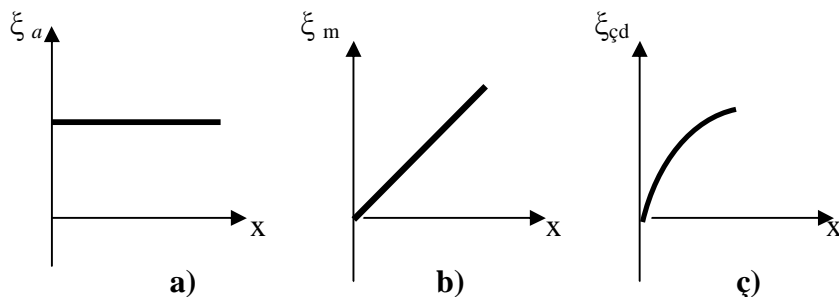
Getirilen ýalňyşlyk diýip absolýut ýalňyşlygyň ( $\xi$ ) käbir normirleýji (kadalaşdyryjy) ululyga bolan gatnaşygyna aýdylýar. Mysal üçin absolýut ýalňyşlygyň ölçeg priborynyň şkalasynyň ahyrky (gyraky) bahasyna bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$\gamma = 100 \frac{\xi}{x_N}, \quad (8.5)$$

Şeýlelik bilen ölçegiň takyklygyna onuň ýalňyşlygynyň mukdary (azlygy, köplügi) boýunça baha berilýär.

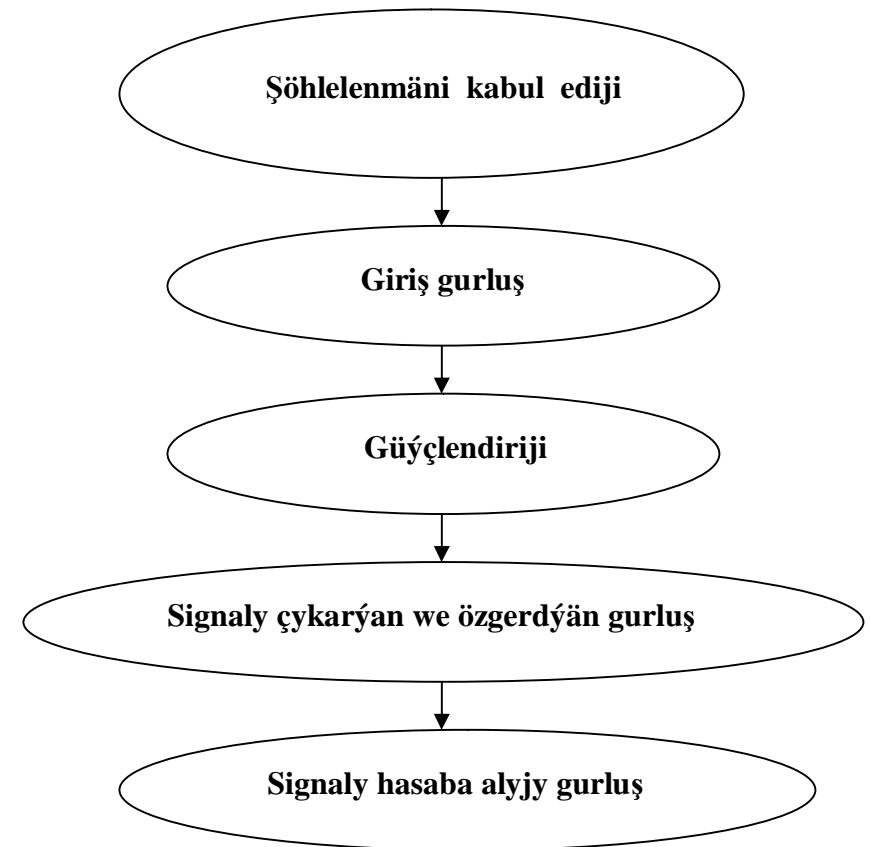
Absolýut ýalňyşlygyň ölçenýän ululygyň bahasy bilen baglanyşygynyň görnüşi boýunça additiw, multiplikatiw we çyzykly däl ýalňyşlyklar tapawutlandyrylýar (8.1-nji surat):

- Additiw ýalňyşlyklar  $\xi_a$  diýip ölçenýän ululyk bilen baglanyşykly däl ýalňyşlyklara aýdylýar;
- Multiplikatiw ýalňyşlyklar  $\xi_M$  diýip ölçenýän ululyk bilen göni proporsional ýalňyşlyklara aýdylýar;
- Çyzykly däl ýalňyşlyk  $\xi_{cd}$  diýip ölçenýän ululyk bilen çyzykly däl baglanyşykly ýalňyşlyklara aýdylýar.



8.1-nji surat. Additiw (a), multiplikatiw (b) we çyzykly däl (ç) ýalňyşlyklar.

başgalar. Köp ýagdaýlarda takyk häsiýetnamalar, kabul edijiniň häsiýetini kesgitleýän, san parametrler bilen çalşyrylýar. 6.2-nji tablisada käbir şöhlenenmäni kabul edijileriň esasy parametrleri getirilen. Kabul edijiniň duýujylygynyň görälik spektral ýaýramasy 6.14-nji suratda görkezilen.



6.13-nji surat. Termowizoryň elektrik bölümleriniň umumlaşdyrylan shemasy.

### b) Optiki ulgamlar.

Optiki ulgamyň esasy elementi bolup obýektiw hyzmat edýändir. Obýektiw bolsa şöhlelenmäniň akymyny ýygnamak (fokusirlemek) we gözegçilik geçirilýän obýektiň şekiliniň

döredilmegi üçin ulanylýar. Obýektiw tarapyndan döredilýän şekiliň hiline bolan talap gurluş tarapyndan çözülýän meseleler bilen kesgitlenilýär.

Obýektiwiň ýönekeý görnüşi hökmünde sferik üstli linzany görkezmek bolar. Linza dört sany parametr bilen häsiýetlenýär: egrilik radiusy  $R_1$  we  $R_2$ , döwürleme görkezijisi  $n$  we galyňlygy  $d$ .

