

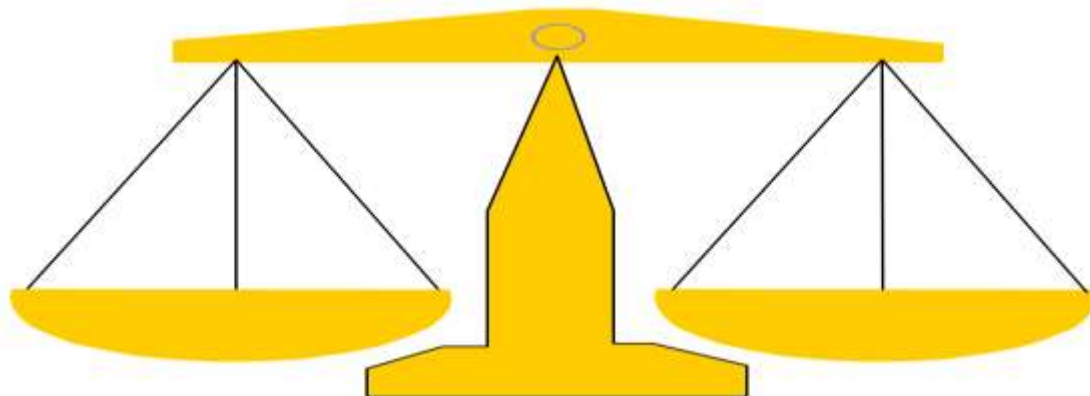
**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

P.M.MATYAQUBOVA, SH.M.MASHARIPOV, X.SH.JABBOROV

**“FAN VA TEXNIKADA
O'LCHASHLAR NOANIQLIGI”**



*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining
muvofiqlashtiruvchi Kengashi tomonidan
o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*



Toshkent – 2021

Matyaqubova P.M., Masharipov Sh.M., Jabborov X.Sh. “Fan va texnikada o’lchashlar noaniqligi” – Toshkent:TDTU, O’quv qo’llanma. – 2021 – 208 b.

O’quv qo’llanma 5310900 - "Metrologiya, standartlashtirish va sifat menejmenti tizimi" yo'nalishi bo'yicha talabalar uchun, shuningdek keng doiradagi mutaxassislar, muhandislar va texnik xodimlar, oliy o'quv yurtlari o'qituvchilari, nazariy metrologiyani o'rganayotgan metrologlar, shuningdek sinov va kalibrlash laboratoriyalaridagi ishchilar uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

Yu.G.Shipulin – Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Elektronika va avtomatika fakulteti, “Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari" kafedrası professori, texnika fanlari doktori;

Sh.A.To’raev – Oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligi ilmiy-tadqiqot va innovatsioyan faoliyatni rivojlantirish boshqarmasi boshlig’i o’rinbosari – ilmiy-tadqiqotlar va tijoratlashtirish bo’limi boshlig’i, texnika fanlari nomzodi, dotsent.

MUNDARIJA

Kirish.....	6
I–BOB. FAN VA TEXNIKADA O’LCHASHLAR NOANIQLIGINING O’RNI VA AHAMIYATI.....	9
1.1. Fan va texnikada o’lchashlar noaniqligini rivojlanish bosqichlari.....	9
1.1.1. Noaniqlik konseptsiyasini istiqboli va rivojlantirish.....	15
1.2. O’lchash noaniqligi tushunchasining mazmun-mohiyati va metrologik ishlarda ahamiyati.....	17
1.3. “O’lchash xatoligi” va “o’lchash noaniqligi” tushunchalarini qo’llashning umumiy tamoyillari.....	22
1.4. Metrologik kuzatuvchanlikni ta’minlashda o’lchashlar noaniqligini o’rni va ahamiyati.....	27
1.5. O’lchash usullari va turlari.....	34
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	<i>37</i>
II– BOB. O’LCHANADIGAN FIZIK KATTALIKNING TAVSIFI VA UNING MATEMATIK MODELINI ISHLAB CHIQISH.....	39
2.1. Fizik kattalikning tavsifi tushunchasi va uni modellashtirish.....	39
2.2. Bevosita o’lchashda kattalikni matematik modeli.....	47
2.3. Bevosita bir marta o’lchashning matematik modeli.....	49
2.4. Bevosita ko’p marta o’lchashning matematik modeli.....	55
2.5. Bilvosita o’lchashni noaniqligini baholashning matematik modeli.....	64
2.6. Majmui o’lchashlarning matematik modeli.....	68
2.7. Birgalikda o’lchashlarning matematik modeli.....	69
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	<i>70</i>
III– BOB. O’LCHASHLAR NOANIQLIGI TURLARI VA STANDART NOANIQLIKNI MIQDORIY QIYMATINI BAHOLASH TARTIBI.....	71
3.1. O’lchashlar noaniqligining turlari va tasnifi.....	71
3.2. O’lchash natijalarining noaniqligini hisoblashning algoritmi.....	75
3.3. O’lchash natijalarining noaniqligini hisoblash bosqichlari.....	77
3.4. A tur standart o’lchashlar noaniqligi va uni hisoblash qoidasi.....	87
3.5. B tur standart o’lchashlar noaniqligi va uni hisoblash qoidasi.....	91
3.5.1. Tekis taqsimot qonuniga bo’ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash.....	94
3.5.2. Uchburchak taqsimot qonuniga (Simpson qonuni) bo’ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash.....	101
3.5.3. Normal (Gaus) taqsimot qonuniga bo’ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash.....	109
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	<i>119</i>
IV–BOB. O’LCHASHLAR NOANIQLIGINING MANBALARI, ULARNI TA’SIRINI BOSHQARISH VA HISOBGA OLISH.....	121
4.1. Noaniqlik manbalari va ularning tasnifi.....	121
4.2. O’lchanayotgan kattalikning matematik modellashtirishdagi noaniqlik.....	124
4.3. O’lchash noaniqligi manbalarini tasniflash va uning ro’yxatini	

shakllantirish noaniqligi.....	128
4.4.O'lchash aniqligiga bo'lgan tabiiy (printsipial va amaliy) cheklovlar.....	131
4.5. Personalning noaniqligi.....	135
4.6. O'lchash sharoitlarining noaniqliklari.....	137
4.7.Mahsulot sinovida o'lchanadigan mahsulot namunasini olish noaniqligi.....	139
4.8.Qurilmaviy noaniqliklar va ularni ta'sirini miqdoriy baholash.....	141
4.9. O'lchash natijasiga ta'sir qiluvchi uslubiy noaniqliklar.....	143
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	146
V– BOB. KIRISH KATTALIKLARINING KORRELYATSIYALAR TAHLILI.....	148
5.1. . Tasodifiy kattaliklarni korrelyatsiya tahlili xaqida tushuncha.....	148
5.2. Kirish kattaliklarining kovaratsiya va korrelyatsiyasining tavsiflari.....	151
5.3.Kirish kattaliklarining kovariatsiyasi va korrelyatsiya koeffitsientini hisiblash.....	152
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	155
VI-BOB. YIG'INDI NOANIQLIKNI BAHOLASH VA O'LCHANADIGAN KATTALIKNI MIQDORIY QIYMATINI HISOBLASH TARTIBI.....	157
6.1. Yig'indi noaniqlikni baholash tartiblari.....	157
6.2. Korrelyatsiyalanmagan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini baholash.....	160
6.3. Korrelyatsiyalanmagan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini hisoblashga amaliy misollar.....	162
6.4. Korrelyatsiyalangan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini baholashning umumiy qoidalari.....	166
6.5.Korrelyatsiyalangan kirish kattaliklarini qayta ishlash algoritmi.....	168
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	171
VII – BOB. KENGAYTIRILGAN NOANIQLIKNI BAHOLASH VA MIQDORIY QIYMATINI HISOBLASH TARTIBI.....	174
7.1. Kengaytirilgan noaniqlik tushunchasi.....	174
7.2. Qamrab olish koeffitsientini tanlash tartiblari.....	176
7.3. Qamrab olish koeffitsientini tanlash va kengaytirilgan noaniqlikni baholash bo'yicha amaliy misollar.....	178
7.4. O'lchash vositalarini kalibrlashda kengaytirilgan noaniqlikni baholash.....	179
<i>Nazorat savollari va topshiriqlar.....</i>	182
VIII-BOB. O'LCHASH NATIJALARINI NOANIQLIGINI BAHOLASH NATIJALARINI TAQDIM QILISH VA HISOBOTINI TUZISH.....	183
8.1. Noaniqlikni baholash va taqdim qilishning qisqacha tavsifi.....	183
8.2. Noaniqlikni baholash natijalarini taqdim qilish bo'yicha umumiy tavsiyalar.....	185

8.3. Noaniqlikni baholash natijalarini taqdim qilish bo'yicha alohida tavsiyalar..	186
8.4. Noaniqlik byudjeti va uni tuzish tartiblari.....	188
Nazorat savollari va topshiriqlar.....	192
Glossariy.....	193
Ilovalar	200
Qisqartmalar.....	202
Foydalanilgan va tavsiya qilinadigan adabiyotlar.....	204

KIRISH

Noaniqlik tushunchasi ingliz tilidagi “*uncertainty*” so’zidan olingan bo’lib, lug’aviy ma’nosi noaniqlik, ishonchsizlik, mavhumlik va noma’lumlik degan ma’nolarni bildiradi.

O’lchashlar bajariladigan fan va texnikaning barcha sohalarida ushbu o’lchashlarning aniqligini va ishonchliligini baholashga ehtiyoj paydo bo’ladi. Mustaqil davlatlar hamdo’stligi (MDH), jumladan O’zbekiston Respublikasining metrologik amaliyot tajribasida va o’lchashlar birlilligini ta’minlash davlat tizimi standartlarida o’lchashlar aniqligi amalda faqatgina “*xatolik kontsepsiyasi*” asosida baholanib kelinmoqda. Rivojlangan davlatlar amaliyotida esa, jumladan Germaniya, AQSh, Yaponiya, Janubiy Koreya va bir qator davlatlarning metrologik amaliyotida noaniqlik kontsepsiyasidan keng foydalanilmoqda. Sohaga doir maxsus ilmiy-uslubiy adabiyotlar va standartlarda xatolikning tasodifiy va muntazam xatoliklar, statik va dinamik xatoliklar, asosiy va qo’shimcha xatoliklar, qurilmaviy va uslubiy xatoliklar kabi o’nlab turlarini uchatish mumkin.

Ammo oxirgi 40 yildan ortiqroq vaqt mobaynida xalqaro amaliyotda global o’lchashlar tizimining asosiy komponentlaridan biri bo’lgan “*o’lchashlar noaniqligi*” tushunchasi “*o’lchash xatoligi*” o’rniga keng qo’llanilib kelinmoqda. Ushbu kontsepsiya o’lchash natijalarini aniqligini baholash va taqdim qilishning xalqaro tan olingan va tavsiya qilingan shakli va mezonini hisoblanadi. Hozirgi vaqtda noaniqlik kontsepsiyasi global o’lchashlar tizimining asosiy komponentlaridan birigina bo’lib qolmasdan, bir qator xalqaro tashkilotlar, jumladan BIPM, OIML, ILAC va ISO tashkilotlar tomonidan tavsiya qilinmoqda.

Fan va texnikada o’lchashlar noaniqligini baholash bo’yicha birinchi xalqaro hujjat “Tajriba noaniqliklarini ifodalash” nomda 1981 yilda O’lchov va tarozilar xalqaro qo’mitasi (CIPM) tomonidan tasdiqlangan.

Jahonda global o’lchashlar tizimini yaratish va joriy qilish bo’yicha bir qator xalqaro tashkilotlar, jumladan ISO, IEC, ILAC, OIML, BIPM, IFCC, IUPAC, IUPAP, OIML tomonidan ishlab chiqilgan halqaro standartlar ishlab

chiqarish korxonalari, sinov va metrologiya laboratoriyalarida qo'llanilib, buning amaliy natijasi sifatida davlatlar o'rtasida bo'layotgan eksport va import jarayonlarida texnik to'siqlarni oldini olish, shuningdek metrologik va sinov laboratoriyalarning natijalarini (sinov bayonnomasi, muvofiqlik sertifikat, kalibrlash sertifikati va bayonnomasi) o'zaro tan olinish va solishtirish imkonini bermoqda. Metrologik o'lchashlarning xalqaro va davlatlararo darajada o'zaro tan olinishi muhimdir, ammo buning asosida o'zaro solishtirish va natijalarni o'zaro tushunish undan-da muhimroq protseduradir.

O'zbekiston Respublikasida o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimini halqaro amaliyot bilan uyg'unlashtirish, milliy metrologiyaning ilmiy, tashkiliy, ma'yoriy va texnik asoslarini qo'llashda o'lchashlar noaniqligini qo'llash dolzarb vazifa hisoblanib, bu borada ishlab chiqarish va texnikaning barcha tarmoqlarida bajariladigan o'lchashlarda, jumladan, metrologik va sinov laboratoriyalarda qo'llash ishlari olib borilmoqda. Bu esa noaniqlik kontseptsiyasini joriy qilish halqaro standartlar asosida ishlab chiqilgan uslubiy ishlarni yaratishni taqozo qiladi.

Zamonaviy metrologiyada *“o'lchashlar noaniqligi”* tushunchasi 1981 yildan keyin ISO (*“International Organization for Standardization”* - *“Standartlashtirish bo'yicha xalqaro tashkilot”*, keyingi o'rinlarda *“ISO”* abbreviaturasi qo'llaniladi) tarkibida TAG4/WG3 ishchi guruhi tomonidan birinchi me'yoriy-uslubiy hujjatlar ishlab chiqilib, keng jamoatchilikka tavsiya qilina boshlaganidan keyin qo'llanila boshlandi.

O'quv qo'llanmada o'lchashlar noaniqligi kontseptsiyasi fan va texnikaning turli turli sohalariga doir xalqaro me'yorlarni hisobini olgan bugungi kundagi dolzarb ilmiy va uslubiy ma'lumotlar bilan shakllantirilgan bo'lib, turli fizik kattaliklarni o'lchashda noaniqlikni hisoblash va baholash amaliy misollar bilan ko'rsatilib, tinglovchini olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash uchun xizmat qiladi.

Ushbu o'quv qo'llanma oliy ta'limning 5310900 – *“Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti”* yo'nalishi bo'yicha talabalari

uchun mo'ljallangan bo'lib, shuningdek akkreditlangan metrologik va sinov laboratoriyasi mutaxassislari, ishlab chiqarish korxonalarining o'lchash texnikasi bo'yicha mutaxassislari foydalanishlari mumkin. O'quv qo'llanma nihoyasida noaniqlik kontseptsiyasini chuqur va batafsil o'rganish uchun tavsiya qilinadigan me'yoriy va ilmiy-uslubiy adabiyotlar, internet manbalari ro'yxati keltirilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma birinchi marta tayyorlanayotganligini hisobga olib, mualliflar jamoasi barcha kitobxonlarga o'z minnaddorchiligini bildirib, o'quv qo'llanma bo'yicha fikr-mulohazalaringizni quyidagi elektron manzilga yuborishingizni ma'lum qiladi: *E-mail:shodlik29081986@mail.ru*

Mualliflar

I–BOB. FAN VA TEXNIKADA O’LCHASHLAR NOANIQLIGINING O’RNI VA AHAMIYATI

1.1. Fan va texnikada o’lchashlar noaniqligini rivojlanish bosqichlari

Jahonda XX va XXI asrlar chegarasida xalqaro savdo, sog’liqni saqlash, atrof-muhit muhofazasi va shu kabilarni rivojlanishiga to’sqinlik qiluvchi mavjud to’siqlar ta’sirini tubdan pasaytirish zaruratining yuzaga kelishi va globallashtiruvning umumiy jarayonlariga javob beruvchi o’lchashlarning birliligini ta’minlash strukturasi va usullarini ishlab chiqishga alohida e’tibor qaratilishiga olib keldi. Ushbu o’zgarishlarni asosiy sabablaridan biri standartlashtirish bo’yicha xalqaro tashkilot (ISO) ning ishchi guruhi nashrlari natijasida yuzaga keldi.

Ba’zi mamlakatlarda o’lchashlardagi noaniqlik nisbatan anchadan beri baholanib boshlaganligiga qaramay, bu masalada xalqaro yakdillik bo’lmagan. Bu masalada xalqaro yakdillikning yo’qligini tan olgan holda, metrologiya sohasida eng oliy obro’li O’lchovlar va tarozilar xalqaro qo’mitasi (CIPM) 1978-yilda O’lchovlar va tarozilar xalqaro byurosi (BIPM) dan ushbu muammoni ko’rib chiqishni topshirdi. Natijada bu muammoga 32 mamlakatning milliy metrologiya institutlari (MMI) va yettita xalqaro tashkilotlar jalb etildi:

- o’lchovlar va tarozilar xalqaro qo’mitasi (CIPM);
- o’lchovlar va tarozilar xalqaro byurosi (BIPM);
- elektrotexnik Xalqaro komissiyasi (IEC);
- klinik kimyo xalqaro federatsiyasi (IFCC);
- standartlashtirish bo’yicha xalqaro tashkilot (ISO);
- sof va amaliy kimyo bo’yicha xalqaro ittifoq (IUPAC);
- sof va amaliy fizika bo’yicha xalqaro ittifoq (IUPAP);
- qonunchilik metrologiyasi xalqaro tashkiloti (OIML).

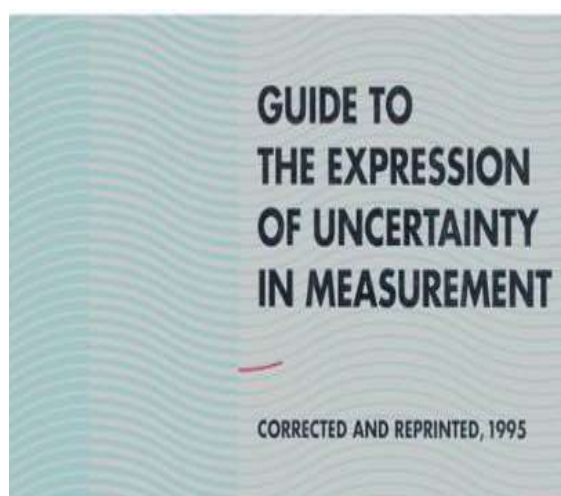
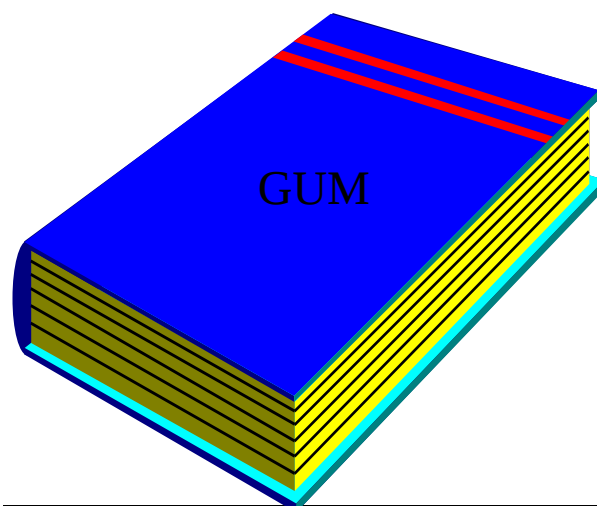
70 - yillarga qadar metrologiyadagi kabi boshqa muhandislik sahalarida ham xatolik (**measurement error**) va xatolik xarakteristikalarini qo’llanib kelinayotgan edi. 70—chi yillardan noaniqlik atamasiga o’tib boshlandi.

1977-1978 yillarda Xalqaro o'lchov va tarozilar byurosi (BIPM) ma'lum zaruriy ma'lumotlarni o'zida mujassamlashtirgan anketani tayyorladi va 32 milliy metrologiya institutiga yubordi. 1979 yilda BIPM tavsiyasiga asosan ISO tarkibida TAG4/WG3 ishchi guruhi tashkil qilindi. 1981 yilda TAG4/WG3 ishchi guruh o'zida noaniqlik xarakteristikalarini hisoblash bilan bog'liq bo'lgan birinchi tavsiyanoma tarzidagi hujjatni tarqatadi. Keyinchalik bu hujjat 1981, 1986 va bir ozdan so'ng 1991–yillarda qayta tahrirlanishiga to'g'ri keladi.

INC-1 (1980 y.) noaniqlikni ifodalash tavsiyasida O'lchov va tarozilar bo'yicha xalqaro qo'mita tomonidan tasdiqlangan qoidalarda, o'lchashlar noaniqligini tashkil qiluvchilari ikkita kategoriyaga bo'linib, bular A tur va B tur toifalarga ajratiladi. Extimollik nazariyasi qoidalariga muvofiq dispersiyani¹ olish uchun birlashtiriladi.

Ushbu Qo'llanmaning maqsadi;

- noaniqlik to'g'risida hisobotlarni qanday tuzish kerakligi to'g'risida to'liq ma'lumotni ta'minlash;
- o'lchashlar natijalarini xalqaro solishtirish uchun asos yaratishdan iborat.



¹ Ingliz tilidan “**dispersion**” tarqoqlik, sochilish ma'nomalarini bildiradi.

1992 - yilda halqaro xujjat «O'lchashlarda noaniqlikni ifodalash bo'yicha qo'llanma» (keyinchalik Qo'llanma) frantsuz tilida ishlab chiqildi.

Ushbu qo'llanmaning asosiy maqsadi:

- qanday qilib o'lchashlar noaniqligi hisobotini tuzish haqida to'liq ma'lumot olishni ta'minlash;
- o'lchash natijalarini xalqaro solishtirishlarda ishtirokini ta'minlash uchun zarur bo'lgan o'lchash natijalarini sifat ko'rsatkichlarini mujassamlashtirgan ma'lumotni tayyorlash uchun asos yaratish edi.