Tükeniksiz aralykda ýerleşdirilen nokatlanç ýagtylyk çesmeden gelýän parallel şöhle dessesi linza düşüp  $f$  aralykda fokusirlenýär.  $f$  – aralyga linzanyň fokus aralygy diýilýär.

Ýönekeýlik üçin sferiki üstli linza düşýän tekiz tolkunly sferiki tolkuna öwürýär diýip hasap etmek bolar. Emma hakykatda ideal sferiki üstli linzadan geçýän tolkunly fronty aberrasiýa sebäpli ideal sferikden gyşarmasy ýüze çykýar. Tolkunyň frontynyň sferikligini gowlamak üçin (ýagny aberrasiýany aýyrmak üçin) linzanyň üstlerine sferiki däl, ýagny asferiki forma berilýär. Emma optiki ulgam tarapyndan emele getirilýän nokatlanç däl şöhle çesmesiniň şekiliniň aberrasiýasyny doly aradan aýyryp bolmaýar. Alynýan şekil nokat däl-de tegmil görnüşli bolýar. Sebäbi obýektiwiň ysynyň ölçegi çäkli bolýar we difraksiýa zerarly şöhle "gyşarýar". Ýönekeý optiki ulgamlaryň difraksiýa zerarly şöhle "gyşarýar". Ýönekeý, kämil däl optiki ulgamlarda alynýan şekiliniň hiliniň pesligi fokusyň ýoýulmagy bilenüýtgedilmegi, sferiki aberrasiýa, astigmatizm we başgalar tarapyndan kesgitlenilýär.

Termowideniýada ulanylýan linzany taýarlamak üçin ulanylýan materiallar hökmünde köplenç aşakda görkeziljek optiki gurşawlar ulanylýar: monokristallik we polikristallik görnüşli ýarymgeçiriji material bolan kremniý we germaniý, gyzygyn presleme bilen alynan polikristalliki birleşmeler, optiki keramika, sink selenidi we sink sulfady hem-de halkogenid aýnalar. Esasan döwürleme görkezijisi uly bolanlygy (germaniý üçin 4.0, kremniý

görnüşde aňladylýar. Absolýut ýalňyşlygyň birligi ölçenýän ululygyň birligi bilen gabat gelýär. Emma ol doly manyda ölçegiň takyklygynyň görkezijisi bolup hyzmat edip bilmeýär. Sebäbi absolýut ýalňyşlygyň şol bir bahasynda, mysal üçin  $\xi = 0,05$  mm absolýut ýalňyşlyk bilen  $x = 100$  mm uzunlyk ölçenende takyklyk ýeterlik derejede ýokarydyr, emma  $x = 1$  mm bolanda ölçegiň takyklygy pesdir. Absolýut ýalňyşlyk alynan ýalňyşlygyň ululygyny we alamatyny (belgisini) häsiýetlendirýär. Ýöne ol ölçegiň hilini kesgitlemeýär. Şonuň üçin otositel ýalňyşlyk diýen düşünje girizilýär.

O t n o s i t e l ý a l ñ y ş l y k diýip ölçegiň absolýut ýalňyşlygynyň ölçenýän ululygyň çyn bahasyna bolan gatnaşygyna aýdylýar:

$$\varepsilon = \frac{\xi}{x_c} = \frac{x - x_c}{x_c}, \quad (8.2)$$

Köplenç otnositel ýalňyşlyk ( $\varepsilon$ ) göterimde (% , prosent) görkezilýär.

$$\varepsilon = 100 \frac{\xi}{x_c}, \% \quad (8.3)$$

Köplenç  $\xi \ll x_c$  bolany üçin otnositel ýalňyşlyk

$$\varepsilon \cong \frac{\xi}{x}, \text{ ýa-da } \varepsilon \cong 100 \frac{\xi}{x}, \quad (8.4)$$

aňladylýp biliner.



## VIII. ÝALŇYŞLYKLARYŇ GÖRNÜŞLERI

Absolýut we otnositel (göräli) ýalňyslyklar barada düşüňjeler. Absolýut ýalňyslygyň ölçenýän ululyk bilen baglanyşygynyň additiw, multiplikatiw we çyzykly däl görnüşleri. Gaýtalanýan ýalňyslyklar. Gaýtalanýan ýalňyslyklaryň ýüze çykarlyş usullary. Tötänleýin ýalňyslyklar. Tötänleýin ýalňyslyklaryň ähtimallygynyň paýlanyş kanunlary we statistiki häsiýetnamalary. Tötänleýin ýalňyslyklaryň paýlanyşygyny häsiýetlendirýän gistogrammanyň düzülişi. Paýlanyşygyň merkezi hakynda düşüňje. Paýlanyşygyň merkezi we başlangyç momentleri. Gödek ýalňyslyklar we olary aýyrmagyň usullary.

Ulanylýan usullaryň we ölçeg serişdeleriniň kämil dälligi, ölçegiň netijesine täsir edýän fiziki ululyklaryň hemişelik bolmaýandygyny we tejribeçiniň hususy aýratynlyklary sebäpli ýalňyslyklar ýüze çykýar. Ondan başgada ölçegiň takyklygyna daşky we içki päsgelçilikler, howa şertleri we ölçeýji priboryň duýgurlygynyň çäkliligi täsir edýärler.

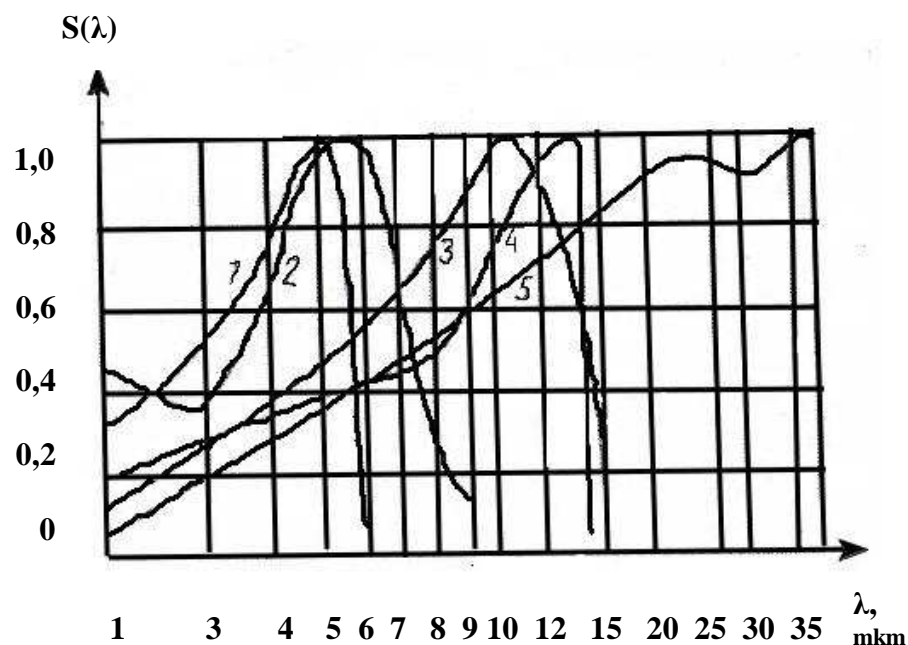
Ýetiljek bolunýan takyklyk derejesi tehniki we ykdysady nukdaýnazardan maksada laýyklygy bilen kesgitlenilmelidir. Ölçeğiň takyklygy 2 esse ýokarlandyrylanda ölçegiň özi 2÷3 esse gymmatlaýandygy bellidir. Şol bir wagtda önümçilikde ölçegiň takyklygyny belli bir möçberden (normadan) peseltmeklik öndürilýän önümleriň hiliniň peselmegine we zaýa önümleriň mukdarynyň düýp-göter köpelmegine getirýär.

Absolýut ýalňyslyk (ξ) diýip ölçegiň netijeleriniň x ölçenýän ululygyň çyn bahasyndan x<sub>ç</sub> gyşarmagyna (tapawutlanmagyna) aýdylýar we

$$\xi = x - x_{\text{ç}}, \quad (8.1)$$

6.2- nji tablisa. Şöhlenenmäniň esasy parametrleri.

Kabul edijiniň görnüşleri		Ka-bul edi-jiniň temp. (K)	Spekt-ral hasi-yetna-manyň maks. $\lambda_{m,mkm}$	50% dere-jedäki uzyn-lyk çägi. $\lambda_0$ mkm	Garaň-kylyk garsy-lygy ž, Om	Wagt hemi-şeligi $\tau$ , s	Udel kesgitleşýiji usyby. $Gs^{1/2} \cdot Wt^{-1}$ .	
							Gowy kabul ediji	Çäk baha-sy
B o l o m e t r		295	-	40	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{10}$
	Geme-diden	4.3	-	50	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{11}$
F o t o r e z i s t o r l a r	Gurşun sulfi-dinden	295	2.6	3.0	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{11}$
	Gurşun sulfi-dinden	195	2.7	3.2	$10 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{11}$	$7 \cdot 10^{11}$
	Indiniň antimo-nidinden	77	5.3	5.4	$10 \cdot 10^3$	$10^{-5}$	$6 \cdot 10^{10}$	$10^{10}$
	Gyzyl çayýlan germa-niden	60	5.0	7.5	$10^5$	$10^{-7}$	$10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$
	Simap çayýlan germaniý	30	10.0	14.0	$6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$
	-	77	10.6	13.0	$10^3$	$10^{-8}$	$10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$



6.14-nji surat. Şöhlemenmäni kabul edijileriň spektral häsiýetnamalary: InSb (1), Ge:Au (2), Ge:Hg (3), KPT (4), Ge:Zn (5).

üçin 3.4) we mehaniki gatylygy sebäpli kremniý we germaniý giňden peýdalanylýar.

Linzaly optiki ulgamlaryň köp ýetmezçilikleri zerkal obýektiwlerde ýokdur. Bu ýagdaýda ýönekeý obýektiw hökmünde ýekelik (sferiki) serpikdiriji aýna ulanylýandyr. Eger sferiki üstli serpikdiriji aýnanyň deregine asferiki aýna (parabola, giperbola we başg.) ulansak onda sferiki aberrasiýany ýok edip we şekiliň hilini gowlandyryp bolar. Mundan başgada birnäçe çylşyrymly zerkal obýektiwler hem giňden ulanylýar. Meselem: iki zerkal obýektiw. Iki zerkal obýektiwde esasy egri serpikdiriji aýnasyndan başgada, dürli formalý bolup bilýän, kontrreflektor hem bardyr. Zerkal obýektiwler giň görünme meýdanynda şekiliň hiliniň gowy bolmagyny üpjün etmeýärler. Kontrreflektoryň bolmagy zerkal

7.1-nji tablisa. Ölçeg ýalňyşlyklarynyň bellenilişi.

№	Ýalňyşlygyň ady	Bellenilişi	
		Ýalňyşlyklar	Ýalňyşlyklaryň çägi
1	Gaýtalanýan ýalňyşlyk	$\Theta$	$\theta$
2	Tötänleýin ýalňyşlyk	$\Psi$	$\psi$
3	Absolýut ýalňyşlyk	$\xi$	$\Delta$
4	Otnositel ýalňyşlyk	$\varepsilon$	$\delta$
5	Getirilen ýalňyşlyk	$\gamma$	$\gamma$

Şeýlelik bilen, eger ölçegiň ýalňyşlygynyň säwlikler bilen baglanyşykly ( $\xi_s$ ) bölegi hasaba alynmasa, ölçegiň absolýut ýalňyşlygy ( $\xi = x - x_c$ ) gaýtalanýan we tötänleýin ýalňyşlyklaryň jemi görnüşinde görkezilýär:

$$\xi = x - x_c = \theta + \psi, \quad (7.8)$$

Bu absolýut ýalňyşlygyň hem edil ölçegiň netijesi ýaly tötänleýin ululykdygyny aňladýar.

Ölçeg prosesinde ölçenýän ululygyň özüni alyp baryş häsiýeti boýunça statiki (durnukly) we dinamiki ýalňyşlyklary tapawutlandyrýarlar.