Global bozor sharoitlarida noaniqlikni baholash va ifodalash usuli butun dunyoda yagona va turli mamlakatlarda o'tkaziladigan o'lchashlarni oson solishtirish mumkin bo'lishi zarur. Qarshilik magazinidan boshlab, to fundamental tadqiqotlarda o'lchashlarning barcha turlarida va turli darajadagi aniqlikka nisbatan qo'llaniladigan shunday universal usullar Qo'llanmada keltirilgan.

Qo'llanma 1992-yilda chop etilgandan keyin darhol norasmiy xalqaro standart statusi (mavqei)ga ega bo'ldi. Bu standart barcha ilmiy va texnologik o'lchashlarga kelishuvlik kiritdi va o'lchashlardagi noaniqlikni baholash va ifodalashda jahon birdamligini ta'minladi.

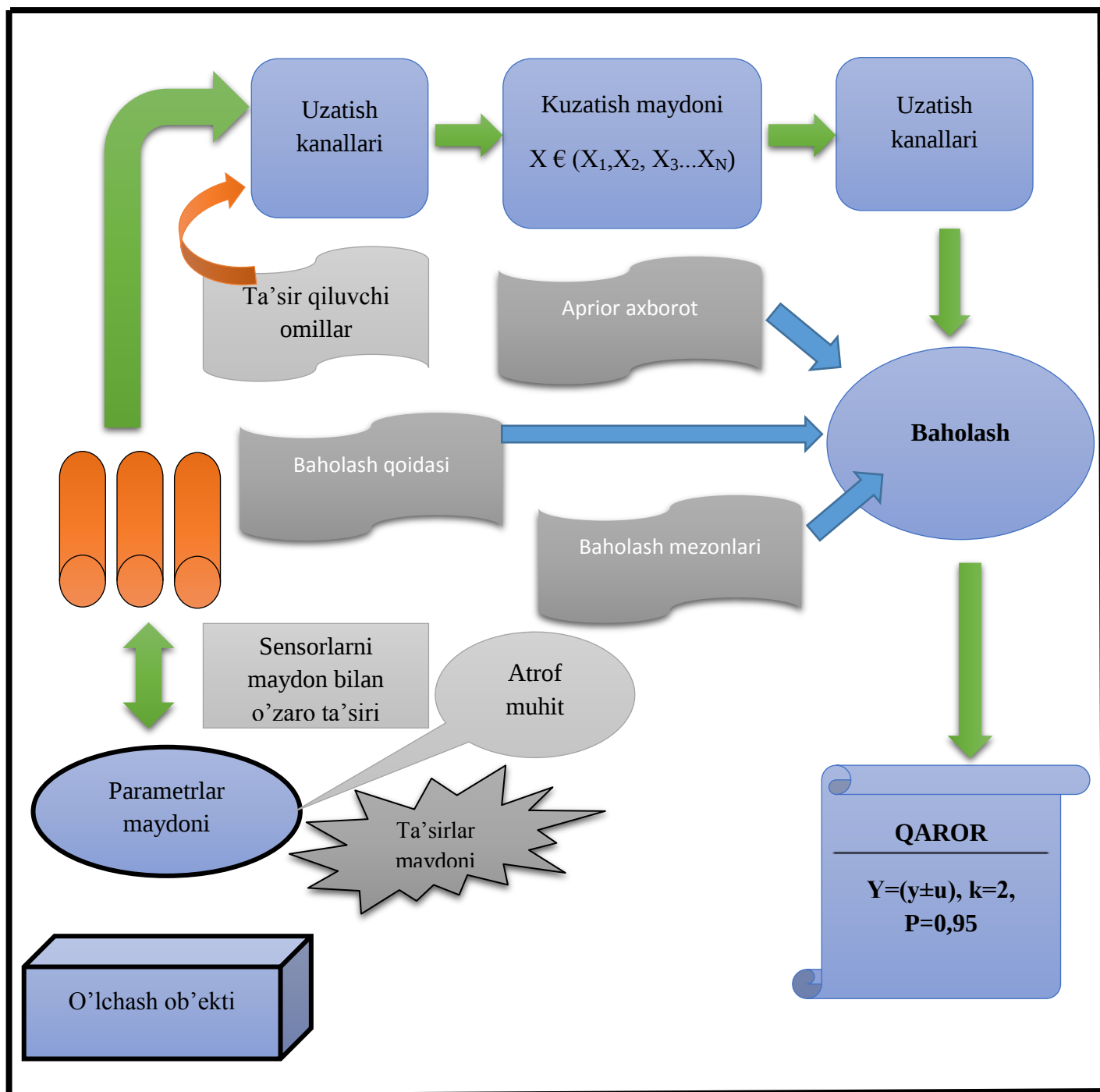
Mustaqil davlatlari hamdo'stligi doirasida birinchi ilmiy-uslubiy manba 1999 yilda D.I.Mendeleev nomidagi Butun Rossiya metrologiya ilmiy-tadqiqot instituti tomonidan nashr qilindi.



Qator mamlakatlarning ko'pchilik hududiy va milliy standartlari, masalan, qiyoslash va sinash laboratoriyalarini akkreditlash bo'yicha EN 45001 Yevropa normalari, o'lchashlarning miqdoriy natijalarini noaniqlik qiymatlari bilan ta'minlashni majburiy talab qiladi. Sinov va kalibrlash laboratoriyalarining

layoqatliligi (kompetentiligi) ga talablarni belgilovchi ISO/IEC 17025:2019 xalqaro standart qabul qilingach, akkreditlangan laboratoriyalarda noaniqlikni baholash bo'yicha talablar xalqaro talablarga aylandi.

Hozirgi zamonaviy jamiyatda o'lchash protsedurasini quyidagicha tasvirlash mumkin (1.1-rasm).



1.1-rasm. Zamonaviy metrologiyada o'lchash protsedurasini zamonaviy ko'rinishi

Ammo, mamlakatimizdagi me'yoriy hujjatlar «noaniqlik» tushunchasidan foydalanmaydi, balki an'anaviy va o'rnashib qolgan «xatolik», «xatolik xarakteristikalarini» tushunchalariga asoslangan yondashuvga qaratilgan. Misolga qiyoslash metodlari, o'lchashlarni bajarish metodikalari, sinash metodlari standartlarini, o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi standartlarini misol keltirish mumkin.

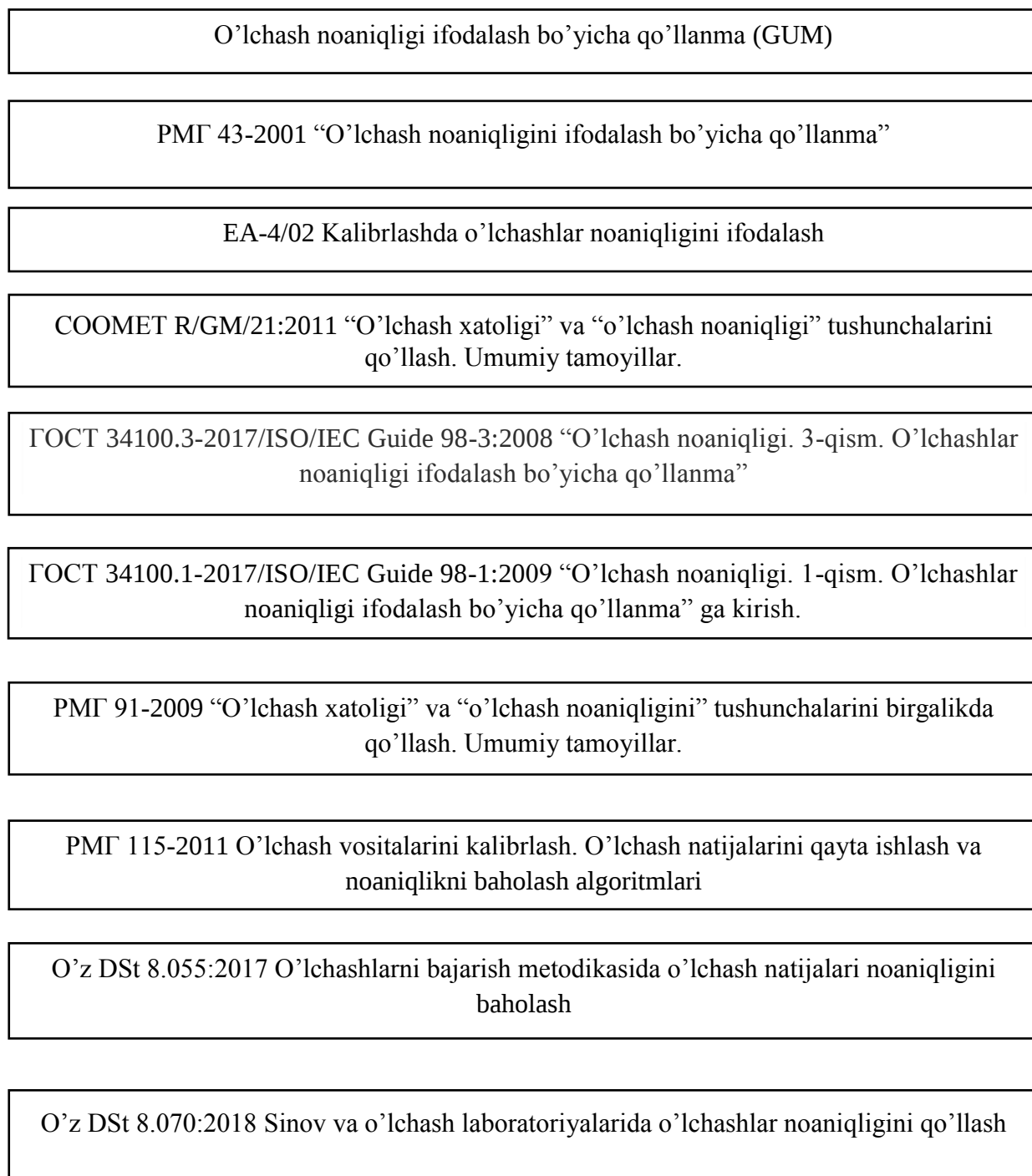
Metrologik faoliyat sohalarida, ya'ni akkreditlangan laboratoriyalarda kalibrlash va sinovlarni o'tkazishda noaniqlikni baholashni boshlash zarur. Qo'llanma mazmun va hajmi jihatdan «vazmin» hujjat (100 betdan ortiq) bo'lgani uchun turli xorijiy metrologik tashkilotlar va institutlar bu Qo'llanma asosida soddalashtirilgan hamda metrologik faoliyatning muayyan sohasiga qaratilgan qo'llanma ishlab chiqdi.

Ushbu tarjima 1999 yil D.I.Mendelev nomidagi Butun Rossiya metrologiya ilmiy-tadqiqot instituti tomonidan rus tiliga tarjima qilindi. YeA ga kirgan akkreditlash idoralari o'zlarining kalibrlashda noaniqlikni baholash bo'yicha ko'rsatmalarini Qo'llanma asosida uyg'unlashtirdi va YeA 4/02 hujjat sifatida taqdim qildi. Nemis kalibrlash xizmati (DKD) o'z navbatida bu hujjatni o'z laboratoriyalari uchun DKD-3 ko'rinishida taqdim qildi. D.I. Mendelev nomidagi (Sankt-Peterbkg sh.) VNIIM metodik ko'rsatmalarni chop qildi. Bu ko'rsatmalar asosida davlatlararo tavsiyalar ishlab chiqildi. Qo'llanmani qo'llanish bo'yicha tavsiyalardan tashqari, bu tavsiyalarda noaniqlik kontseptsiyasi qisqacha bayon etilgan, noaniqlik kontseptsiyalari asosida aniqlikni baholashga ikki xil yondashish va o'lchash xatoliklari solishtirilgan, shuningdek noaniqlikni hisoblash va xatolikni baholashga misollar keltirilgan. BIPM ma'lumotlariga ko'ra, metrologiyada aniqlik daajasi oxirgi 50 yilda 10 marta oshgan bo'lib, ushbu tendentsiya har 10-20 yilda saqlanib qolinadi.

MDH davlatlariga noaniqlik kontseptsiyasini "yangi ob-havosini" olib kirishda "D.I.Mendelev nomidagi Butunrossiya metrologiya ilmiy-tadqiqot instituti" Federal davlat unitar korxonasining hissasini alohida qayd o'tish lozim. Ushbu tashkilot sohadagi yangi halqaro me'yorlar asosida ilmiy-tadqiqot ishlarini

olib borish, turli darajadagi standartlarni ishlab chiqish va keng mutaxassislar ommasiga yetkazishda ko'priik vazifasini bajarib kelmoqda.

1.2 – rasmda halqaro, hududiy yoki milliy darajada noaniqlik kontseptsiyasi bo'yicha turli darajadagi standartlar va me'yoriy hujjatlardan namunalar keltirilgan.



1.2-rasm. Halqaro, hududiy yoki milliy darajada noaniqlik kontseptsiyasi bo'yicha turli darajadagi standartlar va me'yoriy hujjatlardan namunalar

Bugungi kunda O'zbekiston Respublikasida o'lchashlar birliligini ta'minlash tizimini modernizatsiyalash, metrologiya sohasidagi texnik to'siqlarni bartaraf qilish va o'lchashlar noaniqligi kontseptsiyasini keng joriy qilish maqsadida bir qator davlat standartlari ishlab chiqilgan va joriy qilingan, jumladan: Oz DSt 8.055:2017 O'zbekiston Respublikasi o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi. O'lchashlarni bajarish metodikasida o'lchash natijalari noaniqligini baholash; Oz DSt 8.070:2018 O'zbekiston Respublikasi o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi. Sinov va o'lchash laboratoriyalarida o'lchashlar noaniqligini qo'llash.

1.1.1. Noaniqlik kontseptsiyasini istiqboli va rivojlantirish

1997 yilda "O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma" (GUM, 1993 y.) va "Metrologiya bo'yicha xalqaro lug'at. Asosiy va umumiy tushunchalar va muvofiq atamalar" (VIM) kabi halqaro me'yoriy hujjatlarni ishlab chiqqan yettita xalqaro tashkilotlar tomonidan BIPM direktori rahbarlik qiladigan "Metrologiyada rahbarlik bo'yicha birlashgan qo'mita" (JCGM) tashkil qilinib, yuqoridagi hujjatlarga javobgarliklar yuklatildi.

JCGM doirasida ikkita ishchi guruh tashkil qilingan.

Birinchi ishchi guruh (JCGM-WG1:GUM¹) "O'lchash noaniqligini ifodalash" Qo'llanmadan (GUM) foydalanishga ko'maklashib, undan keng foydalanish bo'yicha Qo'llanmaga (GUM) qo'shimchalar kiritii va boshqa hujjatlar tayyorlaydi.

Ikkinchi ishchi guruh (JCGM-WG2:VIM²) "Metrologiya asosiy va umumiy atamalar xalqaro lug'at (VIM)" asosiy vazifasi bo'lib, VIM ni ko'rib

¹JCGM Working Group on the Expression of Uncertainty in Measurement (JCGM-WG1:GUM); Batafsil <https://www.bipm.org> saytida.

²JCGM Working Group on the International Vocabulary of Metrology (JCGM-WG2:VIM); Batafsil <https://www.bipm.org> saytida.

chiqish va qo'llanilishiga ko'maklashishdan iborat. JCGM ning faoliyati bo'yicha batafsil ma'lumotni www.bipm.org saytidan olish mumkin.

Noaniqlik kontseptsiyasini keng qo'llanila borishi, nafaqat metrolog muhandislar, fan va texnikaning turli tarmoqlarining mutaxassis va olimlari, zamonaviy fan va texnikaning yutuqlari, o'lchashlarning aniq bir turlari, masalan tibbiy o'lchashlarda noaniqlikni baholash, nanoo'lchashlarda noaniqlikni baholash kabi spetsifik chuqurlashtirilgan hayotiy amaliy ko'pgina savollar paydo bo'lishi bilan ushbu kontsepsiya ham doimiy ravishda rivojlanib, takomillashib bormoqda. Ushbu o'zgartirish va qo'shimchalarni tizimli o'rganish, tahlil qilish, umumlashtirish va ilmiy asoslangan halqaro me'yor shaklida ishlab chiqish va tavsiya qilishda JCGM xalqaro koordinator (muvofiglashtiruvchi) vazifasini bajarish vazifasi yuklatilgan.

Hozirgi vaqtda JCGM tomonidan "O'lchash ma'lumotlarini baholash" nomb bilan bir qator hujjatlar seriyasi ishlab chiqilgan, jumladan:

- JCGM 100:2008 O'lchash ma'lumotlarini baholash. "O'lchash noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM)";

- JCGM 101:2008 O'lchash ma'lumotlarini baholash. "O'lchash noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma" ga 1- qo'shimcha. Monte-Karlo usulini qo'llagan holda taqsimotlarni o'zgartirish;

- JCGM 102 O'lchash ma'lumotlarini baholash. "O'lchash noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma" ga 2- qo'shimcha. Chiqish kattaliklarini erkin soni bilan modellari;

- JCGM 103 O'lchash ma'lumotlarini baholash. "O'lchash noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma" ga 3- qo'shimcha. Modellashtirish;

- JCGM 104 O'lchash ma'lumotlarini baholash. "O'lchash noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma" ga kirish va birgalikdagi hujjatlar;

- JCGM 105 O'lchash ma'lumotlarini baholash. Tushuncha va asosiy tamoyillar;

- JCGM 106 O'lchash ma'lumotlarini baholash. Muvofiqlikni baholashda o'lchashlar noaniqligini ahamiyati;

–JCGM 107 O'lchash ma'lumotlarini baholash. Kichik kvadratlar usulini qo'llash.

Xulosa sifatida aytish mumkinki, hozirgi vaqtda fan va texnikada o'lchashlar noaniqligi fundamental, me'yoriy va huquqiy asoslari takomillashtirilib, o'lchash texnikasida toboro keng qo'llanilib, rivojlanib bormoqda.

§1.2. O'lchash noaniqligi tushunchasining mazmun-mohiyati va metrologik ishlarda ahamiyati

*“Sanash mumkun bo'lganini sanang,
o'lchash mumkin bo'lganini o'lchang, o'lchash mumkin
bo'lmaganiga esa sharoit, imkoniyat yarating”.*

Galileo Galiley (1564-1642)

Standartlashtirish bo'yicha xalqaro tashkilot (ISO) va Xalqaro elektrotexnika komissiyasi (IEC) tomonidan ishlab chiqilgan metrologiya sohasidagi xalqaro lug'at ISO/IEC Guide 99:2007 da o'lchashlar noaniqligi quyidagicha ta'riflanadi: *o'lchashlar noaniqligi–foydalanilgan axborot asosida o'lchanayotgan kattalikka tegishli bo'lgan kattalik qiymatlarini sochilishini xarakterlaydigan nomanfiy parametr.*

Shunga asosan, turli kattaliklarni o'lchashda noaniqlik “*uncertainty*” so'zining birinchi harfi bilan belgilash O'lchashlarda noaniqlikni ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM) da tavsiya qilinadi. Masalan, Xalqaro kattaliklar tizimidagi (ISQ) 7 ta asosiy kattaliklarni o'lchashda A tur noaniqlikni belgilash quyidagicha amalga oshiriladi, masalan:

- $u_A(L)$ – uzunlikni o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati;
- $u_A(M)$ – massani o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati;
- $u_A(T)$ – vaqtni o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati;

- $u_A(I)$ – tok kuchini o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati;
- $u_A(\theta)$ – termodinamik temperaturani o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati;
- $u_A(N)$ – modda miqdorini o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati;
- $u_A(J)$ – yorug'lik kuchini o'lchashda A-tur noaniqlikning miqdoriy qiymati.

O'lchashlar noaniqligi tasodifiy effektlarni, jumladan tuzatmalar va etalon qiymatlarga tegishli bo'lgan tashkil qiluvchilarni ham qamrab oladi. Ba'zan tasodifiy effektlarga tuzatmalar kiritilmaydi, buning o'rniga baholash yakunida o'lchashlar noaniqligining tashkil qiluvchi sifatida baholanadi (1.3-rasm). Parametr sifatida masalan, standart og'ish (o'lchashlarning standart noaniqligi) yoki o'rnatilgan qamrab olish ehtimolida intervalning yarim kengligi qo'llaniladi. «Noaniqlik» atamasiga berilgan ta'rifdan kelib chiqadiki noaniqlik bu - o'lchash natijasiga mos keluvchi miqdoriy o'lchov aniqligi va o'lchangan kattalik qiymati o'lchash sharoitida aniq oraliq qiymatlar ichida yotishini (mavjudligini) ruxsat etiladigan ishonch darajasini bildiradi.

Situation	Random effects	Systematic effects	Uncertainty
1. 	Strong	Strong	High
2. 	Strong	Weak (or absent)	Medium
3. 	Weak	Strong	Medium
4. 	Weak	Weak (or absent)	Low

1.3-rasm O'lchashlar noaniqligiga ta'sir qiladigan tasodifiy va muntazam effektlar

situation – holat; random effects – tasodifiy effektlar; strong - qo'pol noaniqlik, qo'pol sochilish; weak (or absent) – kuchsiz, kam sochilish (yoki umuman yo'q); systematic effects – muntazam effektlar; uncertainty – noaniqlik; high – ko'p noaniqlik; medium – o'rtacha noaniqlik; low – kam noaniqlik.

O'lchashlar noaniqligi o'ziga bir qancha tashkil qiluvchilarni qamrab oladi. Ushbu tashkil qiluvchilarning bir qismi ko'p marta o'lchash natijalari asosida kattalik qiymatlarining statistik taqsimoti asosida A-tip asosida baholanib, standart og'ishni tavsiflaydi. Boshqa tashkil qiluvchilari esa extimollikning zichligi funktsiyalari orqali baholanadigan V-tip bo'yicha baholanadi.

Umuman olganda, o'lchashlar noaniqligi o'lchanayotgan kattalikka taalluqli bo'lgan ma'lum kattalikka aloqador deb faraz qilinadi. Aynan ushbu kattalikni (yoki kattaliklarni) o'zgarishi noaniqlikni o'zgarishiga olib keladi deb qaraladi. O'lchashlar noaniqligi xalqaro darajada qabul qilingan o'lchashlarning ishonchsizligining tavsifidir.