**D u r n u k l y ( s t a t i k i )** ýalňyşlyklar ölçenýän fiziki ululygyň durnukly bahasynda ölçeg geçirilende ýüze çykýar. Ýagny fiziki ululygyň ölçenýän bahasy wagta görä üýtgemesini togtadýar (bes edýär).

**D i n a m i k i** ý a l ñ y ş l y k l a r haçanda ölçenýän ululyk wagta görä üýtgäninde we onuň üýtgeýşiniň kanunyny kesgitlemek gerek bolanynda ýüze çykýar. Dinamiki ýalňyşlyklaryň döremeginiň sebäbi bolup priboryň tizlik häsiýetleriniň ölçenýän ululygyň üýtgeýşiniň tizligine gabat gelmezligidir.

Ölçeg serişdeleriniň ulanylyş şertleri boýunça esasy we goşmaça ýalňyşlyklary tapawutlandyrýarlar.

Ölçeg serişdeleriniň esasy ýalňyşlygy olar kadaly şertlerde ulanylanda ýüze çykýar.

Ölçeg serişdeleriniň goşmaça ýalňyşlygy ol ýa-da beýleki täsir edýän ululyklaryň (temperatura, çyglylyk we beýlekidler) kadaly bahalarynyň ýaýlaşynyň çäginde çykmagy sebäpli döreýär.

Ýalňyşlyklaryň we olaryň çäginin şertli belgilenişi 7.1-nji tablisada görkezilen.

obyektiwiň kabul ediji üstiniň bölegini ekranirlenmegine (gohlardan goralmagyna) getitýär. Linza we zerkal ulgamlaryň köp oňaýly häsiýetleri zerkal – linza optiki ulgamlarda jemlenendir. Bu ulgamlara Şmidtň ulgamy, Maksutowyň ulgamy degişlidir.

#### ç) Açygy ulgam.

Häzirki zaman has köp ýaýran termowizorlaryň optiki ulgamy optiki okuň ugrunyň üýtgemeginiň hasabyna daşky gurşawa gözegçilik geçirýän öwürijini, skaner (obyekti ýa-da daşky gurşawy şöhläniň kömegi bilen şekile geçiriji gurluş) gurluşlary öz içine alýar. Şunuň ýaly optiki ulgamly termowizorlara optiki – mehaniki skanerleýji termowizor diýlip at berilýär. Umumy ýagdaýda skanerlemegi başga usullar bilen hem amala – aşyryp bolýar: elektron şöhesi (iberiji telewizion trubkalarda) bilen, ýagtylyk şöhesi (şekli termoelektron özgerdijide hemme optiki ulgamyň herekete gelmeginiň hasabyna) we optiki ulgama girýän materiallaryň optiki häsiýetlerini üýtgetmek bilen amala – aşyrylýar.

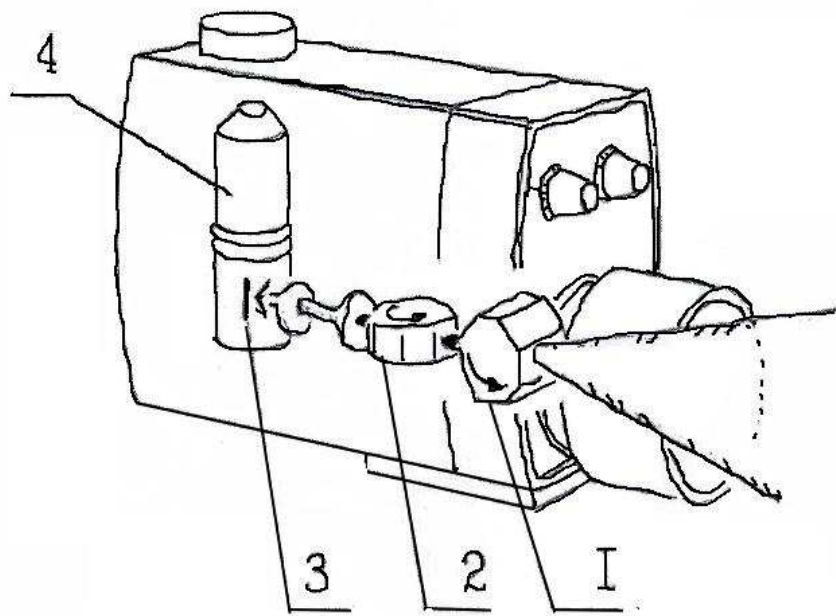
Termowizorlaryň köp görnüşlerinde (6.15-nji surat) serpikdiriji aýna skanerlemesi ulanylýar. Bu ýagdaýda çeşmeden gelyän şöhlelenmäniň akymynyň ugrunda serpikdiriji aýna ýerleşdirilýär. Bu aýna tekizligi giňişlikde öz ornuny üýtgedýändir we munuň netijesinde şekiliň talap edilýän açylmagy alynýar.

Käbir halatlarda skanerlemek üçin köpgranly serpikdiriji aýna, zerkal prizmalar ýa-da piramidalar ulanylýar. Bu ýagdaýda serpik-diriji aýna bir doly aýlaw edýänçä prizmanyň ýa-da piramidanyň granlarynyň san bahalaryna den bolan setirleri skanerläp ýetişýär.

#### d) Indikasiýa gurluşy.

Infrogyzyl (ýylylyk) şekili – termogrammany adatça elektrik şöhle trubkada hasaba alynýar (fiksirlenýär). Ondan bolsa şekil fotoplýonka ýa-da fotomateriala hasaba alynýar. Mundan başgada ony magnit lenta ýazgy görnüşinde almak mümkindir. Indikatoryň ekranında gönüden – göni gözegçilik geçirilende onuň üstinde analiz geçirmäge mümkinçilik berenok. Sebäbi derňew prosesi temperatura meneklerini we olaryň özara ýerleşişini seljermeklik

bilen simmetriki nokatlaryň arasyndaky temperaturanyň tapawudynyň ululygyny kesgitlemekden ybaratdyr. Termogrammany hasaba almaklygyň arzan we amatly usuly hökmünde şekili elektriki kagyza (fotografiýada ulanylýan) ýazmaklyk usulyny görkezmek bolar. Kagzyň garalma derejesi onuň



**6.15-nji surat. AGA firmanyň termowizorynyň kabul ediş bölümi: 1,2- wertikal we gorizonta ugur boýunça skanirleýji prizmalar; 3- şöhlenmäni kabul ediji; 4- suwuklyk görnüşindäki azot üçin sygym.**

üstünden akyp geýän fotopriýomnigiň signaly bilen dolandylyan toga baglydyr. Şekili göniden göni elektriki kagyza ýazmak üçin diňe ýazgynyň ýeterlik kiçi tizliginde (sekuntda 5 setir töweregi) amala aşyrmak mümkin.

Termowizorlaryň iň köp ýaýrany we ulanylýany AGA firmanyňky hasaplanylýar (mysal üçin, SAT HY-6800, Hot Find, Agema).

Üýtgeýän ýalňyşlyklar 3 topara bölünýärler: monoton (ýuwaş-ýuwaşdan) üýtgeýän, periodiki üýtgeýän we tötänleýin (dreif) üýtgeýän.

Monoton üýtgeýän ýalňyşlyk bu ölçeg wagty bir hilli, ýagny belli bir kanun esasynda, ösýär ýa-da azalýar (peselýär). Mysal üçin batareýanyň (akkumulýatoryň) ýuwaş - ýuwaşdan çökmegi (razrýadlaşmasy).

Wagta görä periodiki funksiýa boýunça üýtgeýän ýalňyşlyga periodiki üýtgeýän ýalňyşlyk diýilýär. Mysal üçin gije gündiziň dowamynda howanyň temperaturasynyň üýtgemegi netijesinde döreýän ölçeg ýalňyşlygy.

Tötänleýin üýtgeýän ýalňyşlyk bu ölçegiň önünden anyklap (aýdyp) bölmaýan ýalňyşlygy bolup ol ýuwaş - ýuwaşdan ýa-da böküşli üýtgäp bilýär. Mysal üçin priboryň strelkasynyň (peýkamjygynyň) bir ýerde durman ýuwaş-ýuwaşdan ýa-da böküp süýşip durmagy.

Eger aýry-aýry ölçegleriň netijesiniň arasynda tapawut bar bolsa onda munuň ýaly ölçeg netijeleriniň pyramasyndan (ýaýramasyndan) döreýän ýalňyşlyga tötänleýin ýalňyşlyk ( $\psi$ ) diýilýär. Tötänleýin ýalňyşlyklar her bir ölçegde ýüze çykyp biler we olary düzediş girizip ölçeg netijelerinden aýryp bolmaýar. Olary diňe ähtimallyk nazaryýetine esaslanan statistiki usuldan peýdalanyň we matematiki statistikanyň esasynda beýan etmek we kesgitlemek mümkin. Fiziki ululygy köp gezek ölçemek we soňra alynan netijeleri statistiki işläp taýýarlamak ýoly bilen tötänleýin ýalňyşlyklary azaldyp bolýar.

Gödek ýalňyşlyk (säwlik) diýip ölçegiň berilen şertlerinde garaşylýanyndan has tapawutly (ýokary) bolan ýalňyşlyga aýdylýar. Bu ýalňyşlyklar operatoryň (tejribeçiniň), ýa-da daşky hasaba alynmadyk täsirler sebäpli ýüze çykýar. Bu ýagdaýda 2-3 ölçeg (ýa-da has köp) ölçeg geçirmek, we olaryň orta arifmetiki bahasyny ölçegiň netijesi hökmünde kabul etmek maksadalaýykdyr. Köp gezek gaýtalanyp geçirilýän gözegçiliklerde säwlikler olaryň netijelerini gaýtadan işlemek prosesinde ýüze çykarylýar we soňky etaplarda seretmeklikden aýrylýar.

Köplenç  $\xi \ll x_\xi$  bolany üçin otnositel ýalňyşlyk  $\varepsilon = \frac{\xi}{x}$ , ýa-

da  $\varepsilon = 100 \frac{\xi}{x}$  görnüşde kesgitlenilip biler.

Getirilen ýalňyşlyk  $\gamma$  diýip absolýut ýalňyşlygyň  $\xi$  käbir kadalaşdyryjy (normirleýji) bahasyna bolan gatnaşygyna aýdylýar. Mysal üçin absolýut ýalňyşlygyň ölçeg priborynyň şkalasynyň ahyrky (gyraky) bahasyna bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$\gamma = 100 \frac{\xi}{x_N}, \quad (7.7)$$

Ölçeg wagtynda ölçenýän ululygyň öz üni alyp baryş häsiýeti, ýagny ýüze çykyş häsiýetleri boýunça ölçeg ýalňyşlyklary, esasan, 3 sany topara bölünýärler: gaýtalanýan, tötänleýin we gödek (säwlik).

Gaýtalanýan (sistematiki) ýalňyşlyk ( $\theta$ ) diýip ölçeg ýalňyşlygyna hemişelik gatnaşýan, ýa-da şol bir ululyk täzedan ölçenende belli bir kanun boýunça üýtgeýän düzüjisine aýdylýar. Gaýtalanýan ýalňyşlygy düzediş girizmek bilen ölçegiň netijesinden aýryp bolýar. Ýöne bu ýol bilen ony doly aýyrmak mümkin däl.

Wagta görä üýtgeýşine baglylykda gaýtalanýan ýalňyşlyklar 2 toara bölünýärler, ýagny hemişelik we üýtgeýän. Ölçegiň dowamynda ululygyny we ugryny üýtgetmeýän ýalňyşlyklara hemişelik gaýtalanýan ölçeg ýalňyşlyklary diýilýär. Mysal üçin woltmetriň (ampermetriň), tereziniň görkezijisiniň (strelkasynyň) ölçeg başlamazyndan ön ylaýyk nol edip goýulmazlygy we ş.m. Ölçeg mahalynda (döwründe) üýtgeýän ýalňyşlyklara üýtgeýän gaýtalanýan ölçeg ýalňyşlyklary diýilýär.