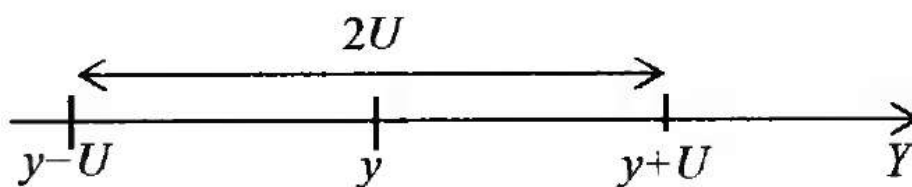
I.P. Zaxarov o'lchashlar noaniqligi – bu xalqaro darajada qabul qilingan o'lchashlarning ishonchsizligining tavsifidir, deb baholaydi.

Metrologik amaliyotda o'lchash natijalari quyidagi shaklda taqdim qilinadi:

$$\begin{aligned} Y &= y \pm U \\ P &= 0,95 \\ k &= 2 \end{aligned} \tag{1.1}$$

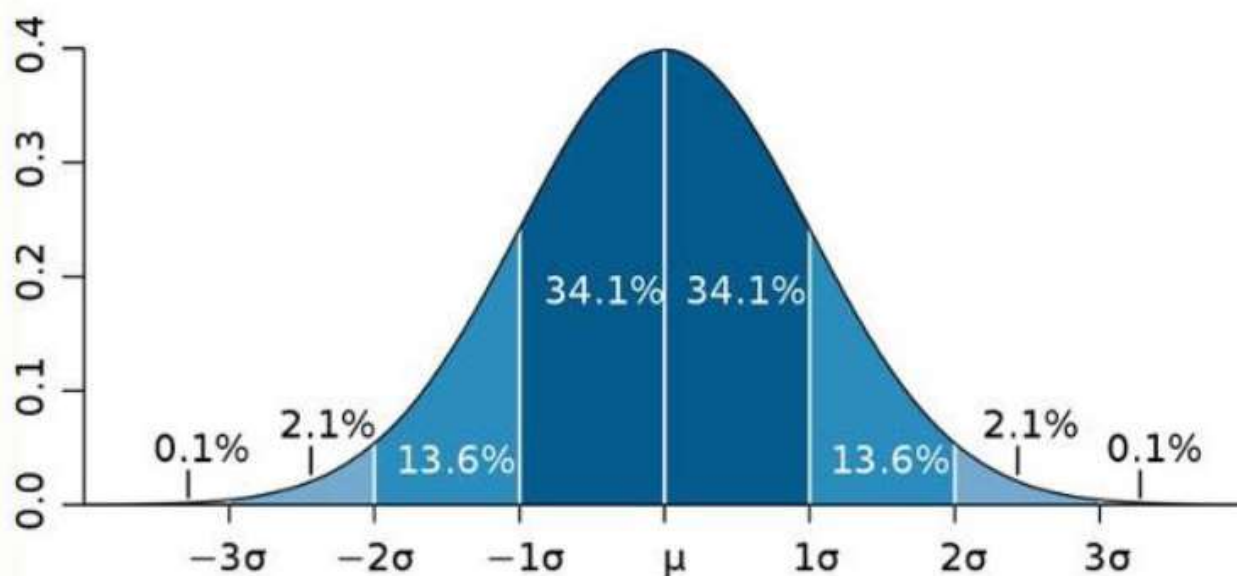
Bu yerda: Y – o'lchanayotgan kattalik; y – o'lchash natijasi; U – kengaytirilgan noaniqlik; R – ishonch darajasi (asosan me'yoriy hujjatlarda ishlab chiqarish va laboratoriya sharoiti uchun $R=0,95$ qiymati tavsiya qilinadi); k – qamrab olish koeffitsienti (ba'zan metrologik o'lchashlarda taqriban $k=2$ qiymati olinadi, ammo yuqori aniqlik va puxtalik talab qilingan o'lchashlar uchun qamrab olish koeffitsientini tanlash usullari mavjud).

(1.1) ifodadan ko'rinib turibdiki, Y o'lchanayotgan kattalik qiymatini ehtimoliy sochilishi o'lchash natijasiga y nisbatan $\pm U$ ga tengdir. Ushbu intervalni grafik ko'rinishda tasvirlaymiz.



1.4 – rasm. O'lchash noaniqligi ta'rifiq muvofiq natijalarning sochilishi (tarqoqligi)

Amaliyotda ko'p marta o'lchashlar ($n=4$ tadan kam bo'lmagan) o'tkazilganda tasodifiy va muntazam effektlarning ta'siri evaziga normal taqsimot qonunidan og'ishishlar kuzatiladi. Ko'p marta o'lchash natijalarini normal (Gaus) taqsimot qonuniga bo'ysunishi grafik ko'rinishda ifodalanadi (1.5-rasm.)



1.5 – rasm. Normal (Gaus) taqsimot qonunini ehtimollik zichligi
bu erda: σ – o'rtacha kvadratik og'ish.

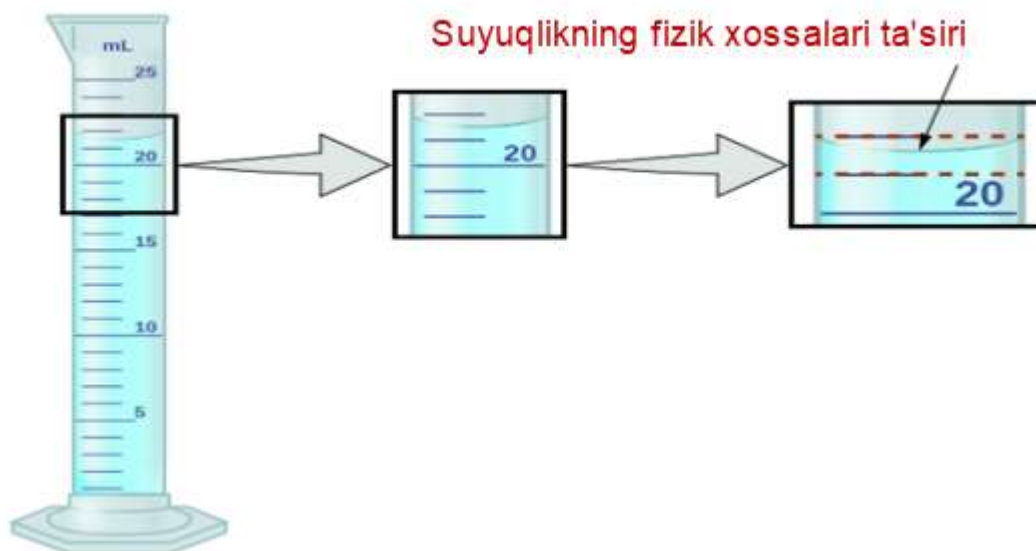
Normal taqsimot qonuniga bo'ysunga tasodifiy jarayonlarni og'ishini tarqoqlik markazi (matematik kutilish) dan og'ishini baholashda o'rtacha kvadratik og'ish σ qabul qilingan. Laplas funktsiyasi asosida quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$P(-\sigma < x < \sigma) = \Phi\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 0,683 \quad (1.2)$$

$$P(-2\sigma < x < 2\sigma) = \Phi(\sqrt{2}) = 0,954 \quad (1.3)$$

$$P(-3\sigma < x < 3\sigma) = \Phi\left(\frac{3}{\sqrt{2}}\right) = 0,997 \quad (1.4)$$

Masalan, analitik o'lchashlarda qo'llaniladigan bo'linma qiymatiga ega bo'lgan o'lchov idishlarida sub'ekt (personal) tomonidan noaniqlikka yo'l qo'yiladi. Bunda silindrdagi suyuqlikni hajmi bo'linma qiymatlari orasida joylashgan holatda (1.6- rasm) sub'ektiv noaniqlikni baholash lozim bo'ladi.



1.6 – rasm. Silindra suyuqlik hajmini o'lchashda sub'ektiv o'lchash noaniqligi

Jahonda o'lchashlarning noaniqliklari bo'yicha ilmiy va texnik qo'mitalar hamda ishchi guruhlar tashkil etila boshladi. Ushbu masalalarga metrologiya haqida fanning qiziqishini ko'p sonli xalqaro anjumanlar va seminarlar, shuningdek ilmiy-texnik jurnallardagi ushbu mavzuga oid e'lon qilingan ishlar va uning dolzarbligidan ham sezish qiyin emas. Nashr etilgan ishlarda noaniqliklarni baholashning umumiy masalalari ko'rib chiqilgan bo'lib, ma'lum o'lchashlarning natijalarini noaniqliklarini baholash esa ko'rib chiqilmagan. Shuning uchun ham ma'lum o'lchashlarning aniq sohalari uchun, masalan, fizik-kimyoviy kattaliklarni o'lchash, issiqlik texnikasi va temperatura kattaligini o'lchash, elektr kattaliklarni

o'lchashda noaniqlikni baholash kabi o'lchash turlarini rivojlantirish va metodikalarini ishlab chiqish buguni kunning muhim masalasidir. Respublikamizda hozirgi kunda fan va ta'lim sohasida, shuningdek o'lchashlar va sinov natijalarini aniqlik tavsiflarini baholashni tartibga soluvchi barcha me'yoriy hujjatlarni ishlab chiqishni samarali tashkil etishga yo'naltirilgan chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirish Harakatlar strategiyasida, jumladan, «... yuqori texnologiyali qayta ishlash tarmoqlarini, eng avvalo, mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo'shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarishni jadal rivojlantirishga qaratilgan sifat jihatidan yangi bosqichga o'tkazish orqali sanoatni yanada modernizatsiya va diversifikatsiya qilish» vazifalari belgilab qo'yilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda metrologiya amaliyotiga o'lchashlar noaniqliklari kontseptsiyasini va ularni baholashda zamonaviy usullarni tahlil qilish bo'yicha maqsadli ilmiy- tadqiqotlar olib borish dolzabr hisoblanadi.

Shunday qilib, o'lchash noaniqligini:

- o'lchashdan keyingi o'lchanadigan kattalik haqidagi bizning aposterior bilimimiz;
- aniqlik nuqta nazaridan o'lchash natijalarining sifat mezon;
- o'lchanadigan kattalik qiymati uchun baholash sifatida o'lchash natijasining ishonchliligi o'lchovi deb nomlash mumkin;
- o'lchashning halqaro miqyosda tan olingan sifat ko'rsatkichi.

1.3. “O'lchash xatoligi” va “o'lchash noaniqligi” tushunchalarini qo'llashning umumiy tamoyillari

*“Har bir fanni boshlanishi,
avvalom bor uni o'lchashdan boshlanadi”*

Dmitriy Ivanovich Mendeleev (1834-1907 y.)

Metrologik amaliyotda o'lchash xatoligi (“error of measurement”) va o'lchash noaniqligi (“uncertainty of measurement”) tushunchalarini to'g'ri qo'llash

va bir xil mazmunda talqin qilish bugungi kunda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Masalaning dolzarbligini hisobga olgan holda COOMET tashkiloti 2011 yil Yerevan shahrida o'tkazilgan majlisida (27-28 aprel kuni o'tkazilgan №21 majlisida qo'mita tomonidan tasdiqlangan) o'z tavsiyalarini COOMET R/GM/21:2011 hujjatda bayon qilingan.

Ushbu hujjatdan “o'lchash xatoligi” va “o'lchash noaniqligi” tushunchalari tahlil qilinib, turli metrologik vazifalarni bajarishda (masalan, o'lchash vositalarini qiyoslash, kalibrlash, metrologik attestatlash, xilini tasdiqlash) ushbu tushunchalarni mantiqan bir-biriga qarama-qarshi qo'ymasdan qo'llash bo'yicha tavsiyalar berilgan. Bazaviy metrologik tushunchalar va ularning standartlashtirilgan mazmuni bo'yicha xalqaro va davlatlararo me'yoriy-texnik hujjatlardan foydalanish mumkin:

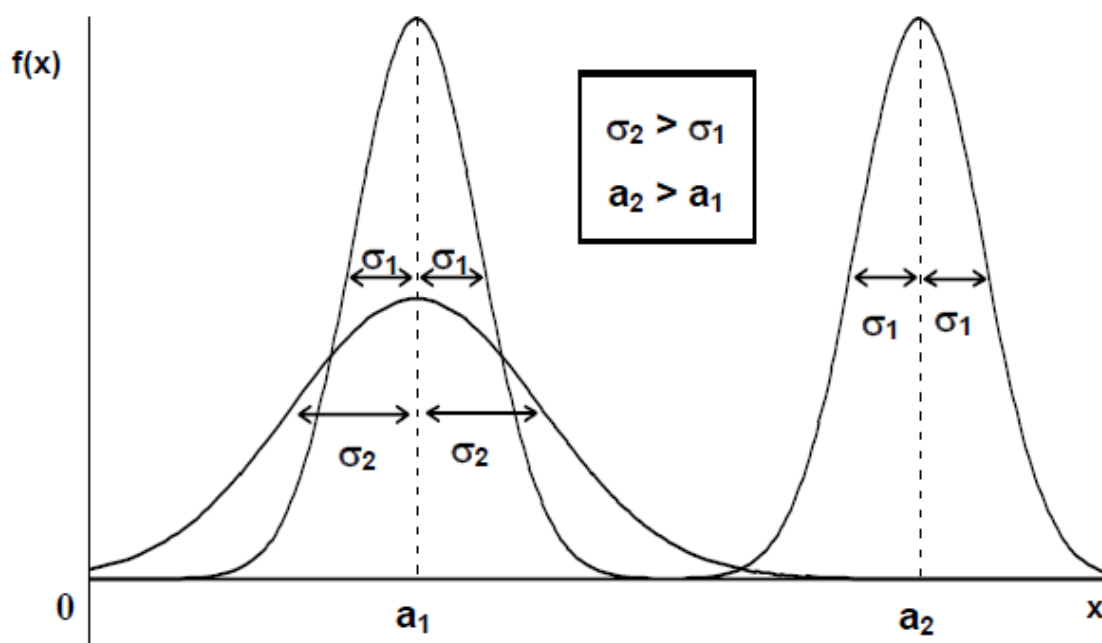
- ISO/IEC Guide 99:2007 Metrologiya bo'yicha asosiy lug'at. Asosiy va umumiy tushunchalar va ularning atamaları;

- RMG 29-2013 O'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi. Metrologiya. Asosiy atamalar va ta'riflar

COOMET R/GM/21:2011 me'yoriy hujjatining qoidalari metrologiya bo'yicha barcha turdagi ilmiy-texnik, o'quv va axborot hujjatlarni ishlab chiqishda, shuningdek muvofiqlikni baholash sohalarida tavsiya qilinadi.

Hujjatda “o'lchash xatoligi” va “o'lchash noaniqligi” tushunchalarining printsiptial farqi ta'kidlanib, “xatolik” kontseptsiyasidan foydalanish ehtimoli istisno qilinmagan. Bunda, aniq bir xatolik doimo ma'lum bir belgiga (ijobiy yoki salbiy) ega deb qaraladi. O'lchash xatoligidagi “o'lchanayotgan kattalikning chin qiymati” tushunchasini “o'lchanayotgan kattalikning tayanch qiymati” ga o'zgartirilishi uning mohiyatini o'zgartirmaydi. Qoidaga asosan, “xatolik” dan farqli ravishda “noaniqlik” tushunchasi qiymatlarning sochilishini tavsiflab, o'lchanayotgan kattalikka tegishli hisoblanadi.

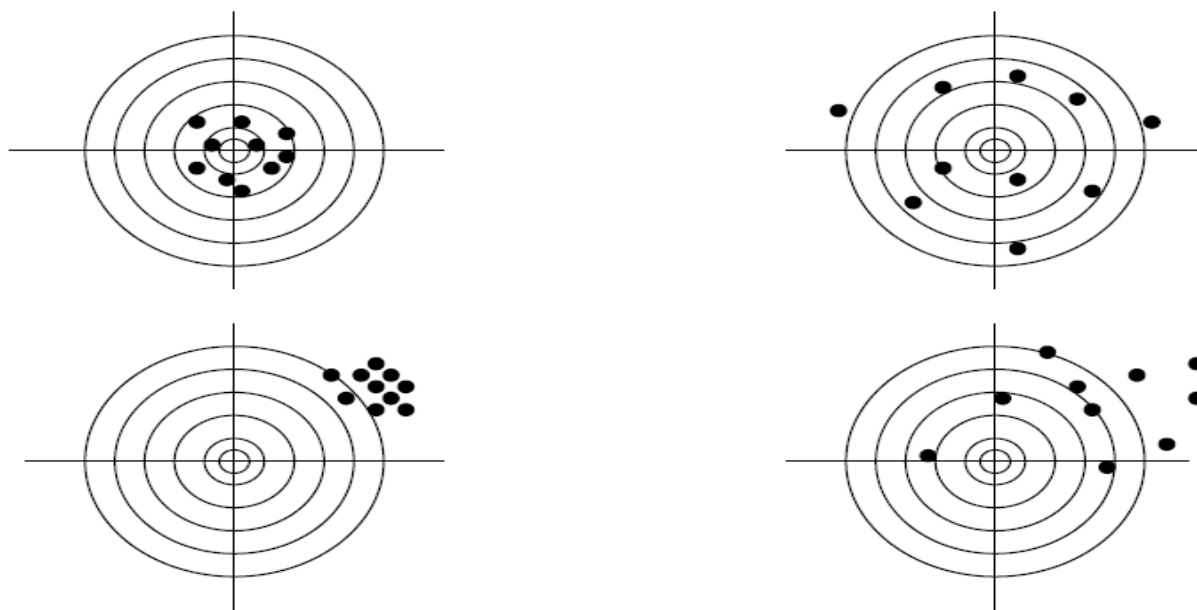
Normal taqsimot qonunida tasodiy kattaliklarning miqdoriy tavsiflari (matematik kutilish, standart og'ish) quyidagi ko'rinishda tasvirlanadi (1.7-rasm):



1.7- rasm. Normal taqsimot qonuniga matematik kutilishi va standart og'ishning ta'siri

“Xatolik” tushunchasini noto'g'ri qo'llanilishi uning boshqa tushunchalarning mohiyati bilan bir xilda emasligini anglatadi. Masalan, “o'lchash natijasining xatolik tavsifi” va “xatolikning ishonchli chegaralari” bunga misol bo'la oladi. Ma'lum o'lchash natijasining xatoligi ko'rilayotgan tajribada asosan ma'lum turdagi o'lchash vositasining metrologik tavsiflari bilan bog'liq bo'lib, “xatolik tavsiflari” ni baholash ruxsat qilingan o'lchash sharoitida virtual yoki real tajriba natijalari, shuningdek turli ta'sir qiluvchi omillar ta'siriga asoslanadi. Shunga asosan, miqdoriy qiymati bo'yicha tasodifiy hisoblangan o'lchash natijalarining o'rtacha kvadratik xatoligini, bartaraf qilinmagan muntazam xatolik, o'lchash natijalarining ishonchli intervallari xatolik ta'rifi berilgan dastlabki qoidaga mos kelmaydi. O'lchash natijalarining ushbu miqdoriy tavsiflari amalda xatolikni emas, natijalarning sochilishini tavsiflaydi.

Tajriba natijalarining xaqiqiy qiymat (tayanch qiymat) ga nisbatan sochilishi yo'l qo'yiladigan xatolikka nisbatan og'ishlari 1.8-rasmda tasvirlangan.



1.8 - rasm. Tajriba natijalarini tayanch qiymatga nisbatan og'ish qiymatlari

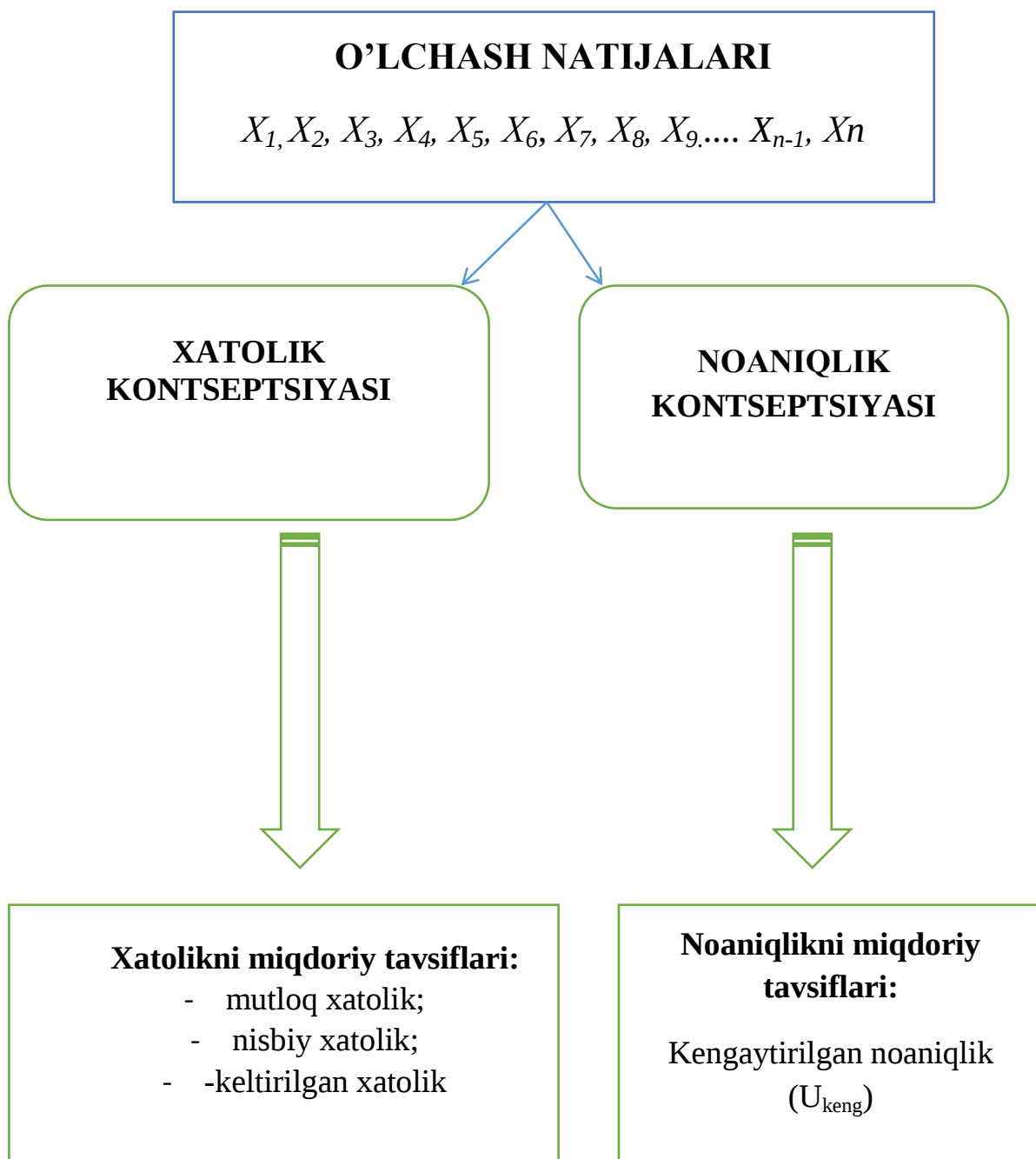
Shu bilan birga ta'kidlash lozimki, noaniqlik kontseptsiyasini yaratilish g'oyasi va uning amalga oshirishini ta'minlagan asosiy holatlar sifatida quyidagilar hisoblanadi:

- 80-yillarning boshigacha halqaro miqyosda o'lchash natijalarini qayta ishlash va aniqligini baholash bo'yicha yagona metodika bo'lmaganligi oqibatida turli davlatlarda bajarilgan o'lchash natijalari asosan milliy, shuningdek davlatlararo statusdagi standartlar bilan tartibga solingan;

- turli davlatlarning ishlab chiqarish korxona va tashkilotlari, metrologik va sinov laboratoriyalari tomonidan bajarilgan o'lchash natijalarini o'zaro solishtirishda mezon va tartiblarning tubdan farq qilishi, yoki uning umuman mavjud bo'lmasligi metrologik texnik to'siqlarni paydo qila boshladi, bu esa eksport/import savdolaridagi texnik to'siqlarning asosi edi;

- global o'lchashlar tizimi va metrologik kuzatuvchanlikning asosiy komponentlaridan biri o'lchashlar noaniqligi hisoblanadi.