## VII. ÖLÇEG ÝALŇYŞLYKLARY WE OLARYŇ KLASSIFIKASIÝASY

**Fiziki ölçeglerde ýüze çykyan ýalňyşlyklar. Ýalňyşlyklar nazaryýetiniň esaslary. Ölçeg ýalňyşlyklarynyň klassifikasiýasy. Ölçeg ýalňyşlyklaryň usulyýet we gural düzüjileri. Ölçeg serişdeleriň esasy we goşmaça ýalňyşlygy. Ölçeg abzalynyň nätakyk gradirowka edilmegi, noldan süýşmesi we ş.m. sebäbli ýüze çykyan ýalňyşlyklar. Tejribeçi tarapyndan girizilýän ýalňyşlyk.**

Her bir fiziki ölçegiň maksady netije almak, ýagny fiziki ululygyň çyn bahasyny anyklamak bolup durýar. Emma ölçeg metodlary we serişdeleri nähili takyk we kämil bolsada we ölçegler nähili yhlas bilen dürs we oňaly ýerine ýetirilen bolsada olaryň netijeleri hemişe ölçenýän fiziki ululygyň çyn bahasyndan tapawutlanýar. Ýagny ölçegleriň netijesinde fiziki ululygyň çyn bahasy käbir ýalňyşlyk bilen tapylýar. Ulanylýan ölçeg metodlarynyň we serişdeleriniň kämil dälligi, ölçegleriň netijesine täsir edýän fiziki ululyklaryň hemişelik dälligi we tejribeçiniň hususy aýratynlyklary sebäpli ýalňyşlyklar ýüze çykyarlar. Ondan başgada ölçegiň takyklygyna daşky we içki päsgelçilikler, klimat (howa) şertleri we ölçeg priborlarynyň duýgurlygynyň başlanýan ýeri täsir edýärler.

Ölçeg ýalňyşlyklaryna baha bermek bilen ýetiljek bolunýan takyklyk derejisiniň tehniki we ykdysady tarapdan maksada laýyklyk ýagdaýlary (kriteriýalary) bilen kesgitlenýändigine düşünmeli (göz önünde tutmaly). Ölçegiň takyklygyny 2 esse ýokarlandyrmak ölçegiň özüni 2÷3 esse gymmatlaşdyrýandygy metrologiýada anyklanyldy. Şol bir wagtyň özünde önümçilikde ölçegiň takyklygyny belli bir kadadan (normadan) peseltmek köp zaýa önümiň ýüze çykmagyna getirýär. Edil şonuň ýalyda ölçegleriň takyklygy bellende olaryň ähmiýetini hasaba almaly (göz önünde tutmaly). Birnäçe

ýagdaýlarda ýeterlik däl takyklyk bilen alynan ölçeg informasiýasy uly däl (lokal) ähmiýete eýedir, emma başga ýagdaýlarda örän wajyp rol oýnap biler. Ölçegleriň takyklygyndan adamlaryň jan-saglygy, edil sonuň ýaly ylmy açyşlar, we ş.m. bagly bolup biler.

Metrologiýa nukdaýnazaryndan gowy ölçeg diýip ýalňyşlygy iň az bolan ölçege aýdylýar. Ýöne şol bir meňzeş şertlerde tejribe ölçegi bilen alynan netijeleri täzeden gaýtalap alynan netijeler alynmasa (gaýtalanmasa) onda ol ölçegleriň manysy ýokdyr. Tejribede alynan netijeleriň täzeden gaýtalanyp alynmagynyň ölçegi bolup tejribeçi tarapyndan bahasy anyklykanyň ölçeg ýalňyşlygy hyzmat edýär.

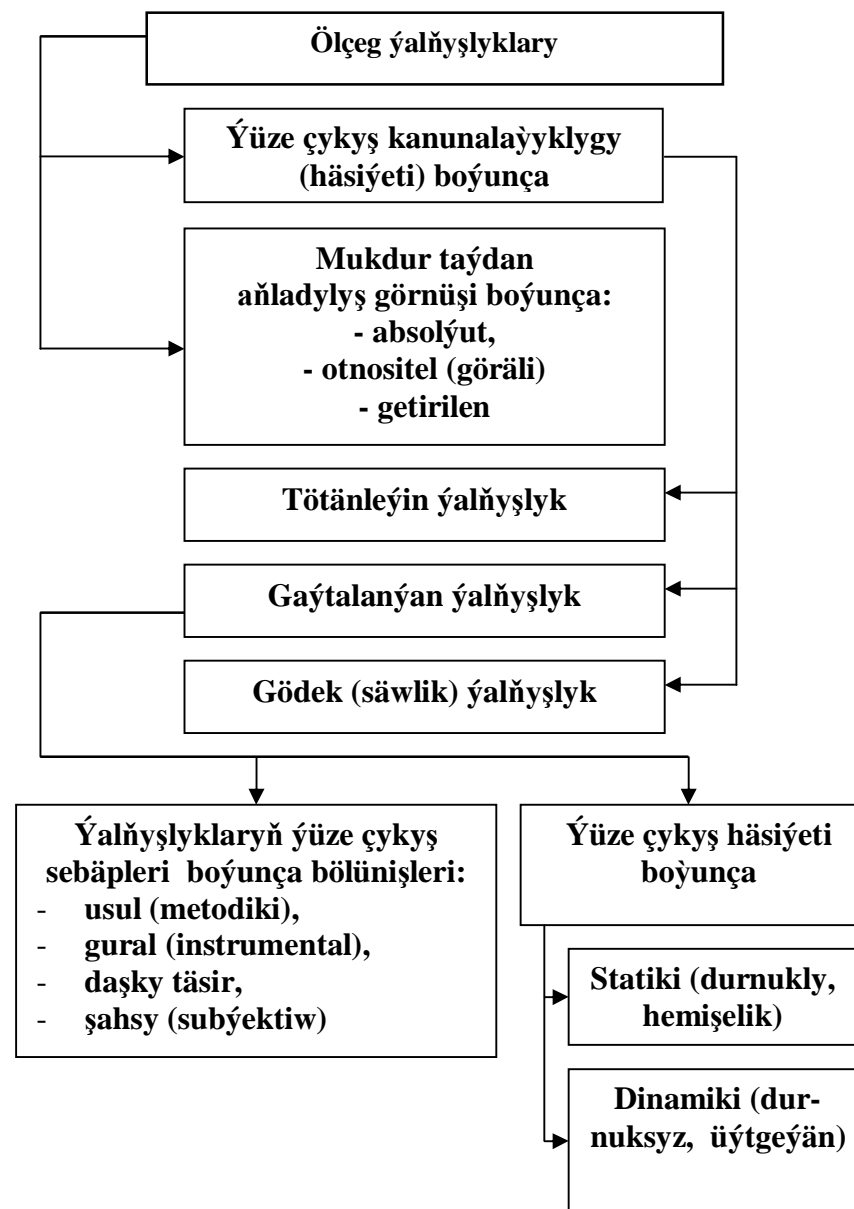
“Ýalňyşlyk” kesgitlemesi metrologiýada esasy orny eýeleýär. Ol özünde “ölçeğiň netijesiniň ýalňyşlygy” we “ölçeğiň serişdeleriniň ýalňyşlygy” diýen düşünjeleri jemleýär. Bu iki düşünje bir – birine ýakyn bolup olar köplenç alamatlarynyň birmeňzeşligi bilen häsiýetlendirilýär. “Ýalňyşlyk” düşünjesini girizmek ölçenýän fiziki ululygyň çyn we hakyky bahasy, hem-de ölçegiň netijesi diýen 3 düşünjani anyklaşdyrmagy we olara takyk çäk goýmagy talap edýär.