O'lchash xatoligi (measurement error) - kattalikning o'lchangan qiymati va tayanch qiymati orasidagi farq.



1.9- rasm. O'lchash natijalarini qayta ishlash va aniqligini baholash kontseptsionalari

“O'lchash xatoligi” tushunchasi quyidagi ikkita holatda qo'llanilishi mumkin:

- qachonki kattalikning etalon bo'yicha kalibrovka qilingan xolatdagidek yagona tayanch qiymati mavjud bo'lib, bunda kattalikning qabul

qilingan qiymati beriladi. Ushbu holatda o'lchash xatoligining miqdoriy qiymati mavjud.

- hisobga olinmaydigan kichik diapazonda o'lchanayotgan kattalik yagona chin qiymat sifatida taqdim qilinganda yoki chin qiymatlar majmui sifatidagi holat bo'lib, bunda o'lchanayotgan kattalikning xatoligi noma'lum va miqdoriy qiymatini aniqlash amalda imkonsizdir.

Metrologik amaliyotda (ishlab chiqarish, sinov laboratoriyalari, metrologik tekshiruv ishlari) o'lchash natijalarini aniqligini baholashda quyidagi algoritm bo'yicha tajriba natijalariga ishlov berish lozim (1.9-rasm).

1.9 - rasmdan ko'rinib turibdiki, metrolog, ISO/IEC 17025 xalqaro standarti asosida akkreditlangan sinov laboratoriyasi mutaxassisi yoki o'lchash natijalarini qayta ishlash bo'yicha xodim o'lchash va sinash natijalarini qayta ishlashda yuqoridagi 2 ta kontseptsiyadan birini tanlashi va tavsiya qilingan algoritm asosida tajriba natijalarini aniqligini baholashi lozim bo'ladi.

Birinchi yondashuv, "xatolik kontseptsiyasi" O'zbekiston Respublikasida o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi me'yoriy hujjatlarida tavsiflangan. Ikkinchi yondashuv, "noaniqlik kontseptsiyasi" Yevropa davlatlarida keng tarqalgan va qo'llanilib, O'lchov va tarozilar xalqaro byurosi va boshqa xalqaro tashkilotlar tomonidan tavsiya qilinadi va joriy qilish qo'llab-quvvatlanadi.

§1.4. Metrologik kuzatuvchanlikni ta'minlashda o'lchashlar noaniqligini o'rni va ahamiyati

"Har bir buyum, modda yoki xodisaning aniqlanish
darajasi, uning qanday darajada
o'lchanishi bilan ma'lum bo'ladi"

Uilyam Tomson (1824-1907 y.)

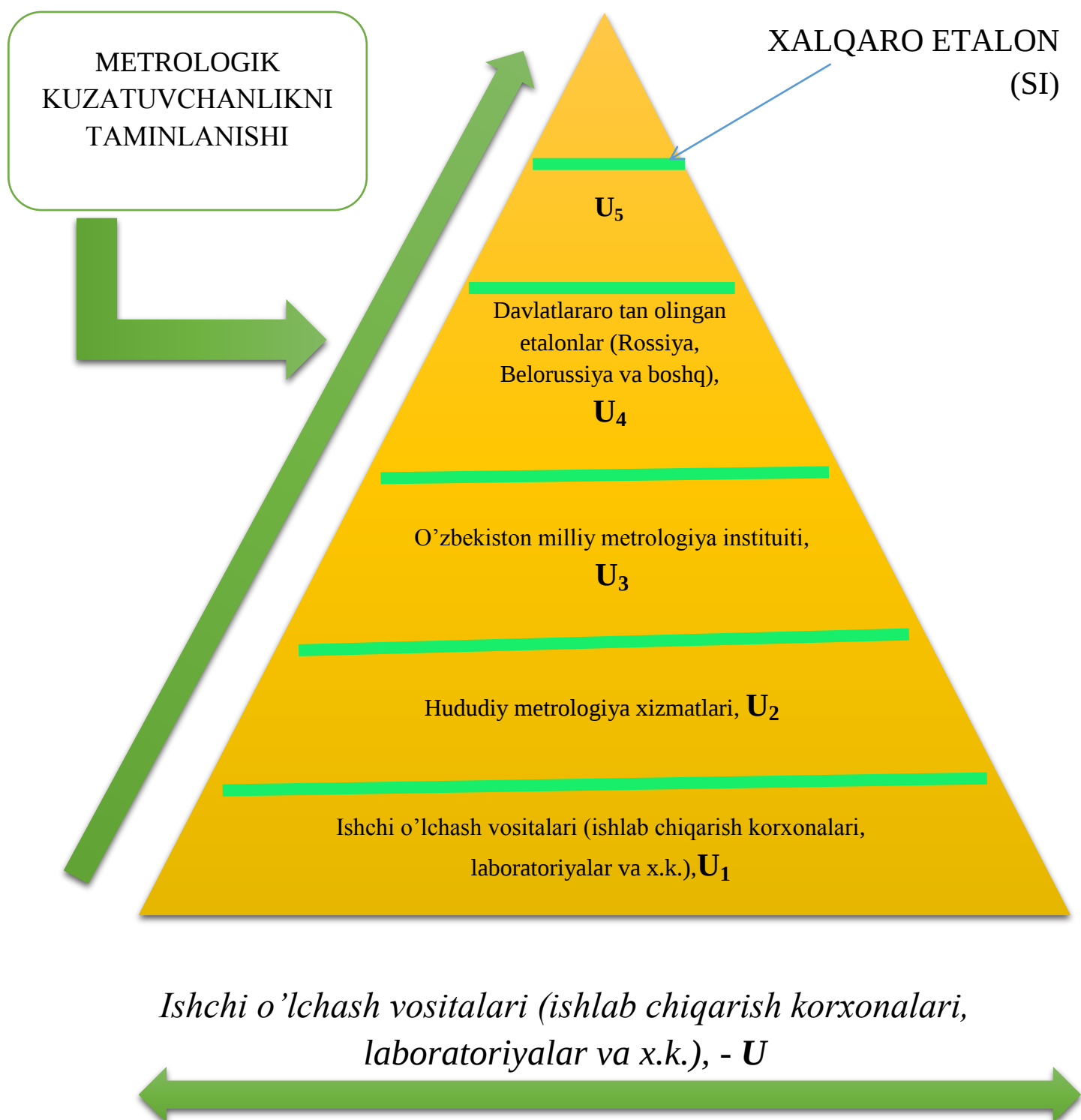
Global o'lchashlar tizimini asosiy komponentlaridan biri bu – metrologik kuzatuvchanlikdir. Metrologik kuzatuvchanlik ishlab chiqarish korxonalari va laboratoriyalarda kattalik o'lchamini Xalqaro birliklar tizimiga uzatilishini

kalibrlash zanjiri orqali ta'minlanishini nazarda tutadi. Bu borada bir qator xalqaro tashkilotlar tomonidan allaqachon bir qator Deklaratsiya va xalqaro hujjatlar qabul qilingan. Jumladan:

O'lchov va tarozilar bo'yicha xalqaro byuro (BIPM), Qonunlashtiruvchi metrologiya bo'yicha xalqaro tashkilot (OIML), Laboratoriyalarni akkreditlash bo'yicha xalqaro qo'mita (ILAC) va Standartlashtirish bo'yicha xalqaro tashkilotlarning metrologik kuzatuvchanlik to'g'risida deklaratsiya (9 noyabr, 2011 yil.)



“O'lchashlarning halqaro birliligi va solishtiruvchanligi bizning Tashkilotlarni vazifalarini bajarish uchun zarur. Jumladan, o'lchashlarning solishtiruvchanligi halqaro o'lchashlar tizimining muhim xarakteristikasi hisoblanib, uning natijasida o'lchash natijalari barcha tomonlar tan olinishi mumkin” **deyiladi ushbu Deklaratsiyada.**



1.10 – rasm. Metrologik kuzatuvchanlikni ta'minlash zanjiri

$$(U_1 \geq U_2 \geq U_3 \geq U_4 \geq U_5)$$

1.10 - rasmdan ham ko'rinib turibdiki, metrologik kuzatuvchanlikni ta'minlash bevosita kalibrlash zanjiri orqali ta'minlanadi va unda mos ravishda kalibrlash noaniqliklari ham ko'rsatiladi. Shu o'rinda metrologik kuzatuvchanlikni ta'minlash usullari haqida to'xtalib o'tish lozim. Metrologik kuzatuvchanlik ta'minlash usullarini ikkita turga ajratish mumkin:

- *Bevosita solishtirish usuli*. Ushbu usul mazmunan shuni anglatadiki, bunda kalibrlanayotgan o'lchash vositasi bevosita xalqaro etalonlar bilan kalibrlanadi. Ushbu usul o'zining moliyaviy jihatdan qimmatligi, tashish harajatlari yuqoriligi evaziga jahon amaliyotida kam qo'llaniladi. Ushbu usuldan asosan rivojlangan davlatlarning milliy metrologiya institutlarning davlat etalonlarigina kalibrlanadi (solishtiriladi);



1.11- rasm. Metrologik kuzatuvchanlikda qatnashuvchi O'V larni mos ravishda standart noaniqliklari

Bilvosita usul. Bilvosita usul bo'yicha kalibrlashda kalibrlanayotgan o'lchash vositasi xalqaro etalon bilan solishtirilgan, xalqaro yoki davlatlararo solishtirishlarda faol bo'lgan davlatlarning etalonlari bilan solishtiriladi. Masalan, mamlakatimiz etalonlari hozirgi kungacha asosan bilvosita usulda metrologik kuzatuvchanligi Rossiya, Belorossiya va boshqa davlatlarning etalonlari bilan solishtirilmoqda.

1.10-rasmda o'lchash vositalarining yuridik klassifikatsiyasiga mos ravishda noaniqliklarning miqdoriy qiymatlari (misol sifatida) keltirilgan (1.11 – rasm).

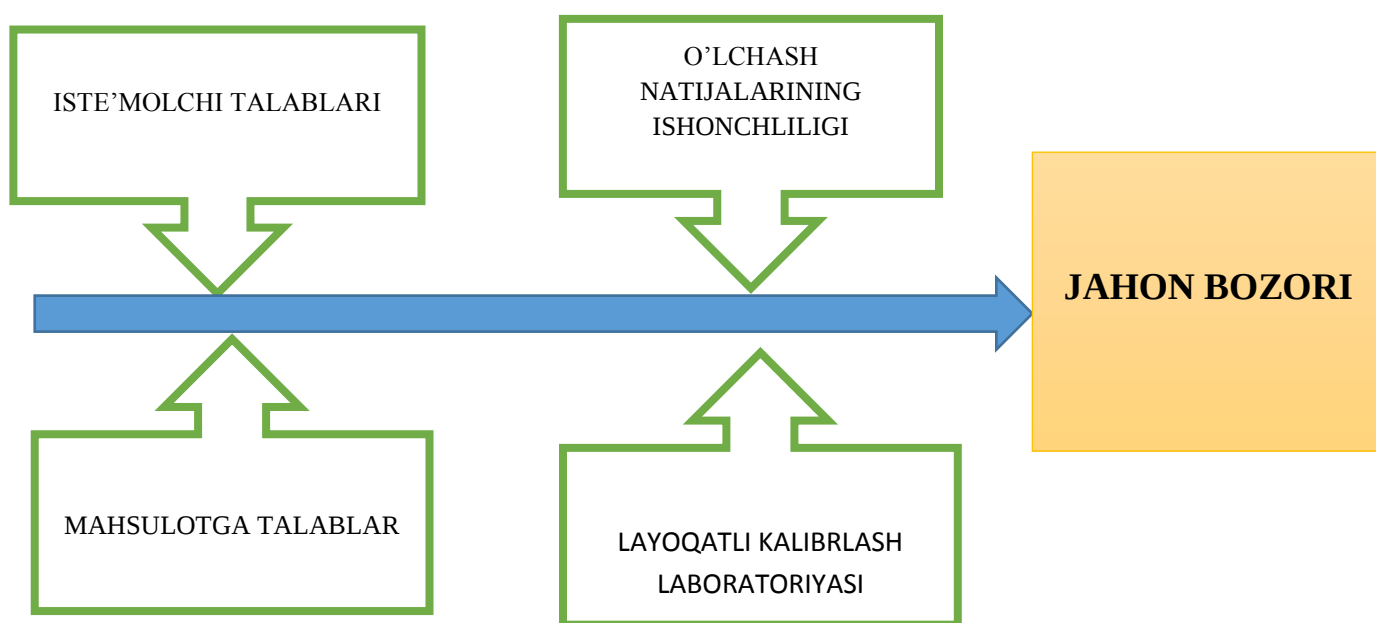
Quyida asosiy tushunchalarni ko'rib chiqamiz:

O'lchashlar kuzatuvchanligi - hujjatlashtirilgan uzluksiz kalibrlash zanjiri orqali solishtirishga asos bo'ladigan va har biri o'lchashlar noaniqligiga o'z hissasini qo'shadigan o'lchash natijasining xossasidir.

O'lchashlar kuzatuvchanligi zanjiri - solishtirish uchun asos bilan o'lchash natijasini o'zaro nisbatini aniqlash uchun qo'llaniladigan etalonlar va kalibrlashlar ketma-ketligi;

O'lchash birligiga nisbatan metrologik kuzatuvchanlik - o'lchash birligi ta'rifini amaliy realizatsiyasi solishtirish uchun asos bo'lgan metrologik ketma-ketlik.

Kalibrlangan o'lchash vositalarida olingan o'lchash natijalarining ishonchliligi, noaniqligining kamligi mahsulotlarni jahon bozoriga chiqishidagi o'rni 1.12 – rasmda ko'rsatilgan

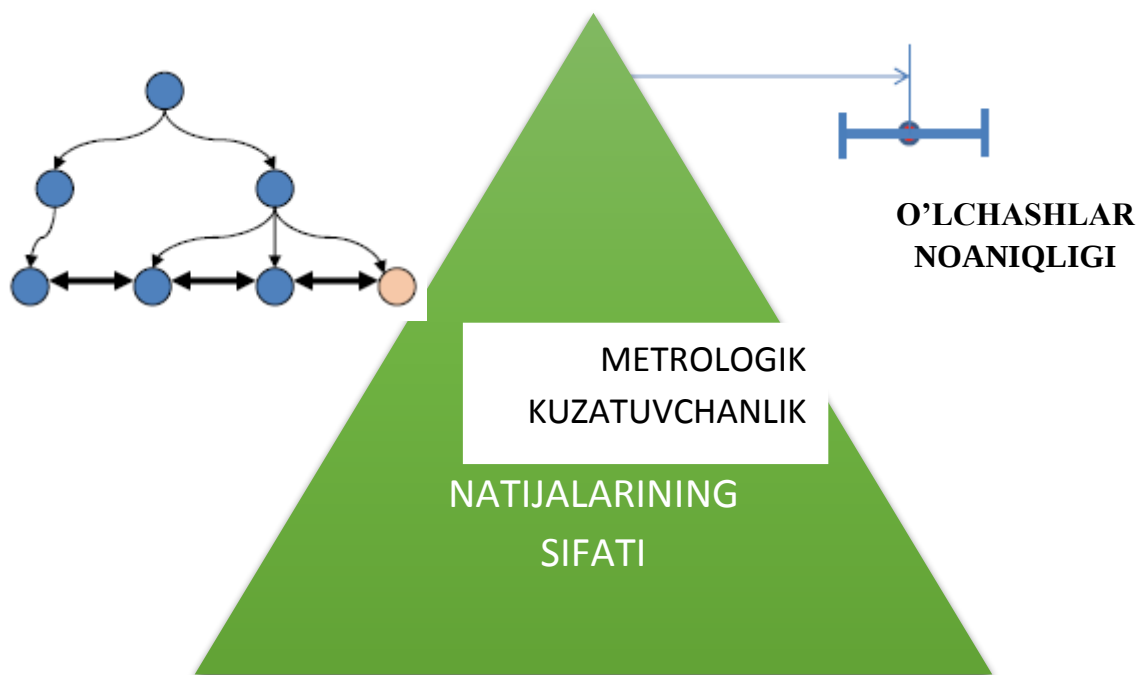


1.12 – rasm. O'lchash natijalarining ishonchliligi va noaniqligini mahsulotni xayotiy bosqichlariga ta'siri

Boshqa kalibrlash xizmatlaridan foydalanishda o'lchashlar kuzatuvchanligibunday xizmatlar o'z vakolati, o'lchashlar o'tkazish layoqati va o'z o'lchashlarning kuzatilishini namoyon eta oladigan laboratoriyalar tomonidan ko'rsatilishi bilan ta'minlanishi kerak. Bu laboratoriyalar tomonidan beriladigan kalibrlash haqidagi sertifikatlarda noaniqlik bahosini qo'shgan holda o'lchashlar natijalari bo'lishi kerak.

Ushbu kalibrlash turini o'tkazishga nisbatan O'z DST/ISO/IEC 17025:2019 standartga mosligiga akkreditlangan kalibrlash laboratoriyasi tomonidan berilgan akkreditlash bo'yicha organ lagotipiga ega bo'lgan kalibrlash haqidagi sertifikat ko'rsatilgan kalibrlash ma'lumotlari kuzatilishning yetarli dalolati hisoblanadi.

O'lchash natijalarining ishonchliligi va noaniqligini o'zaro bog'liqlikda quyidagicha ifodalash mumkin (1.13 - rasm).



1.13 – rasm. Noaniqlik o'lchash natijalarining muhit komponenti sifatida

SI tizimi birligigacha o'lchashning kuzatuvchanligi qiymati SI tizimining o'lchash birligiga mos bo'lgan qiymat chegaralarida ma'lum bo'lgan hamda O'lchovlar va tarozilar bosh konferentsiyasi (O'TBK) hamda O'lchovlar va tarozilar xalsaro qo'mitasi (O'TXQ) tomonidan tavsiya etilgan tabiiy konstantga

havola qilish yo'li bilan erishilish mumkin. Misol uchun, elektr va magnit kattaliklarning SI birliklari elektromagnit maydon tenglamasining ratsionallashtirilgan shakliga muvofiq hosil qilinadi. Bu tenglamalarga $4\pi \cdot 10^{-7}$ N/m yoki $12,566370614 \dots \cdot 10^{-7}$ N/m (aniq) teng bo'lgan aniq qiymati O'TBK qarori bilan kiritilgan vakuumning μ_0 magnit doimiysi kiradi. O'TBKning yangi uzunlik birligi - metrni aniqlash to'g'risidagi XVII qaroriga muvofiq vakuumda yorug'lik (yassi elektromagnit to'lqinlar) tarqalish tezligining qiymati $c = 299\,792\,458$ m/s (aniq) teng qabul qilingan. Elektromagnit maydonining bu tenglamalariga, qiymati $8,854\,187\,817 \dots \cdot 10^{-12}$ F/m (aniq) teng deb qabul qilingan vakuumning ϵ_0 elektr doimiysi ham kiradi. Djozefson effekti va Xollning kvant effekti asosida elektr birlik hosilasi o'lchamlarining aniqligini oshirish maqsadida 1990 y 1 yanvardan $4,835\,979 \cdot 10^{-14}$ Hz/V (aniq) ga teng Djozefson konstantasi [O'TXQ, 1-tavsiya, 1988y] va $25812,807 \, \Omega$ (aniq) ga teng Klittsing konstantasining [O'TXQ, 2-tavsiya, 1988y] shartli qiymatlari kiritilgan.

O'z birlamchi etalonlari yoki fundamental fizik o'zgarmas kattaliklar asosidagi SI birliklar tizimining taqdimotiga ega bo'lgan kalibrlash laboratoriyalari SI tizimiga nisbatan o'z o'lchashlarining kuzatuvchanligi xakida fakat bu etalon bevosita yoki bivosita boshqa o'xshash MMI etalonlari bilan solishtirilgan (takkoslangan) dan keyingina xabar berishlari mumkin.

Milliy o'lchash etalonlarigacha kuzatib borish laboratoriya joylashgan mamlakat MMI xizmatlaridan foydalanishni talab qilishi shart emas.

Agar kalibrlash laboratoriyasi boshqa mamlakat MMI dan kuzatilishni olishni hojlasa yoki majbur bo'lsa, bu laboratoriya to'g'ridan-to'g'ri yoki hududiy guruhlar, masalan, "Davlat metrologik muassasalarining Yevroosiyo hamkorligi" (KOOMET) vositasi orqali O'TXB faoliyatida faol ishtirok etadigan MMI ni tanlash kerak. Kalibrlash yoki solishtirishning uzluksiz zanjiriga kuzatilishni namoyon qilishga qodir bo'lgan turli MMI yoki laboratoriyalar tomonidan bajariladigan bir necha bosqich orqali erishish mumkin.

Hozirgi vaqtda SI tizimi birliklarida qat'iy bajarib bo'lmaydigan kalibrovkalar mavjud. Bu hollarda kalibrovka tegishli o'lchash etalonlarigacha

kuzatish o'rnatish yo'li bilan o'lchashlar ishonchliligini ta'minlashi kerak, masalan:

- sertifikatlashtirilgan etalon materiallari (moda tarkibi va hususiyatlarining attestatlangan standart namunalari va (SN) materiallari) dan foydalanish;
- barcha manfaatdor tomonlar bilan aniq tasvirlangan va qabul qilingan, belgilangan usul va/yoki kelishilgan etalonlardan foydalanish kabi bilan.

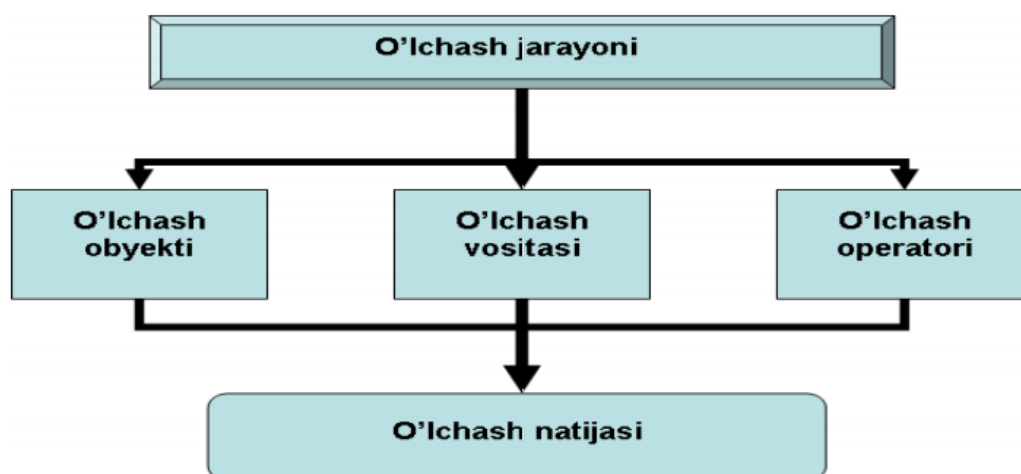
1.5. O'lchash usullari va turlari

O'lchash – bu umuman har xil kattaliklar to'g'risida informatsiya qabul qilish, o'zgartirish demakdir. Bundan maqsad izlanayotgan kattalikni son qiymatini qo'llash, ishlatish uchun qulay formada aniqlashdir.

O'lchash jarayoni – bu solishtirish eksperimentini o'tkazish jarayonidir (solishtirish qanday usulda bo'lmasin).

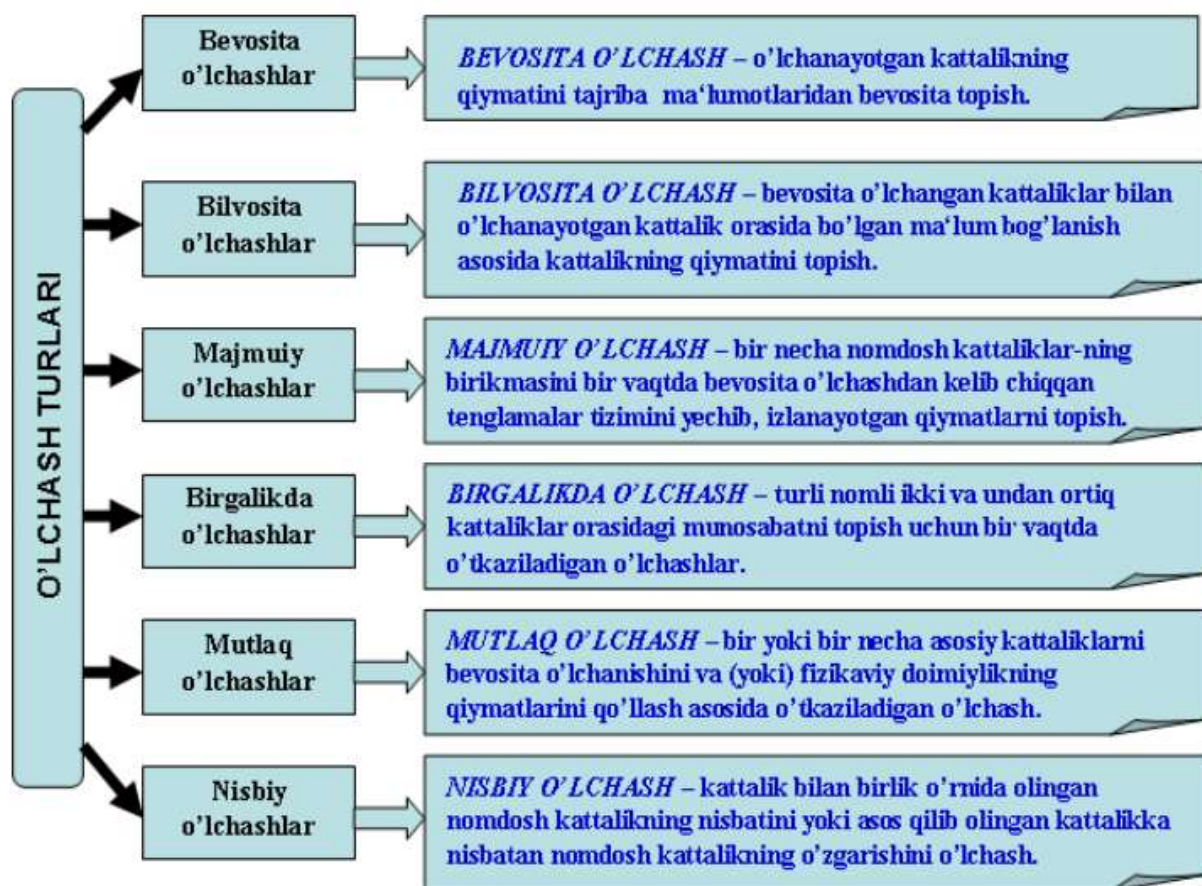
O'lchash usuli – bu fizik eksperimentning aniq, ma'lum struktura, o'lchash vositalari va eksperiment o'tkazishning aniq yo'li, algoritmi yordamida bajarilish, amalga oshirilish usulidir.

Quyidagi rasmda o'lchash jarayonining tashkil etuvchilari ifodalangan (1.14. – rasm).



1.14 – rasm. O'lchash jarayoni sxemasi

O'lchash fan va texnikaning qaysi sohasida ishlatilishiga qarab, u aniq nomi bilan yuritiladi: elektrik, mexanik, issiqlik, akustik va h.k. O'lchanayotgan kattalikning sonli qiymatini topishning bir necha xil turlari (yo'llari) mavjuddir (1.15 - rasm).



1.15– rasm. O'lchash turlari.

O'lchash usullari. (1.16 - rasm)

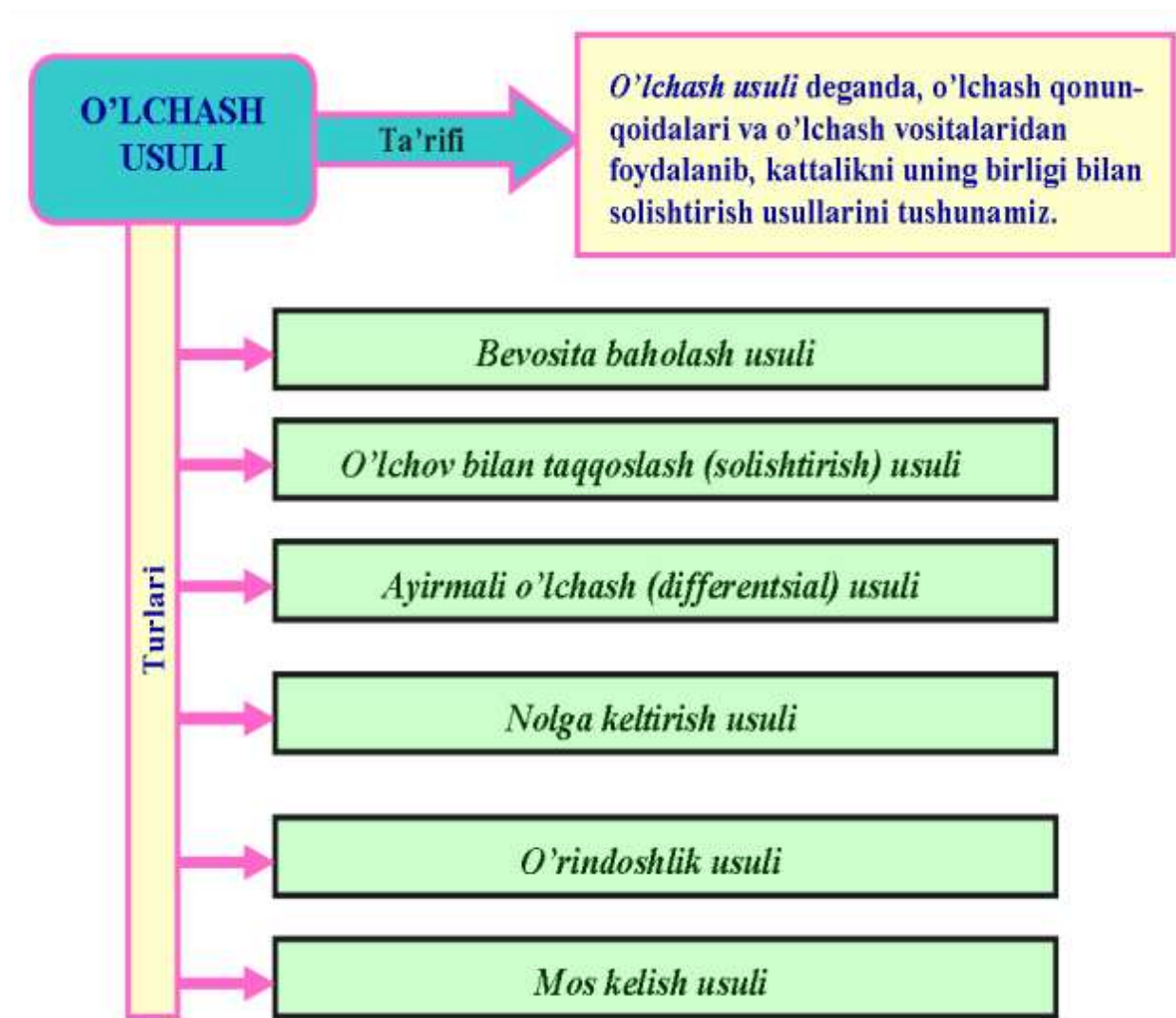
O'lchash usullarning ta'riflarini keltiramiz:

Bevosita baholash usuli – bevosita o'lchash asbobining sanash qurilmasi yordamida to'g'ridan – to'g'ri o'lchanayotgan kattalikning qiymatini topishdir. Masalan, prujinali manometr bilan bosimni o'lchash yoki ampermetr yordamida tok kuchini topish.

O'lchov bilan taqqoslash (solishtirish) usuli – o'lchanayotgan kattalikni o'lchov orqali yaratilgan kattalik bilan taqqoslash (solishtirish)dir. Masalan tarozi

toshi yordamida massani aniqlash. O'lchov bilan taqqoslash usulining o'zini bir nechta turlari mavjud.

Ayirmali o'lchash (differentsial) usuli – o'lchov bilan taqqoslash usulining turi hisoblanib, o'lchanayotgan kattalikning va o'lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini (farqini) o'lchash asbobiga ta'sir qilishdir. Misol qilib uzunlik o'lchovini qiyoslashda uni komparatorda namunaviy o'lchov bilan taqqoslab o'tkaziladigan o'lchash yoki, voltmetr yordamida ikki kuchlanish orasidagi farqni o'lchash, bunda kuchlanishlardan biri juda yuqori aniqlikda ma'lum, ikkinchisi esa izlanayotgan kattalik hisoblanadi.



1.16 - rasm. O'lchash usullari.

Har bir tanlangan usul o'z usuliyatiga, ya'ni o'lchashni bajarish usuliyatiga ega bo'lishi lozim. O'lchashni bajarish usuliyati deganda, ma'lum usul bo'yicha natijalarini olish uchun belgilangan tadbir, qoida va sharoitlar tushuniladi.

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. Noaniqlik tushunchasi qaysi tildan olingan va qanday ma'nolarni bildiradi?
2. Rivojlangan xorijiy davlatlar amaliyotida global o'lchashlar tizimining asosiy komponentlaridan biri bo'lgan "o'lchashlar noaniqligi" necha yillardan beri qo'llanilib kelinmoqda?
3. Fan va texnikada o'lchashlar noaniqligini baholash bo'yicha birinchi xalqaro hujjat qachon tasdiqlangan?
4. Fan va texnikada turli fizik kattaliklarni o'lchashda o'lchashlarning noaniqligini belgilash qoidalariga misollar keltiring.
5. O'lchashlar noaniqligi kontseptsiyasini yaratish va joriy qilishda qaysi xalqaro tashkilotlar va milliy metrologiya institutlari jalb qilindi?
6. BIPM tavsiyasiga asosan ISO tarkibida TAG4/WG3 ishchi guruhi qachon tashkil qilindi?
7. Tajriba natijalarining xaqiqiy qiymat (tayanch qiymat) ga nisbatan sochilishini grafik ravishda tasvirlang.
8. O'lchash natijalarini qayta ishlash va aniqligini baholash kontseptsiyalari xaqida ma'lumot bering.
9. O'lchashlar noaniqligi qanday turlarga bo'lanadi?
10. Fan va texnikada o'lchashlar noaniqligini o'rni va ahamiyati nimadan iborat?
11. Buyuk alloma, qomusiy entsiklopedik olim Abu Rayhon Beruniy va boshqa allomalarning metrologiya va o'lchash texnikasi haqidagi fikrlarini izohlang.

12. GUM – nima ?
13. Hozirgi zamonaviy jamiyatda o'lchash protsedurasini grafik ravishda tasvirlang.
14. I.P.Zaxarov o'lchashlar noaniqligiga qanday ta'rif bergan edi?
15. 1σ , 2σ va 3σ (sigma) qonunlarida ehtimollik mos ravishda qanday qiymatga ega bo'ladi?
16. Normal (Gaus) taqsimot qonunini ehtimollik zichligini grafik shaklda tasvirlang.
17. Bazaviy metrologik tushunchalar va ularning standartlashtirilgan mazmuni bo'yicha xalqaro va davlatlararo qanday me'yoriy-texnik hujjatlarni bilasiz?
18. Metrologik kuzatuvchanlik bo'yicha xalqaro Deklaratsiya qachon qabul qilingan va bunda qaysi tashkilotlar tomonidan imzolangan?
19. Metrologik kuzatuvchanlikni ta'minlash zanjirini grafik ravishda tasvirlang.
20. Metrologik kuzatuvchanlik ta'minlashni qanday usullari mavjud?

II –BOB. O'LCHANADIGAN FIZIK KATTALIKNING TAVSIFI VA UNING MATEMATIK MODELINI ISHLAB CHIQUISH

§2.1. Fizik kattalikning tavsifi tushunchasi va uni modellash

“O'lchash san'ati bu tabiat qonuniyatlariga kirib borish va uning kuchini bizning xukumronligimizga bo'y sindirishda inson aqli bilan yaratiladigan kuchli qurol hisoblanadi”

Boris Semyonovich Yakobi (1801-1874 y.)

Fizik kattalik tushunchasi metrologiya fanida muhim ahamiyatga ega. Chunki, o'lchash jarayonining birdan-bir ob'ekti bu – kattalikdir. O'lchashlar noaniqligini baholashda o'lchanayotgan kattalik haqida mutaxassisning aprior ma'lumotlari, bilimi, ma'lum kattalikning o'lchash jarayonini fizik-kimyoviy asoslari, qo'llanilayotgan o'lchash usulining afzalliklari va kamchiliklari, ishlash printsiplari, qo'llanilayotgan o'lchash vositasining metrologik, texnik va ekspluatatsiya xususiyatlari, kattalikni o'lchash jarayonidagi fizik jarayon va uning asosiy parametrlarini aniqlashda matematik modellashda muhim bosqich hisoblanadi.

Shu o'rinda kattalik bilan bog'liq bo'lgan bazaviy tushuncha va ularning ta'riflari bilan tanishib chiqamiz, jumladan:

kattalik - sifat jihatidan ajratilishi va miqdor jihatidan aniqlanishi mumkin bo'lgan hodisalar, moddiy tizim, moddaning xossasidir;

o'lchanadigan kattalik - o'lchash vazifasining asosiy maqsadiga muvofiq o'lchanishi lozim bo'lgan, o'lchanadigan yoki o'lchangan kattalik;

kattalik o'lchami - muayyan miqdoriy ob'ekt, tizim, hodisa yoki jarayonga tegishli bo'lgan kattalikning miqdoriy aniqlanganligi;

kattalikning qiymati - kattalik uchun qabul qilingan birliklarning ma'lum bir soni bilan kattalikning o'lchamini ifodalash;

ta'sir qiluvchi kattalik - o'lchanadigan kattalikning o'lchamiga va (yoki) o'lchashlar natijasiga ta'sir etuvchi kattalik.

Noaniqlikni baholash zaminidagi «o'lchanadigan kattalikning tavsifi» nafaqat aynan nimaning o'lchanayotganini ravshan va bir ma'noli ifodalashni, balki o'lchanadigan kattalikni o'ziga ta'sir etuvchi parametrlarga bog'lovchi miqdoriy ifodani, ya'ni o'lchanadigan kattalikning matematik modeli (keyinchalik matnda – o'lchash modeli) ni ham talab qiladi.

Bizga ma'lumki, matematik model asosan grafik, jadval yoki analitik ifoda (formula) shakllarida beriladi. Ammo, o'lchashlar noaniqligini baholashda tadqiqotlarni tahlil qilish shunday xulosa beradiki, bunda o'lchanayotgan kattalikni asosan analitik modellaridan ko'proq foydalaniladi.

O'lchashlar noaniqligini baholashning modeli yondashuviga asosan o'lchash tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3 \dots X_N) \quad (2.1)$$

Bu erda $X_1, X_2, X_3 \dots X_N$ - kirish kattaliklari; Y - chiqish kattaligi (o'lchash natijasi).

Modelli yondashuvning soddalashtirilgan ko'rinishi 2.1– rasmda ko'rsatilgan.



2.1– rasm. Modeli yondashuvda o'lchash jarayoni

Dastlab 1992 yilda chop qilingan “O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma” (GUM) da kirish kattaliklari bo'yicha quyidagi tartiblar

o'rnatilgan:

1) noaniqlikni tashkil qiluvchilarini barcha kirish kattaliklari ularni baholash usuliga muvofiq ikkita kategoriyaga bo'lish mumkin:

- A kategoriya – statistik usullarni qo'llash yo'li bilan baholanadigan tashkil qiluvchilar (ko'p marta o'lchash natijalarini ayta ishlash yo'li bilan);
- B kategoriya – boshqa usullari bilan baholanadigan tashkil qiluvchilar (masalan, O'V ni pasportidan olingan tavsiflar, ma'lumotnomalar, attestatlash va kalibrlash sertifikatlar, oldingi tajriba natijalari va .x.).

2) A tur tashkil qiluvchilar standart noaniqlik (U_A) sifatida baholanadi va uning qiymati ko'p marta kuzatishlarning o'rtacha kvadratik og'ishiga tengdir. Ushbu tashkil qiluvchilar erkinlik darajasi soni (V_A) bilan xarakterlanadi, $V_A = n - 1$, bunda n - kuzatishlar soni. Masalan, elektr zanjiridagi tok kuchi (I) 15 marta ko'p marta tajribada miqdoriy qiymati o'lchandi. Bunda erkinlik darajasi soni $V_A = 15 - 1 = 14$ ga teng bo'ladi.

3) B tur tashkil qiluvchilar (U_B) o'lchanayotgan kattalik qiymatlari joylashishi mumkin bo'lgan intervaldagi (joylashish ehtimoli P - ishonch darajasi noma'lum ham bo'lishi mumkin¹) ma'lum chegaralardan olinadigan standart (o'rtachakvadratik) og'ish sifatida baholanadi. Ushbu tashkil qiluvchilarning erkinlik darajasi soni $V_B = \infty$ ² bilan tavsiflanadi.

4) Barcha tashkil qiluvchilar yig'indi standart noaniqlikni ($U_{\text{yig'indi}}$) shakllantiradi va dispersiyalarni qo'shish qoidasiga³ muvofiq hisoblanadi:

$$U_{\text{yig'indi}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \quad (2.2)$$

Yig'indi standart noaniqlik ($U_{\text{yig'indi}}$) erkinlik darajasini effektiv soni V_{eff} bilan xarakterlanadi.