Ölçeğiň ýalňyşlygy diýip ölçegiň netijesiniň ölçenýän ululygyň çyn bahasyndan gyşarmasyna (tapawudyna) aýdylýar. Ölçeğiň ululygyň çyn bahasy belli bolmany üçin ýalňyşlyk mukdar taýdan häsiýetlendirilende fiziki ululygyň hakyky bahasy ulanylýar.

Fiziki ululygyň çyn bahasy diýip mukdar we hil taýdan seredilýän obýektiň häsiýetini aňladýan hyýaly (ideal) bahasyna aýdylýar. Seredýän obýektimiziň (zadymyzyň) çyn bahasy biziň akyl ýetirişimize bagly däl. Sonuň üçin obýektiň (zadyň) “çyn bahasy” diýen abstrakt düşünjani “hakyky baha” diýen düşünje bilen çalyşmaly bolýarys.

Fiziki ululygyň “hakyky bahasy” eksperiment ýoly bilen kesgitleňýär we ol “çyn baha” örän ýakyn bolýar. Ölçeğiň ýoly bilen alynan ölçeg netijesi fiziki ululygyň hakyky manysynyň ýakynlaşan bahasyny berýär.

Ýalňyşlyklar nazaryýetiniň esasy düzýan postulatlar:



7.1-nji surat. Ölçeğiň ýalňyşlyklarynyň klassifikasiýasy (görnüşleri).

mehaniki täsirler we ş.m. Köplenç ölçegiň daşky meýdanlar tarapyndan döredilýän ýalňyşlyklary gaýtalanýan ýalňyşlyklara degişlidir.

Esasy aýratynlyklary (alamatlary) boýunça ýalňyşlyklaryň klassifikasiýa edilişine seredip geçeliň (7.1-nji surat).

Mykdar taýdan aňladylş görnüşi boýunça ölçeg ýalňyşlyklary absolýut, göräli we getirilen ýalňyşlyklara bölünýär.

Ölçenýän ululygyň birliginde aňladylýan absolýut ýalňyşlygy diýip ölçegiň netijesiniň  $x$  ululygyň çyn bahasyndan  $x_c$  gyşarmasyna aýdylýar. Absolýut ýalňyşlyk alynan ýalňyşlygyň ululygyny we alamatyny häsiýetlendirýär, ýöne ölçegiň hilini kesgitlemeýär.

Ölçegiň hiliniň häsiýetnamasy bolan ölçeg takyklygy ölçegiň netijeleriniň kesgitlenýän ululygyň çyn bahasyna ýakynlygyny görkezýär. Başgaça aýdanyňda ýokary takykly ölçeglere az (kiçi) ýalňyşlyk degişlidir. Mysal üçin 10A we 100A bolan tok güýjüniň ölçegini birmeňzeş  $\xi=1A$  absolýut ýalňyşlyk bilen ýerine ýetirilip biliner. Emma 1-nji ölçegiň hili 2-njiniňkiden pes (erbet) bolar. Şonuň üçin, ölçegiň hilini deňeşdirmek mümkinçiligi bolar ýaly, otnositel ýalňyşlykdan peýdalanylýar.

ýalňyşlygynyň ölçenýän ululygyň çyn bahasyna bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$\varepsilon = \frac{\xi}{x_c} = \frac{x - x_c}{x_c}, \quad (7.5)$$

Otnositel ýalňyşlyk  $\varepsilon$  köplenç göterimde (% , prosentde) aňladylýar:

$$\varepsilon = 100 \frac{\xi}{x_c} = 100 \frac{(x - x_c)}{x_c}, \quad (7.6)$$

- 1) Ölçenýän ululygyň çyn bahasy bar (postulat  $\alpha$ );
- 2) Ölçenýän ululygyň çyn bahasyny tapmak mümkin däl

(postulat  $\beta$ );

- 3) Ölçenýän ululygyň çyn bahasy hemişelik (postulat  $\gamma$ ).

Ölçegleriň netijesiniň ýalňyşlygy – bu ölçegiň netijesi  $x$  bilen ölçenýän ululygyň çyn bahasynyň  $x_c$  arasyndaky tapawudy görkezýär.

$$\xi = x - x_c, \quad (7.1)$$

bu ýerde  $\xi$  – ölçegiň ýalňyşlygy. Ölçenýän ululygyň çyn bahasy  $x_c$  hemişe näbelli. Ölçeg serişdesiniň ýalňyşlygy – bu ölçeg serişdesiniň görkezýani (görkezmesi) bilen ölçenýän fiziki ululygyň çyn bahasynyň  $x_c$  arasyndaky tapawudy görkezýär. Ölçegiň netijesi çyn baha näçe golaý bolsa sonça hem ölçegiň hili ýokarydyr.