5) Noaniqlikni interval baholanishi kengaytirilgan noaniqlik ($U_{\text{kengaytirilgan}}$)

Izoh-1 – Dastlabki aprior ma'lumotlarning ishonchlilik darajasi ko'rsatilmagan yoki axborotlarning noaniqlik sharoitida o'lchash aniqligini baholash ehtimolliklar nazariyasining klassik qonuniyatlari va matematik ifodalariga tayaniladi.

² *Izoh-2* – o'lchanayotgan kattalik qiymat chegaralarini aniqlash uchun cheksiz miqdordagi kuzatishlar olib borildi deb faraz qilinadi.

³ *Izoh-3* – dispersiya standart noaniqlikning kvadratiga teng. Dispersiyalarni qo'shish qoidasi: bir qancha mustaqil kattaliklarni yig'indisining dispersiyasi ularning dispersiyalari yig'indisiga teng.

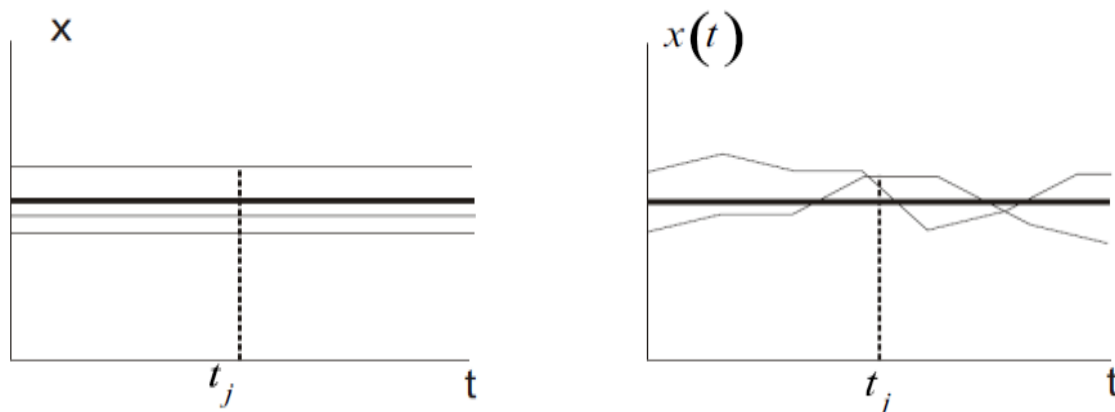
bo'lib, uning miqdoriy qiymati yig'indi standart noaniqlikni (U_{iiu2}) qamrab olish koeffitsienti k ga ko'paytirish bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$U_{\text{keH2}} = U_{\text{iiu2}} \cdot k \quad (2.3)$$

bu yerda: U_{keH2} - kengaytirilgan noaniqlik; U_{iiu2} - yig'indi noaniqlik; k - qamrab olish koeffitsienti¹.

Umumiy holatda qamrab olish koeffitsienti k ehtimollik 0,95 va erkinlik darajasini samarali soni bo'yicha Stuydent koeffitsienti kabi aniqlanadi.

O'lchash jarayoni tasodifiy jarayonlar yig'indisi bo'lib, bo'layotgan jarayonlarni kuzatib borish, nazorat qilish, miqdoriy tavsiflarini baholash taqsimot funktsiyalari, ularning turli ehtimolliklar bo'yicha o'zgarish intervallariga bog'liqdir. Shunga asosan, har bir o'lchanayotgan kattalikning qiymati boshqa kattaliklarning qiymati va bog'liqlik funktsiyalari oraqali ifodalanadi.



2.2-rasm. Tasodifiy funktsiya va kattalikning vaqtga nisbatan o'zgarishi

Masalan, atmosfera bosimini (P_i) o'lchashni misol qilaylik. Ko'p marta tajribalar o'tkazishda biz barometrning ko'rsatgan turli qiymatlarini olamiz

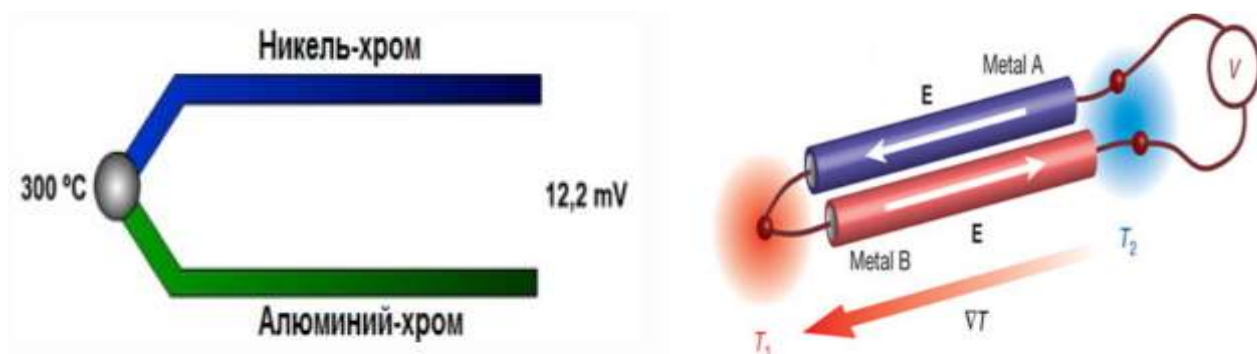
$$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, \dots, P_n \quad (2.4)$$

Tasodifiy qiymatni vaqtga nisbatan o'zgarishini quyidagi 2.2-rasmدا tasvirlangan.

1- misol. Termojuftlikda temperaturani matematik tavsifini tuzish.

¹ K- qamrab olish koeffitsientining qiymati asosan $k=2$ qiymat olinadi. Ammo, yuqori aniqlik va puxtalik talab qilinadigan o'lchashlarda qamrab olish koeffitsientini tanlash usullari mavjud, masalan Velcha-Sattersveyt formulasi yordamida aniqlash.

Quyida temperaturani o'lchashda matematik modelini ko'rib chiqamiz (2.3 - rasm).



2.3 – rasm. Zeebek effekti va termojuftlikda elektr yurituvchi kuchni hosil bo'lishi

Termojuftlikning matematik modeli 1821 yilda nemis fizigi Tomas Iogan Zeebek tomonidan kashf qilingan Zeebek effektiga asoslangan va umumiy quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$U = \alpha_1(T - T_0) + \alpha_2(T - T_0)^2 + \dots \alpha_n(T - T_0)^n \quad (2.5)$$

bu yerda: U – termojuftlikni sovuq uchlari orasidagi elektr kuchlanish; T – kavsharni o'lchanayotgan temperaturasi; T_0 - kalibrlash muhitini berilgan temperatura; α_i ($i=1 \dots n$) – Zeebek koeffitsientlari.

Ko'pgina kontaktlar uchun 1 % dan kam noaniqlikni olish uchun taxminan sakkizta koeffitsientlarni α_i ($i=1 \dots n$) qo'llash talab qilinadi.

Termometrni chiziqli shkalasini olish uchun, termojuftlikni matematik modelida jami bitta Zeebek koeffitsientini α_1 qo'llash zarur. Ushbu holatda termojuftlikni matematik modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$U = \alpha(T - T_0) \quad (2.6)$$

Keyingi matematik amallarni optimallashtirish va soddalashtirish maqsadida $T_0=0$ qabul qilamiz va undan keyin termojuftlikni matematik modeli quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$U = \alpha_1 \cdot T \quad (2.7)$$

Termojuftlik va voltmeterdan iborat termometr indikatorining ko'rsatishi termojuftlikni soddalashtirilgan modelida quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\varphi = k \cdot \alpha_1 \cdot T \quad (2.8)$$

bu yerda φ - indikator ko'rsatishi; k – termojuftlikdagi kuchlanishni o'lchaydigan voltmetrning o'zgartirish funktsiyasi.

(2.5) matematik modeldan foydalangan holda va $T_0=0$ qiymatda termometrning ko'rsatishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varphi_d = k \cdot (\alpha_1 \cdot T + \alpha_2 \cdot T^2 + \dots \alpha_n \cdot T^n) \quad (2.9)$$

Termojuftlikni matematik modelini soddalashtirish natijasida kavsharning temperaturasi o'lchashda quyidagi qiymatdagi uslubiy noaniqlik kelib chiqadi:

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_d = -k \cdot (\alpha_2 \cdot T^2 + \dots \alpha_n \cdot T^n) \quad (2.10)$$

Temperaturani o'lchangan qiymati T ni (2.8) ga qo'yib, quyidagi natijani olamiz:

$$\Delta\varphi = k \cdot \left[\alpha_2 \cdot \left(\frac{\varphi}{k \cdot \alpha_1} \right)^2 + \dots \alpha_n \left(\frac{\varphi}{k \cdot \alpha_n} \right)^n \right] \quad (2.11)$$

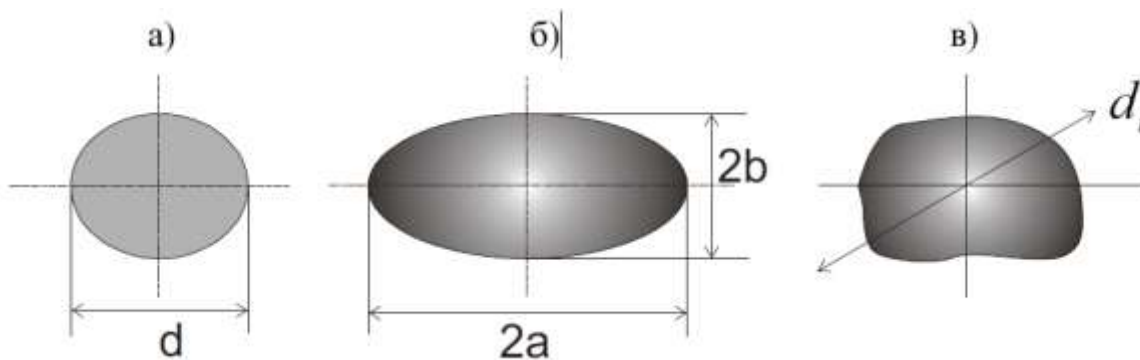
Tuzatma kiritish natijasida o'lchash natijasining uslubiy noaniqligining matematik modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta\varphi = \varphi + k \cdot \left[\alpha_2 \cdot \left(\frac{\varphi}{k \cdot \alpha_1} \right)^2 + \dots \alpha_n \left(\frac{\varphi}{k \cdot \alpha_n} \right)^n \right] \quad (2.12)$$

bu yerda φ – termojuftlikning soddalashtirilgan matematik modelidan foydalanganda termometr bilan temperaturani o'lchangan qiymati.

2- misol. Silindr kesimi yuzasini o'lchashda matematik modellar.

Silindr yuzasini o'lchash zarur bo'lib, bunda o'lchash ob'ektining uchta ehtimoliy variantlari mavjud (2.4-rasm).



2.4- rasm. Silindr kesimi yuzalari a) aylana b) elliptik v) murakkab

Birinchi model silindr uchun qo'llanilib, kesim aylana shakliga ega bo'lib, uning yuzi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.13)$$

Ikkinchi model kesimi elliptik shaklga ega bo'lgan silindr uchun mos bo'lib, uning yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \pi \cdot a \cdot b \quad (2.14)$$

Uchinchi model eng universali bo'lib, kesimi murakkab shaklda bo'lgan silindr uchun qo'llaniladi va uning yuzi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{\pi \cdot d_{\text{ypm}}^2}{4} \quad (2.15)$$

Бу ерда

$$d_{\text{ypm}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2.16)$$

d_i ni o'lchash teng burchak intervallari $\Delta\varphi$ orqali o'tkaziladi. Agarda o'lchashning real ob'ekti ikkinchi va uchinchi matematik modellarga yaqin bo'lsa, kesimning yuzasini o'lchash uchun birinchi model qo'llaniladi. Ushbu model texnik amalga oshirish imkoniyati sodda bo'lib, bunda ma'lum uslubiy noaniqlikka yo'l qo'yiladi. Buning sababi tanlangan o'lchash modelining mukammal emasligi bilan bog'liqdir. Ushbu holatda uslubiy noaniqlikni tuzatma kiritish bilan hisobga olib bo'lmaydi. O'lchash modelini tanlash va mukammalligini oshirish ma'lum

o'lchash usulida talab qilingan aniqlik va ishonchlilikni darajasi bilan bevosita bog'liqdir.

3-misol. Yashik hajmini aniqlashni matematik modellashtirish (sodda amaliy misol sifatida, 2.5 -rasm).

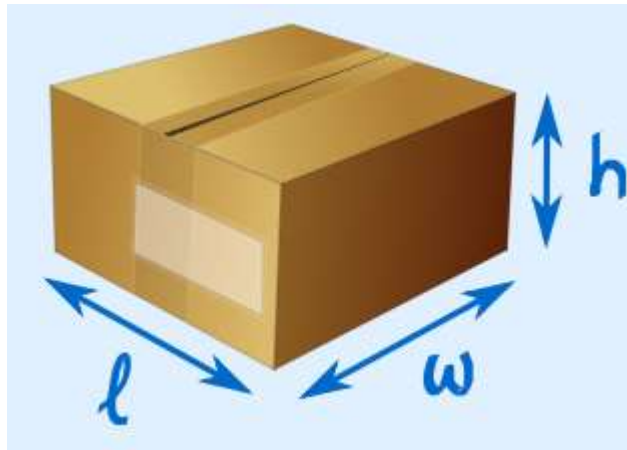
O'lchanayotgan kattalik - V (hajm);

h – yashikni balandligi;

l – yashikni eni

w – yashikni bo'yi.

Matematik model: $V = h \cdot l \cdot w$



2.5 – rasm. Yashik xajmini o'lchashda kattalik modelini yaratish

O'lchash ob'ekti – bu real fizik ob'ekt bo'lib, uning xususiyati bir yoki bir qancha o'lchanadigan kattaliklarni tavsiflaydi. Bu ob'ekt ko'p xususiyatlari bilan boshqa ob'ekt bilan ko'p tomomnlama va murakkab aloqalarga ega bo'ladi. Inson (o'lchash sub'ekti) o'lchash ob'ektini barcha fizik xossa va aloqalari bilan his qilish va sezish imkoniyatiga ega emas. Bu insonning ko'rish, sezish, eshitish, ta'm bilish va boshqa psixofiziologik imkoniyatlari va intellektual imkoniyatlarini chegaralanganligi bilan izohlanadi. Buning natijasida ob'ekt va sub'ektni o'zaro aloqasi faqatgina ob'ektni matematik modellashtirish asosidagina tashkil qilish va nazorat qilish imkoniga ega bo'lamiz.

O'lchash ob'ektining matematik modeli – o'lchash ob'ektini tavsiflaydigan matematik simvol (belgilar) larning majmui bo'lib, o'lchanayotgan va ta'sir qiluvchi omillar o'zaro aloqadorligini tasvirlaydi. O'lchash ob'ektining modeli ob'ekt, uning sharoiti haqidagi aprior ma'lumotlar asosida hal qilinayotgan masalaga muvofiq o'lchashni bajarishga quriladi. O'lchanayotgan kattalikni tavsiflash mutaxassisdan ma'lum kattalik va uni o'lchash usullari va vositalari, o'lchashning fizik asoslari, effektlari, jarayonlarni matematik modellashtirishga

doir chuqur bilim va malaka talab qilinadi. O'lchashlar noaniqligini hisoblashda aprior ma'lumotni ahamiyati va dolzarbligini ta'kidlab o'tish lozim. O'lchanayotgan kattalikni o'lchash jarayoni va uning fizik mohiyatini tushunib yetish muhim omil bo'lib, noaniqlikni hisoblash va to'g'ri baholashni samaradorligi va ishonchliligiga ta'sir qiladi.

Umumiy holatda aytish mumkinki, kattalikni matematik modellashtirish bu - o'lchanayotgan kattalikni qiymatini aniqlashga yo'naltirilgan va o'lchash jarayonini fizik asosidan kelib chiqib asosiy parametrlarni matematik apparatlar bilan ifodalashdir.

§2.2. Bevosita o'lchashda kattalikni matematik modeli

Bevosita o'lchashlar deganda fizikaviy kattaliklarning qiymatlari bevosita olinadigan o'lchashlar tushuniladi. Ularda o'lchanadigan kattalik bevosita kuzatiladigan kattalikka teng deb qabul qilinadi:

$$Y = X \quad (2.17)$$

Bevosita o'lchashlar – o'lchashlarning ko'proq keng tarqalgan va ko'proq oddiy usuli bo'lib hisoblanadi. Bu o'lchashlar bilvosita, birgalikda va jamlanma o'lchashlarning tarkibiy qismi bo'lib hisoblanadi. Bevosita o'lchashlarni bir martalik yoki ko'p martalik kuzatishlar yo'li bilan o'tkazish mumkin. Kuzatishlar sonini tanlash o'lchashlarning aniqligiga qo'yiladigan talablar va ularning natijalariga ishlov berishning yo'l qo'yiladigan mehnat sig'imi bilan belgilanadi.

Amaliyotda bir martalik kuzatish bilan o'lchashlar (bir martalik o'lchashlar) ko'proq oddiyligi, unumdorligi va arzonligi tufayli ko'proq keng tarqalgan. Ko'p martalik kuzatishlar bilan o'lchashlar (ko'p martalik o'lchashlar¹) o'lchashlarning aniqligiga qo'yiladigan talablar oshirilganda o'tkaziladi. Bunday o'lchashlar professional metrologik faoliyat uchun xarakterli bo'ladi va asosan metrologiya xizmati xodimlari tomonidan, shuningdek nozik ilmiy

¹ Xalqaro me'yoriy hujjatlarda ko'p marta o'lchashlar soni 4 tadan kam bo'lmasligi tavsiya qilinadi.

eksperimentlarda o'tkaziladi. Bu murakkab, mehnattalab va qimmat turadigan o'lchashlar bo'lib, ularning maqsadga muvofiqligi har doim ishonarli tarzda asoslangan bo'lishi lozim.

Albatta, fundamental metrologiyaning tavsiyalari o'lchashlar soni oshirishni tavsiya qilib, bu bilan o'lchash natijalarining ishonchliligini oshirish ta'minlanadi. Ammo, amaliyotda ba'zi o'lchash sohalari borki unda ko'p marta o'lchashlar o'tkazish ko'p vaqtni talab qilishi, turli reaktiv va vositalarni qimmatligi, ko'p mehnat va energiya resurslarini talab qilishi sababli ba'zan bir martagina o'lchashlar o'tkaziladi.

2.6 – rasmda bevosita o'lchashlarga misollar keltirilgan.



Tanometr yordamida arterial bosimni o'lchash



Manometr yordamida bosimni o'lchash



Infraqizil termometr yordamida haroratni o'lchash



Elektron shtangentsirkul yordamida chiziqli kattaliklarni o'lchash



Raqamli voltmetr yordamida elektr kuchlanishini o'lchash



pH metr yordamida eritmalar
vodorov ionlari faolligini
tavsiflaydigan vodorod ko'rsatkichini
(pH) o'lchash

2.6 – rasm. Bevosita o'lchashga amaliy misollar

2.3 Bevosita bir marta o'lchashning matematik modeli

Bir martalik bevosita o'lchashlar uch martadan ko'p o'tkazilmaydi. Bunday holda takroriy kuzatishlar adashishlar bo'lishi mumkinligidan ehtiyot bo'lish uchun xizmat qiladi. Bir martalik kuzatishlar bilan bevosita o'lchashlarning yig'indi noaniqligini baholash uchun uning barcha asosiy tashkil qiluvchilarni qiymatlarini aprior tarzda bilish lozim bo'ladi. Shunday qilib, bir martalik kuzatishlar bilan bevosita o'lchashlarning yig'indi noaniqligi V tur bo'yicha baholanadi. Bunday holatda A tur noaniqlik baholanmaydi.

Bevosita bir marta o'lchash natijalarining qayta ishlash quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1. O'lchash sxemasi, o'lchashlar o'tkazish sharoiti to'g'risidagi aprior ma'lumot, qo'llanilgan texnik vositalarning (o'lchash vositasi, sinov uskunasi v.x.) metrologik tavsiflari tahlil qilinadi.

2. O'lchanayotgan kattalikning 1-3 ta kuzatishlar olib boriladi. Tarkibila qo'pol xatolik yo'q deb qabul qilingan natijalardan biri o'lchash natijasi deb qabul qilinadi.

3. O'lchanayotgan kattalikning V tur bo'yicha standart noaniqligi topiladi. Bunda boshlang'ich ma'lumotlar bo'lib quyidagilar xizmat qiladi:

- oldin bajarilgan o'lchash ma'lumotlariga asoslangan holda o'lchanayotgan kattalikning ehtimollik taqsimoti to'g'risida ma'lumotlar;
- ma'lum qurilmalar va materiallarning mos xususiyatlari to'g'risida umumiy bilimlar yoki tajribalarga asoslangan ma'lumotlar;
- konstant va ma'lumotnomalarga asoslangan noaniqliklar;
- qurilmalarni attestatlash, qiyoslash, kalibrlash sertifikat (yoki bayonnomalari) ga asoslangan ma'lumotlar v .b.

Boshlang'ich ma'lumotlarning turli variantlari holatida standart noaniqlikni hisoblashning quyidagi variantlaridan biridan foydalangan holda baholash mumkin.

1. Agarda o'lchash natijasining Y taqsimot qonuni ma'lum bo'lsa, uning standart og'ishi standart noaniqlik $U_1(Y)$ sifatida qabul qilinadi.

2. Agarda qo'llanilgan o'lchash vositasi texnikasini yuqori A_+ va pastki A_- chegarali ma'lum bo'lsa, ushbu holatda standart noaniqlik kirish kattaligini taqsimot qonuniga mos ravishda hisoblanadi.

3. Berilgan intervalda U_p ma'lum ishonchlilik darajasi P bilan taqsimotning normal qonuni deb baholangan holatda B tur bo'yicha noaniqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$U_B(Y) = \frac{U_P}{k_P} \quad (2.18)$$

bu yerda: k - ishonch darajasi 0,9; 0,95 va 0,99 bo'lgan holatlarda mos raavishda qamrab olish koeffitsientlari 1,64; 1,96 va 2,58.

1. O'lchashlar noaniqligini $U_i(Y)$ barcha tashkil qiluvchilarini aniqlagandan keyin ularni quyidagi ifodaga muvofiq yig'indi noaniqligi topiladi:

$$U_{\text{uz}}(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2(Y)} \quad (2.19)$$

2. Berilgan ishonchlilik darajasi P bilan o'lchash natijasini taqsimot qonunini hisobga olgan holda kengaytirilgan noaniqlik aniqlanadi

$$U_{KEH2} = k \cdot U_{\ddot{u}u2}(Y) \quad (2.20)$$

bu yerda: k - qamrab olish koeffitsienti.

Qamrab olish koeffitsienti 2 dan 3 gacha bo'lgan diapazonda tanlanadi. Xatoliklarni tashkil qiluvchilarni taqsimot qonunlari kompozitsiyasi hisoblangan o'lchash natijasining taqsimot qonuni ma'lum bo'lsa yanada aniq qiymatini aniqlash mumkin. Asosan normal va tekis taqsimot qonulari amaliy o'lchashlar holatlariga mos keladi.

O'lchash natijasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$Y = y \pm U_{KEH2}, \quad p = \quad ; k = \quad (2.21)$$

$$\ddot{e}ku$$

$$y - U_{KEH2} < Y < y + U_{KEH2}; \quad p = \quad ; k =$$

1-MISOL. *Manometr yordamida bevosita bir marotaba o'lchash o'tkazilganda kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash.*



Metrologik tavsiflari (pasport ma'lumotlari asosida):

O'lchash diapazoni – (0-10) kgf/cm²;

Bo'linma qiymati – $N=0,2$ kgf/cm²;

Aniqlik sinfi – 2.5;

Ishchi harorat – (-10 °C – +60 °C gacha oraliq; Atrof-muhit haroratiga bog'liq ravishda manometr o'zgarishining koeffitsienti

$$K_T = 0,1 \frac{\%}{^{\circ}C}; \quad \Delta = \pm K_T \cdot \Delta T;$$

2.7 – rasm. MTP turidagi manometr va uning metrologik tavsiflari

Masalaning sharti va dastlabki aprior ma'lumotlar.

O'lchash MTP 100/1-VUM turidagi manometrda (2.7- rasm)bevosita bir marta o'lchash o'tkazildi. Bosimni bir marta o'lchashdan olingan qiymat $P_1=9 \text{ kgf/cm}^2$. O'lchash atrof-muhit harorati $T_1=40^\circ\text{C}$ bo'lgan sharoitda bajarilgan.

HISOBLASH.

Manometr yordamida bevosita bir marotaba olingan natija va boshqa aprior ma'lumotlar asosida hisoblash jarayonini o'quvchiga yanada tushunarli bo'lishini ta'minlash maqsadida bosqichma-bosqich shaklida olib boramiz.

1-bosqich.

Asosiy mutloq xatolikni maksimal qiymatini aniqlaymiz:

$$\Delta_{\max} = \frac{K \cdot D}{100} = \frac{2,5\% \cdot 10 \text{ kgf/cm}^2}{100\%} = 0,25 \text{ kgf/cm}^2 \quad (2.22)$$

bu yerda: $\Delta_{\max}$ - manometrni maksimal mutloq xatoligi; K - manometrni aniqlik sinfi; D - manometrni o'lchash diapazoni.

2- bosqich.

Ushbu bosqichda manometrni temperaturani normal sharoitdan og'ishi sababli kelib chiqadigan xatolikni miqdoriy qiymatini aniqlaymiz.

$$\gamma = K \cdot \Delta T = 0,1 \frac{\%}{^\circ\text{C}} \cdot (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 0,2\% \quad (2.23)$$

$$\Delta_T = \frac{\gamma \cdot D}{100} = \frac{0,2\% \cdot 10 \text{ kgf/cm}^2}{100\%} = 0,02 \text{ kgf/cm}^2 \quad (2.24)$$

bu yerda: γ - haroratni normal qiymatdan og'ishi sababli kelib chiqqan keltirilgan xatolik; K - manometrni pasport ma'lumotida keltirilgan temperaturaviy koeffitsient; ΔT - bevosita bir marotaba bajarilgan tajribani normal (20°C) ga nisbatan algebraik farqi; Δ_T - qo'shimcha temperaturaviy xatolik.

3- bosqich.

Ushbu bosqichda manometr ko'rsatishining diskretligi, ya'ni strelkali asboblarda uchun bo'linma qiymati bilan bog'liq xatolikni aniqlaymiz. Diskret xatolik sifatida bo'linma qiymatining yarmi olinadi.

$$\Delta_{\partial u_{cx}} = \frac{N}{2} = \frac{0,2 \text{ kgf} / \text{cm}^2}{2} = 0,1 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.25)$$

bu yerda: $\Delta_{\partial u_{cx}}$ - manometrning diskret xatoligi; - manometrni bo'linma qiymati.

1, 2 va 3 bosqichlarda yig'indi standart noaniqlikning asosiy tashkil qiluvchilarini aniqladik. Bu tashkil qiluvchilar 3 ta, ya'ni noaniqlikning asosiy manbalari.

4- bosqich.

Ushbu bosqichda tekis taqsimot qonuniga asosan standart noaniqliklarni aniqlaymiz. Aprior ma'lumotlar tekis taqsimot qonuniga bo'ysinish holatida standart noaniqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{\max} = \frac{\Delta_{\max}}{\sqrt{3}} = \frac{0,25 \text{ kgf} / \text{cm}^2}{1,732} = 0,144 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.26)$$

$$U_T = \frac{\Delta_T}{\sqrt{3}} = \frac{0,02 \text{ kgf} / \text{cm}^2}{1,732} = 0,011 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.27)$$

$$U_{\partial u_{cx}} = \frac{\Delta_{\partial u_{cx}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,1 \text{ kgf} / \text{cm}^2}{1,732} = 0,057 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.28)$$

bu yerda: $U_{\max}$ - manometrni standart noaniqligi; U_T - manometrni normal sharoitga nisbatan temperaturaviy qo'shimcha noaniqligi.

5- bosqich

Korrelyatsiya: ushbu holatda hech bir kirish kattaliklari bir-biri bilan (o'zaro) qandaydir sezilarli darajada korrelyatsiyalanmagan deb qaraladi.

6- bosqich.

Aniqlangan standart noaniqliklar asosida yig'indi standart noaniqlikni aniqlaymiz.

$$U_{\text{yig'indi}} = \sqrt{U_i^2} = \sqrt{U_{\max}^2 + U_T^2 + U_{\partial u_{cx}}^2} = \sqrt{(0,144)^2 + (0,011)^2 + (0,057)^2} = 0,155 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.29)$$

7- bosqich.

Bosimni o'lchashda noaniqlik byudjeti tuziladi. Noaniqlik byudjeti bu maxsus tuzilgan jadval bo'lib, unda barcha kirish kattaliklari, noaniqlikning barcha manbalari va qiymatlari, standart noaniqliklar, kengaytirilgan noaniqlik, aprior ma'lumotlarning taqsimot qonunlari qisqa va aniq qiymatlar bilan shakllantiriladi.

2.1 - jadval.

Bosimni o'lchash natijalarini noaniqlik byudjeti

Kirish kattaliklari	Kirish kattaliklarini baholash	Kirish kattaliklarini standart noaniqligi	Ehtimollikning taqsimoti
<i>Bosimni o'lchash</i>	9 kgf/cm^2	-	-
<i>Asosiy xatolik</i>	-	$0,144 \text{ kgf/cm}^2$	<i>Tekis taqsimot qonuni</i>
<i>Temperaturaviy xatolik</i>	-	$0,011 \text{ kgf/cm}^2$	<i>Tekis taqsimot qonuni</i>
<i>Diskret xatolik</i>	-	$0,057 \text{ kgf/cm}^2$	<i>Tekis taqsimot qonuni</i>
<i>Y</i>	9 kgf/cm^2	$U_{\bar{u}_{u2}} = 0,155 \text{ kgf / cm}^2$	

8- bosqich.

Ushbu bosqichda kengaytirilgan noaniqlikni (2.20) formulaga muvofiq hisoblaymiz. Umumiy holatda kengaytirilgan noaniqlik U_{KEH2} quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_{\text{KEH2}} = k \cdot U_{\bar{u}_{u2}} \quad (2.30)$$

bu yerda: k - qamrab olish koefitsienti.

Tashkil qiluvchilarni barchasini tekis taqsimot qonuniga bo'ysunishini hisobga olgan holda noaniqlik byudjetida ulushi eng katta bo'lgan ikkita tashkil qiluvchilarni nisbatani topamiz.

$$f = \frac{U_2}{U_1} = \frac{0,057}{0,144} = 0,395 \quad (2.31)$$

bu yerda: f - shartli koeffitsient; U_1 - noaniqlik byudjetida qiymati bo'yicha eng katta tashkil qiluvchi (bizning misolda asosiy xatolikning tashkil qiluvchisiga to'g'ri keladi); U_2 - noaniqlik byudjetidagi qiymati bo'yicha eng katta tashkil qiluvchidan keyin joylashgan qiymat (bizning misolda diskretlikning (bo'linma qiymati) ning xatoligini tashkil qiluvchisiga to'g'ri keladi).

Maxsus jadvaldan foydalanib kirish kattaliklarini tekis taqsimot qonunida qamrab olish koeffitsientini tanlaymiz (2.8 -rasm).

2.2–jadval.

Kirish kattaliklarini tekis taqsimot qonunida qamrab olish koeffitsientini qiymatlari

f	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
k	1,65	1,75	1,82	1,87	1,9	1,92	1,93	1,94	1,94

Jadvaldan va oldingi bosqichda hisoblangan yig'indi noaniqlikni qiymatidan foydalanib kengaytirilgan noaniqlikni aniqlaymiz.

$$U_{\text{кен}} = k \cdot U_{\text{iiuz}} = 1.87 \cdot 0,155 \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 0,29 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.32)$$

9- bosqich.

O'lchash natijasini quyidagi shaklda yozamiz:

$$P = (9 \pm 0,29) \text{ kgf} / \text{cm}^2, \quad k = 1.87 \quad (2.33)$$

§2.4. Bevosita ko'p marta o'lchashning matematik modeli

Bevosita ko'p marta o'lchash amallari metrologik amaliyotda yetarli darajada ko'p kuzatiladi. Bunda o'lchanayotgan ma'lum bir kattalikning qiymati bir nechta marotaba takroran bevosita usulda aniqlanadi. Masalan, mikrometr yordamida sharcha diametrini bir nechta marta (masalan, 5 marotaba) yoki juda sezgir tarozi yordamida toshning massasini ko'p marotaba o'lchash (masalan, 10 marotaba) va x.k.

Bunda o'lchash natijalarini qayta ishlashda ikkita asosiy vazifa yechiladi.

Birinchidan, o'lchanayotgan kattalik Y ning olingan natijalar asosida yaxlitlangan (tuzatilgan) qiymati y aniqlanadi;

Ikkinchidan, alohida kuzatishlar natijalarini tajribaviy standart noaniqligini A tur bo'yicha baholash amalga oshiriladi.

Kuzatish natijalarini statistik qayta ishlashda quyidagi amallar bajariladi:

1. Kuzatish (tajriba) natijalarini tarkibidan qo'pol xatolik mavjud bo'lgan natijalar chiqarib tashlanadi.

2. Kuzatish natijalari tarkibidan ma'lum bo'lgan muntazam xatoliklar chiqarib tashlanadi.

3. O'lchash natijasi sifatida qabul qilinadigan tuzatilgan kuzatish natijalarini o'rtacha arifmetik qiymati topiladi:

$$y = \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.34)$$

bu yerda: $\bar{y}$ - o'lchash natijasi sifatida qabul qilingan qiymat; n - kuzatishlar (tajriba, o'lchashlar) soni; y_i - har bir alohida kuzatishlar natijasi.

1. Kuzatish natijasini tajribaviy standart noaniqligini hisoblash

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.35)$$

2. Kuzatish natijalarini (o'rtacha arifmetik) tajribaviy standart og'ishini hisoblash

$$s(y) = s(\bar{y}) = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.36)$$

bu yerda: $S(y)$ - tajribaviy standart og'ish bo'lib, qiymati bo'yicha A tur standart noaniqlikka tengdir.

3. B tur bo'yicha yig'indi standart noaniqlikni tashkil qiluvchilarini baholash.

4. O'lchash natijasini B tur bo'yicha yig'indi standart noaniqligini hisoblash

$$U_{\bar{y}B}(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m U_i^2(Y)} \quad (2.37)$$

5. O'lchash natijasini yig'indi standart noaniqligini hisoblash

$$U_{\bar{y}} = \sqrt{S^2(\bar{y}) + U_{\bar{y}B}(Y)} \quad (2.38)$$

9. Berilgan ishonchlilik darajasi bilan o'lchash natijasini taqsmot qonunini hisobga olgan holda kengaytirilgan noaniqlik aniqlanadi.

$$U_{k\%} = k \cdot U_{\bar{y}} \quad (2.39)$$

bu yerda: k - qamrab olish koeffitsienti.

6. O'lchash natijasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$Y = y \pm U_{k\%}, \quad p = \quad ; k = \quad (2.40)$$

$\bar{y}$

$$y - U_{k\%} < Y < y + U_{k\%}; \quad p = \quad ; k = \quad$$

1-MISOL. Chastotani ko'p marta o'lchashda noaniqlikni baholash.

CH3-63 modelidagi elektron-hisob chastotomer yordamida yuqori chastotali sinusoidal signal bevosita ko'p marta o'lchash o'tkazildi.



2.9 – rasm. Ch3-63 modelidagi chastotomer va uning metrologik tavsiflari

Metrologik tavsiflari (pasport ma'lumotlari asosida):

Sinusoidal signalni chastotasini o'lchash nisbiy xatoligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta_{\text{huc}} = \pm \left(\delta_0 + \frac{1}{f_{\text{yly}} \cdot t_{\text{xuc}}} \right)$$

Bu erda:

δ_0 - ichki tayanch generatorning chastotatasi bo'yicha nisbiy xatoligi,

$5 \cdot 10^{-7}$; $\frac{1}{f_{\text{yly}} \cdot t_{\text{xuc}}}$ - kvantlash

xatoligi; f_{yly} - o'lchanayotgan chastota; t_{xuc} - hisoblash vaqti.

Chastotomerning i shchi harorat –
 (-30 °C dan – +50 °C gacha) oraliq;
 Har 1 °C uchun tayanch generator
 chastotasi temperatura koeffitsienti
 $k_t = 10^{-9}$

Masalaning sharti va dastlabki aprior ma'lumotlar.

Ch3-63 modelidagi elektron-hisob chastotomer yordamida yuqori chastotali sinusoidal signal bevosita ko'p marta o'lchash o'tkazildi. O'lchashlar soni $n=30$ ta. Chastotomerdan olingan natijalar quyidagilar, kHz (kilogerts). O'lchash laboratoriya sharoitida atrof-muhit xarorati 40 °C haroratda bajarildi. Qurilmani hisoblash vaqti 10 ms (millisekund).

N_o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_i	141281	141283	141285	141287	141289	141281	141283	141285	141287	141289
N_o	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f_i	141282	141284	141286	141288	141280	141282	141282	141284	141286	141286
N_o	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
f_i	141285	141285	141281	141282	141283	141284	141285	141286	141287	141287

HISOBLASH.

1-bosqich.

Olingan natijalarning o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlaymiz

$$f_{ypm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} f_i = 141284,5 kHz \quad (2.41)$$

2- bosqich.

Standart og'ishni aniqlaymiz va olingan tajriba natijalarini normalligini uch sigma (3σ) qoidasi asosida tekshiriladi. Agarda statistik qayta ishlash natijalari asosida normal taqsimot qonuniga bo'ysunmagan natija aniqlanganda, ushbu natija tajriba natijalari tarkibidan chiqarib tashlanadi.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{30} (f_i - f_{ypm})^2} = \sqrt{\frac{209,75}{29}} = 2,69 \quad (2.42)$$

$$3\sigma = 8,06$$

Tajriba natijalarini normalligini uch sigma qoidasiga tekshirish shuni ko'rsatadiki, shubhali natija (10 chi natija) ham chegara qiymat ($3\sigma = 8,06$) dan kamligi sababli, ushbu natijalar barchasi normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi deb hisoblashga asos bo'ladi.

2.3 –jadval.

Chastotomer yordamida olingan tajribaviy natijalarni uch sigmaga tekshirish jadvali

N_0	f_i	f_{ypm}	$ \Delta_i = f_i - f_{ypm}$	Δ_i^2	$\sum_{i=1}^{30} \Delta_i^2$
1	141281		3,5	12,25	
2	141283		1,5	2,25	
3	141285		0,5	0,25	
4	141287		3,5	12,25	
5	141289		4,5	20,25	
6	141281		3,5	12,25	
7	141283		1,5	2,25	
8	141285		0,5	0,25	
9	141287		3,5	12,25	
10	141289		5,5	30,25	
11	141282		1,5	2,25	
12	141284		0,5	0,25	
13	141286		2,5	6,25	

14	141288	141284,5	3,5	12,25	209,75
15	141285		0,5	0,25	
16	141282		2,5	6,25	
17	141282		2,5	6,25	
18	141284		0,5	0,25	
19	141286		2,5	6,25	
20	141286		2,5	6,25	
21	141285		1,5	2,25	
22	141285		1,5	2,25	
23	141281		3,5	12,25	
24	141282		1,5	2,25	
25	141283		0,5	0,25	
26	141284		0,5	0,25	
27	141285		1,5	2,25	
28	141286		2,5	6,25	
29	141287		3,5	12,25	
30	141287		3,5	12,25	

3- bosqich

A tur standart noaniqlikni aniqlaymiz

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^{30} (f_i - f_{ypm})^2} = \sqrt{\frac{209,75}{30 \cdot 29}} = 241 Hz \quad (2.43)$$

4- bosqich.

Chastotomerning ichki tayanch generatorning mutloq xatolik chegaralari quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta_0 = f \cdot \delta_0 = 5 \cdot 10^{-7} \cdot 141284500 Hz = 70,64 Hz \quad (2.44)$$

Tayanch generator chastotasining standart noaniqligi U_f quyidagicha aniqlanadi

$$U_T = \frac{\Delta_0}{\sqrt{3}} = \frac{70,64 \text{ Hz}}{1,732} = 40,79 \text{ Hz} \quad (2.45)$$

Kvantlash noaniqligi $U_{K\text{v}\text{a}\text{n}}$ kvantlash xatoligining Δ chegaralari asosida aniqlanadi:

$$\Delta_{\kappa\text{B}} = \frac{1}{f_{\text{y}\text{r}\text{y}} \cdot t_{\text{x}\text{u}\text{c}}} \cdot f_{\text{y}\text{r}\text{y}} = \frac{1}{t_{\text{x}\text{u}\text{c}}} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 100 \text{ Hz} \quad (2.46)$$

$$U_{K\text{v}\text{a}\text{n}} = \frac{\Delta_{\kappa\text{B}}}{\sqrt{3}} = \frac{100 \text{ Hz}}{1,732} = 57,74 \text{ Hz}$$

Atrof-muhit temperaturasini 20°C ga nisbatan (chastotomerni kalibrlash temperaturasi) o'zgarishida tayanch generator chastotasining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan noaniqlik U_T ni qiymati o'lchash bajarilgandagi atrof-muhit temperaturasi 40°C ni temperatura koeffitsienti $1 \cdot 10^{-9}$ orqali tekis taqsimot qonuniyatiga bo'ysunganligini hisobga olib baholaymiz.

$$U_T = \frac{f_{\text{y}\text{r}\text{y}} \cdot |t_{\text{y}\text{r}\text{y}} - t_{\kappa}| \cdot k_t}{\sqrt{3}} = \frac{141284500 \cdot |40 - 20| \cdot 10^{-9}}{\sqrt{3}} = 1,63 \text{ Hz} \quad (2.47)$$

5- bosqich.

Korrelyatsiya: ushbu holatda hech bir kirish kattaliklari bir-biri bilan (o'zaro) qandaydir sezilarli darajada korrelyatsiyalanmagan deb qaraladi.

6- bosqich.

Aniqlangan standart noaniqliklar asosida yig'indi standart noaniqlikni aniqlaymiz.

$$U_{\text{uuz}} = \sqrt{U_A^2 + U_T^2 + U_T^2} = \sqrt{(241)^2 + (40,79)^2 + (1,63)^2} = 244,43 \text{ Hz} \quad (2.48)$$

7- bosqich.

Ushbu bosqichda kengaytirilgan noaniqlikni (2.20) formulaga muvofiq hisoblaymiz. Umumiy holatda kengaytirilgan noaniqlik $U_{\text{K}\text{e}\text{n}\text{z}}$ quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_{\text{keh}} = k \cdot U_{\text{uu}} \quad (2.49)$$

bu yerda: k - qamrab olish koeffitsienti.

Qamrab olish koeffitsientini Velcha-Sattersveyt formulasidan foydalangan holatda erkinlik darajasini effektiv soni V_{eff} uchun ishonch darajasi 0,95 qiymatga nisbatan baholaymiz

$$V_{\text{eff}} = (n-1) \cdot \left(\frac{U_{\text{uu}}}{U_A} \right)^4 = 19 \cdot \left(\frac{244,43}{241} \right)^4 = 20,1 \quad (2.50)$$

Erkinlik darajasini effektiv sonini V_{eff} aniqlik zahirasi ta'minlash va kichiklashtirish tomonga yaxlitlaymiz (Styudent koeffitsientini).

$$V_{\text{eff}} = 20 \quad (2.51)$$

Qamrab olish koeffitsienti erkinlik darajasining effektiv soni 20 ga nisbatan, 2.4 – jadvalga muvofiq $k = 2,09$

2.4 – jadval.