“Ölçenýän ululygyň çyn bahasy näbelli bolany üçin ýokarda körkezilen formulany ölçegiň ýalňyşlygyny hasaplamaga ulanmak bolmaýar. Şonuň üçin ýalňyşlygyň bu aňlatmasy diňe nazary barlaglarda ulanylýar. Tejribede ululygyň çyn bahasy  $x_c$  onuň hakyky bahasy  $x_n$  bilen çalşylýar. Bu ýagdaýda ýalňyşlyk aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar

$$\xi = x - x_h, \quad (7.2)$$

Ölçenýän ululygyň bahasy  $x_h$  diňe käbir derejede ýakynlaşmak bilen onuň çyn bahasyny  $x_c$  çalyşýanlygy üçin “hakyky” bahasyna görä tapylan ölçeg ýalňyşlygy onuň “çyn” bahasyna görä tapylan ýalňyşlygyndan tapawutlanýar we “çyn” ölçeg ýalňyşlygynyň ýakynlaşan bahasy bolýar. Başgaça

aýdanynda ululygyň tejribe üsti bilen kesgitlenýän “hakyky” bahasy ( $x_h$ ) onuň “çyn” bahasyna örän ýakyndygyny göz önünde tutup  $x_h \cong x_c$  kabul edilýär.

Ýokarda aýdylanlary göz önünde tutup, ýönekeýlik üçin kitabyň dowamynda hakyky baha derek “çyn” adalgasyny ulanarys.

Ýokardaky (7.1) we (7.2) formulalara laýyklykda aňladylan ýalňyşlyk ölçenýän ululygyň ölçegine eýedir we şonuň üçin “absolýut ýalňyşlyk” diýip atlandyrylýar. Mundan başgada ölçenýän ululygyň ülüşi (bölegi) görnüşinde aňladylýan ýalňyşlyk, ýagny göräli (otnositel) ýalňyşlyk diýen düşünje ulanylýar. Göräli ýalňyşlyklar SI ulgamynda kabul edilen göräli ululyklar, ýagny ölçegsiz sanlar, göterimler (prosentler) we ş.m. bilen aňladylýar.

Ölçegiň görälilik (otnositel ýalňyşlygy)

$$\varepsilon = \frac{x - x_c}{x_c}, \quad (7.3)$$

görnüşde aňladylýar. Ýagny görälilik ýalňyşlygy ölçenýän ululygyň çyn bahasynyň üleşini görnüşinde aňladylýar. Köplenç tejribede görälilik ýalňyşlygy göterimde (%) aňladylýar. Her bir ölçegiň düzümine hökmany bolup ölçeg usuly we serişdesi girýär. Ondan başgada köplenç ölçeg adamyň (tejribesiniň) gatnaşmagynda ýerine ýetirilýär. Ölçegiň düzümine girýän her bir düzüji ölçeg ýalňyşlygyna özüniň goşandyny goşýar. Ýüze çykyş sebäpleri boýunça ölçeg ýalňyşlyklary usul, gural, daşky we hususy (subýektiw) ýalňyşlyklara bölünýär. Şonuň üçin umumy görnüşde

$$\xi = \xi_u + \xi_g + \xi_t + \xi_d, \quad (7.4)$$

bu ýerde  $\xi_u$  – usul (metodiki) ýalňyşlygy,  $\xi_g$  – gural (instrument) ýalňyşlygy,  $\xi_t$  – tejribeçiniň (operatoryň) hususy ýalňyşlygy,  $\xi_d$  – daşky täsiriň döredýän ýalňyşlygy.

Ölçeg ýalňyşlygyny düzüjileriň her haýsysy öz gezeginde birnäçe sebäplere görä dörap biler.

Usul ýalňyşlygy ( $\xi_u$ ) ölçegiň esasyny düzýän fiziki hadysalaryň nazarýetiniň ýeterlik derejede kämil dälligi, edil şonuň ýalyda ölçenýän ululygyň bahasyny kesgitlemäge (tapmaga) ulanylýan gatnaşyklaryň, formulalaryň nätaklyklygy sebäpli dörap biler.

Ölçeg gurallarynyň ýalňyşlygy – ölçeg serişdeleriniň kämil dälligi sebäpli ýüze çykýar. Başgaça aýdanynda ölçeg serişdeleriniň kämil dälligi sebäpli ýüze çykýan ýalňyşlyklara gural (pribor,) ýalňyşlyklary diýilýär. Priborlaryň nätaklyk graduirowka edilmegi, noluň süýşmesi we ş.m. gural ýalňyşlyklarynyň çeşmesi bolup durýar. Gural ýalňyşlyklaryny azaltmak üçin has takyk priborlary ulanmaly.

Tejribeçiniň ölçeg serişdeleriniň görkezýän ululygyny hasaplamakda (sanamakda) goýberýän ýalňyşlygyna hususy (subýektiw) ýalňyşlyk diýilýär. Köplenç ölçeg adamlar – operator tarapyndan geçirilýär. Tejribeçi priboryň görkezýän sanlaryny sanaýar, pirometriň ekrannda gyzaýan sapagyň (spiralýň) ýitişine degişli wagty hasaplaýar we ş.m. Edil şonuň ýalyda görkezijili (strelkaly) priborlaryň şkalasyndaky sanlaryň tejribeçi tarapyndan nätaklyk hasaplanmagy we ş.m. Sanly (tabloly) priborlarda we ýörüte elektrik hasaplaýyş maşynlary (ÝEHM) ulanylanda tejribeçiniň hususy ýalňyşlygy düýbünden aýrylýar.

Daşky täsiriň ýalňyşlygy – ölçeg ýalňyşlygynyň wajyp düzüjisi bolup ol bir, ýa-da birnäçe daşky täsir edýän ululyklaryň kadaly bahasyndan (bahalaryndan), ýa-da kadaly ýaýla çäklerinden çykmagy bilen baglanyşyklydyr. Ýagny daşky täsir edýän meýdanlaryň häsiýetleriniň bellenen çäklerden çykmagy daşky ýalňyşlyklary döredýär. Mysal üçin çyglylygyň, temperaturanyň daşky elektrik we magnit meýdanlarynyň täsiri, iýmitlendiriji çeşmeleriň durnukly dälligi,