Ishonchlik darajasi 0,95 bo'lgan holatda erkinlik darajasini samarali soni va qamrab olish koeffitsientini o'zaro bog'liqlik jadvali

V_{eff}	k	V_{eff}	k	V_{eff}	k	V_{eff}	k
1	12,71	11	2,20	21	2,08	3	2,03
2	4,30	12	2,18	22	2,07	40	2,02
3	3,18	13	2,16	23	2,07	45	2,01
4	2,78	14	2,15	24	2,06	50	2,01
5	2,57	15	2,13	25	2,06	60	2,00
6	2,45	16	2,12	26	2,06	70	1,99

7	2,37	17	2,11	27	2,05	80	1,99
8	2,31	18	2,10	28	2,05	90	1,99
9	2,26	19	2,09	29	2,05	100	1,98
10	2,23	20	2,09	30	2,04	∞	1,96

Yuqorida aniqlangan natijalardan kelib chiqib, kengaytirilgan noaniqlikni hisoblaymiz.

$$U_{\text{kehz}} = k \cdot U_{\text{ituz}} = 2,09 \cdot 244,43 \text{ Hz} = 510,86 \text{ Hz} \quad (2.52)$$

7- bosqich..

O'lchashlar noaniqligi byudjetini tuzamiz

2.4 – jadval.

Chastotani o'lchashda noaniqlik byudjeti

Kirish kattaligi	Kirish kattaligini bahosi, Hz	Standart noaniqlik, Hz	Erkinlik darajasi soni	Kirish kattaliklarini extimollik taqsimoti	Sezgirlik koefitsienti	Noaniqlik ulushi
Частота f_{yru}	141284500	241	19	Normal taqsimot	1	241
Tayanch generator chastotasining nobarqarorligi	-	40,79	∞	Tekis taqsimot	1	40,79
Kvantlash xatoligi	-	57,74	∞	Tekis taqsimot	1	57,74
Temperatura xatoligi	-	1,63	∞	Tekis taqsimot	1	1,63
Chiqish kattaligi	Chiqish kattaligini baholash	Yig'indi noaniqlik	Erkinlik darajasini effektiv soni	Ishonch darajasi	Qamrab olish koefitsienti	Kengaytirilgan noaniqlik
f_{yru}	141284500	244,43	20	P=0,95	2,09	244,43

8- bosqich..

O'lchash natijasini quyidagi shaklda yozamiz:

$$f = (141284,5 \pm 0,24)kHz, \quad k = 2.09 \quad P = 0.95 \quad (2.53)$$

2.5. Bilvosita o'lchashni noaniqligini baholashning matematik modeli

Bilvosita o'lchash – kattalikning izlanayotgan qiymatini ushbu izlanayotgan kattalik bilan funktsional bog'langan boshqa kattaliklarni to'g'ridan-to'g'ri o'lchash natijalari asosida aniqlash.

Ko'pchilik hollarda o'lchanadigan Y kattalik to'g'ridan-to'g'ri o'lchanmaydi, balki bilvosita o'lchashlardagi kabi, boshqa o'lchanadigan $X_1, X_2, \dots, X_n$ kattaliklarga bog'liq bo'ladi. Bunda Y kattalikning izlanayotgan qiymati izlanayotgan (chiqish) Y kattalik bilan funktsional bog'langan n ta kirish kattaliklari $X_1, X_2, \dots, X_N$ ni to'g'ridan-to'g'ri o'lchash natijalari asosida aniqlanadi. Ushbu funktsional bog'liqlik, ya'ni o'lchash modeli umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (2.54)$$

bu yerda: Y - o'lchanadigan kattalik; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ - bevosita o'lchash natijalari.

Masalan, termorezistordagi quvvat quyidagi tenglama orqali aniqlandi:

$$P = f(V, R_0, \alpha, t) = \frac{V^2}{R_0 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]} \quad (2.55)$$

bu yerda:

V - potentsiallar farqi;

R_0 - t_0 temperaturadagi termorezistorning qarshiligi;

t - termorezistor temperaturasi;

α - termorezistor temperaturasi.

1- MISOL.

Qattiq jism zichligini ρ uning massasini va hajmini o'lchash yo'li bilan aniqlashda $P = 0,95$ ishonch darajasi uchun standart va kengaytirilgan noaniqlikni aniqlang. Qattiq jismni massasi xatoligi 0,01 mg oshmaydigan namunaviy tosh jamlanmasi bilan ko'p marta tortish yo'li bilan o'lchandi. Kuzatish natijalari 2.5 – jadvalda ko'rsatilgan.

2.5 –jadval.

Chastotani o'lchashda noaniqlik byudjeti

k	Jism massasi $m_i, 10^{-3}, kg$	Jism hajmi $V_i, 10^{-6}, m^3$
1	252,9119	195,3799
2	252,9133	195,3830
3	252,9151	195,3790
4	252,9130	195,3819
5	252,9109	195,3795
6	252,9094	195,3788
7	252,9113	195,3794
8	252,9115	195,3794
9	252,9119	195,3791
10	252,9115	195,3791
11	252,9118	195,3794

1 – bosqich.

Massa va hajmni kuzatish natijalarini o'rtacha qiymatini aniqlash

$$m_{ypm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i = \frac{1}{11} (252,9119 + \dots + 252,9118) = 252,9120 \cdot 10^{-3} kg \quad (2.56)$$

$$V_{ypm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{11} (195,3799 + \dots + 195,3794) = 195,37898 \cdot 10^{-6} kg \quad (2.57)$$

bu yerda: m_{ypm} - massani o'lchash natijalarin o'rtacha qiymati; m_i - massani har bir kuzatish (o'lchash) natijalari; V_{ypm} - hajmni o'lchash natijalarini o'rtacha qiymati; V_i - hajmni o'lchashda har bir kuzatish natijalari.

2 – bosqich.

Jism zichligini qiymatini quyidagi formula asosida aniqlaymiz

$$\rho = \frac{m_{ypm}}{V_{ypm}} = 1,294463 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad (2.58)$$

3 – bosqich.

Kirish kattaliklarining (bizning misolimizda kirish kattaliklar ikkita bo'lib, bu kattalik massa va hajmdir) har birini standart noaniqligini A tur bo'yicha quyidagi formula bo'yicha hisoblaymiz

$$U_A(m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - m_{ypm})^2}{n \cdot (n-1)}} = 4,402 \cdot 10^{-7} \text{ kg} \quad (2.59)$$

$$U_A(V) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - V_{ypm})^2}{n \cdot (n-1)}} = 4,051 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3 \quad (2.60)$$

4 – bosqich.

Zichlikni baholanishini yig'indi standart noaniqlikni quyidagi formula asosida baholanadi

$$U_{\text{uz}}(\rho) = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 \cdot U_A^2(m) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial V}\right)^2 \cdot U_A^2(V)} = \quad (2.61)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{V}\right)^2 \cdot (4,402 \cdot 10^{-7})^2 + \left(\frac{m}{V^2}\right)^2 \cdot (4,051 \cdot 10^{-10})^2} = 3,4955 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

5 – bosqich.

0,95 ishonchli ehtimollik bo'lganda qamrab olish koeffitsientini Velcha-Sattersveyt formulasidan foydalangan holda erkinlik darajasini effektiv soni V_{eff} quyidagicha hisoblanadi

$$V_{eff} = \frac{(n-1) \cdot U_{\text{yuz}}^4(\rho)}{\left[\left(\frac{1}{V} \right)^4 \cdot U_A^4(m) + \left(\frac{m}{V^2} \right)^4 \cdot U_A^4(V) \right]} = 21,7 \quad (2.62)$$

Шунга асосан $k = 2,09$; $U_{\text{кек}} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$.

6 – bosqich.

O'lchash natijasi

$$\rho = (1,294463 \cdot 10^3 \pm 7,8 \cdot 10^{-3}) \text{ kg/m}^3$$

2.6. Majmuiy o'lchashlarning matematik modeli

Majmuiy o'lchashlarda, eslatib o'tilganidek, bir nechta bir xil nomli kattaliklarni bir vaqtda o'lchashda kattalikning izlanayotgan qiymatlari bu kattaliklarning turli birikmalarini o'lchashda olinadigan tenglamalar tizimini yechish yo'li bilan aniqlanadi

Majmuiy o'lchashlarning tenglamalar tizimi, ya'ni matematik modelini quyidagi ko'rinishda yozish mumki.

$$x_i = f_i(y_1, y_2, \dots, y_m) \quad (2.63)$$

bu yerda $i = 1, 2, \dots, n; n > m$. majmui i birgalikda o'lchashlarga tegishli bo'lgan asosiy jihatlardan biri shundaki, noma'lumlar soniga nisbatan tenglamalar soni ko'p bo'ladi.

Shunday qilib, bilvosita o'lchashlardan farqli o'laroq, izlanayotgan bir nechta kattaliklar o'lchanadi, bularning qiymati esa tenglamalar tizimini yechish natijasida topiladi.

Majmuiy o'lchashlar metrologik amaliyotda, masalan, o'lchovlarni yoki o'lchash asboblarning shkalalarini kalibrlashda keng qo'llaniladi. Masalan, to'plamdagi alohida tarozi toshlarining massasini bir tosh massasining ma'lum qiymati bo'yicha va toshlardan tuzilgan turli birikmalar massasini o'lchash (solishtirish) natijalari bo'yicha topish.

Eslatish lozimki, birgalikda yoki majmuiy o'lchashlarda izlanayotgan kattaliklarning qiymatlarini aniqlash uchun tenglamalar soni kattaliklar sonidan

kam bo'lasligi kerak.

Bunday hollarda majmuy o'lchashlarning tenglamalar tizimi (matematik modeli) quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$x_i = f \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot y_{ij}, \quad (2.64)$$

bunda y_j – izlanayotgan kattaliklarning baholanadigan qiymatlari;

C_{mj} – i -o'lchashda u_j uchun qo'llaniladigan ma'lum koeffitsientlar;

x_m – o'lchovlarning turli birikmalarini yoki shkalalarning belgilarini solishtirish natijalari;

m – kattaliklarning aniqlanishi lozim bo'lgan qiymatlarining soni;

n – birikmalar (tenglamalar) soni.

Bunda C_{mj} koeffitsientlari quyidagi qiymatlarga ega bo'ladi:

0 – agar m -o'lchashda Y_j qatnashmasa;

1 – agar bir nechta kattaliklarning Y_j kirgan yig'indisi o'lchanadigan bo'lsa;

1 – agar bir nechta kattaliklarning yig'indisi Y_j bilan solishtiriladigan bo'lsa.

2.7. Birgalikda o'lchashlarning matematik modeli

Birgalikda o'lchashlar – ikkita yoki bir nechta, har xil nomli kattaliklar o'rtasidagi bog'lanishni aniqlash uchun bunday kattaliklarni bir vaqtda o'tkaziladigan (bevosita yoki bilvosita) o'lchashlar.

Birgalikda o'lchashlarning natijalari, o'lchashlar modeli bo'lgan quyidagi tenglamalar tizimini yechish yo'li bilan topiladi:

$$Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2.65)$$

Metrologiyada ikkita argumentnin birgalikda o'lchashlar o'lchash

vositalari (O'V) ni darajalashda qo'llaniladi. Bunday o'lchashlar natijasida, O'V ning pasportida jadval, grafik yoki analitik ifoda ko'rinishida keltiriladigan darajalar tafsiloti (xarakteristikasi) aniqlanadi. Darajalash xarakteristikasini analitik ko'rinishda keltirish afzalroq bo'ladi, chunki bunday shaklda ifodalash ancha ixcham va ko'pchilik amaliy masalalarni yechish uchun qulay bo'ladi.

Tenzorezistor qarshiligining temperaturaga bog'liqligini aniqlash masalasi birgalikda o'lchashlarga misol bo'la oladi, buning matematik modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$R(t) = R_{20} + \alpha \cdot (t - 20) + \beta \cdot (t - 20)^2 \quad (2.66)$$

unda:

R_{20} — tenzorezistorning 20 °C dagi qarshiligi

α, β — qarshilikning temperaturaviy koeffitsientlari.

R_{20} aniqlash uchun n temperaturaviy nuqtalarda ($n > 3$) $R(t)$ o'lchanadi va buning natijalari bo'yicha izlanayotgan bog'liqlik aniqlanadi.

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. Kattalik, o'lchanadigan kattalik, kattalik o'lchami, kattalikning o'lchami va ta'sir qiluvchi kattalik tushunchalariga ta'rif bering.
2. Modelli yondashuvda o'lchash jarayonini grafik tasvirlang.
3. "O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma" (GUM) dastlab qachon chop qilingan.
4. Tasodifiy funktsiya va kattalikning vaqtga nisbatan o'zgarishini grafik tasvirlang.
5. Termojuftlikda temperaturani matematik tavsifini tuzishni tushuntiring.

6. Tsilindr kesimi yuzasini o'lchashda matematik modellarni izohlang.
7. Yashik hajmini aniqlashni matematik modellashtirishni tushuntiring.
8. Bevosita o'lchashda kattalikning modelini tuzish qoidalarini bilasizmi? Misollar keltiring.
9. Bilvosita o'lchashda kattalikning modelini tuzish qoidalarini bilasizmi? Misollar keltiring.
10. Bevosita bir marta o'lchash natijalarini matematik modeli asosida qayta ishlashning o'ziga xos tartibi nimalardan iborat?
11. Manometr yordamida bevosita bir marotaba o'lchash o'tkazilganda kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash tartibini o'rganib oldingizmi? Tartibni izohlang.
12. Bevosita ko'p marta o'lchash natijalarini matematik modeli asosida qayta ishlash qoidalar majmui nimalardan iborat?
13. O'V ni kvantlash va diskret noaniqliklari deganda nimani tushunasiz? Misollar keltiring.
14. Bilvosita o'lchashni noaniqligini baholashning matematik modelini tuzishni tushuntiring. Misollar keltiring.
15. Majmuiy va birgalikda o'lchashlarning matematik modeli nima? Misol keltiring.

III - BOB. O'LCHASHLAR NOANIQLIGI TURLARI VA STANDART NOANIQLIKNI MIQDORIY BAHOLASH TARTIBI

3.1. O'lchashlar noaniqligining turlari va tasnifi

*“Nazariy metrologiya bilan bog'liq mulohazalarimizni
o'zgartirmasdan bu «xorijiy tilni» o'rganishimiz lozim.*

*Chunki jahon hamjamiyatiga integratsiyalash
jarayonida biz nimani sotib olyapmiz yoki
sotayapmiz va o'lchash, sinash shuningdek
sertifikatlash natijalarini qanday
baholash va o'zaro tan olishni bilishimiz zarur”*

L.K. Isaev

Metrologiya bo'yicha xalqaro lug'atda (VIM 3) o'lchashlar noaniqligi bo'yicha bazaviy tushunchalar va ularning ta'riflari berilib, mazmuni standartlashtirilgan. Ushbu xalqaro hujjatda quyidagi asosiy tushunchalar keltirilgan:

o'lchashlar noaniqligi– foydalanilgan axborot asosida o'lchanayotgan kattalikka tegishli bo'lgan kattalik qiymatlarini sochilishini xarakterlaydigan nomanfiy parametrlar;

A-tip bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholash– ma'lum o'lchash sharoitlarida olinadigan kattalikning o'lchangan qiymatlarini statistik tahlil qilish yo'li bilan o'lchashlar noaniqligini tashqil qiluvchilarni baholash;

B-tip bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholash – A tip bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholashdan farq qiladigan usullar bilan o'lchashlar noaniqligini tashkil qiluvchilarini baholash;

o'lchashlarning standart noaniqligi – standart og'ish shaklida ifodalangan o'lchashlar noaniqligi;

o'lchashlarning yig'indi standart noaniqligi– o'lchash modelidagi kirish kattaliklari bilan bog'liq bo'lgan, o'lchashlarning xususiy standart noaniqligi oqibatidan olinadigan o'lchashlarning standart noaniqligi;

o'lchashlarning nisbiy standart noaniqligi– mutloq qiymatga (kattalikning o'lchangan qiymati) bo'lingan o'lchashlarning standart noaniqligi;

noaniqlik byudjeti– noaniqlik, uni hisoblash va ularning yig'indisidan tashkil topgan o'lchashlar noaniqligi to'g'risida hisobot;

o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligi – yig'indi standart noaniqlikni birdan katta bo'lgan koeffitsientga ko'paytmasi;

Izoh: koeffitsient o'lchash modelidagi chiqish kattaligining ehtimoliligining taqsimot qonuniga va qamrab olishning tanlangan ehtimoligi bog'liq. Ushbu ta'rifdagi "koeffitsient" tushunchasi "qamrab olish koeffitsienti" ga tegishlidir. Kengaytirilgan noaniqlik shuningdek "to'liq noaniqlik" ("overall uncertainty") deb ham nomlanadi.

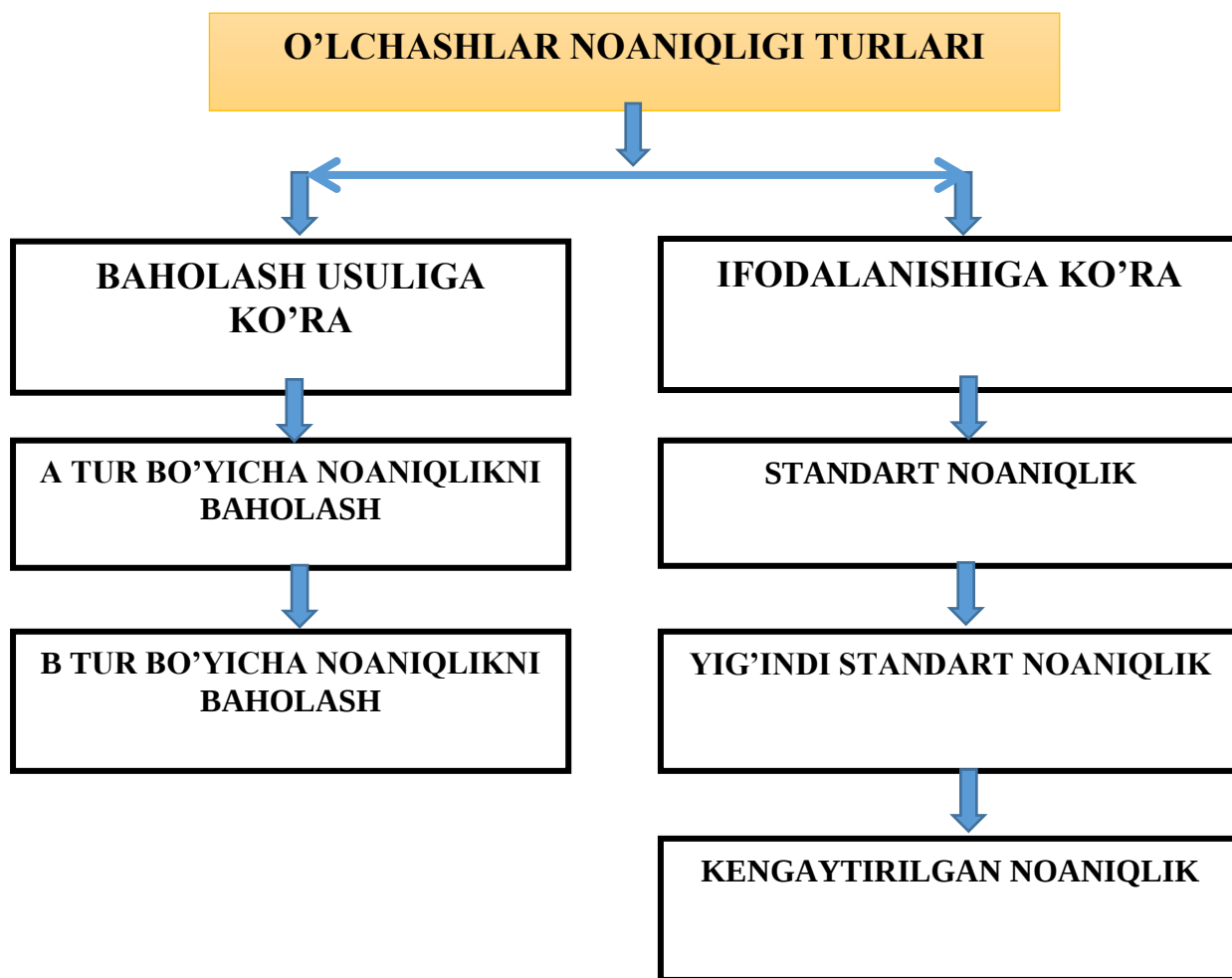
qamrab olish intervali– berilgan ehtimollikda o'lchanayotgan kattaliklarni chin qiymatlari majmuasidan iborat bo'lgan axborotlarga asoslangan interval;

izoh: ISO/IEC Guide 98-3:2008 xalqaro standartida o'rnatilgan qoidalariga asosan, qamrab olish interval markazi kattalikning o'lchangan qiymati bilan mos kelishi majburiy talab bo'lmasdan, qamrab olish intervalini o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligidan chiqarib olish mumkin. Shu bilan birga, o'lchash natijalarini statistik qayta ishlash bo'yicha "ishonchli interval" va "qamrab olish intervali" tushunchalarini mazmunan turli tushunchalardir.

qamrab olish ehtimoli – o'lchanayotgan kattaliklarning chin qiymatlari majmui ko'rsatilgan qamrab olish intervalida joylashish ehtimoli.

Ushbu ta'rif O'lchashlarda noaniqlikni ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM) da ifodalangan noaniqlik kontseptsisiga tegishli bo'lib, ushbu halqaro hujjatda "qamrab olish ehtimoli" tushunchasi o'rnida "ishonch darajasi" tushunchasi qo'llaniladi.

O'lchashlar noaniqligi turlari 3.1 – rasmda ko'rsatilgan.



3.1- rasm. O'lchashlar noaniqligining turlari

qamrab olish ehtimoli – o'lchanayotgan kattaliklarning chin qiymatlari majmui ko'rsatilgan qamrab olish intervalida joylashish ehtimoli.

qamrab olish koeffitsienti – birdan katta son bo'lib, o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligini olish uchun o'lchashlarning yig'indi standart noaniqligiga ko'paytiriladi.

Izoh: ISO/IEC Guide 98-3:2008 halqaro standartida belgilangan qoidalarga asosan, qamrab olish koeffitsienti odatda k bilan belgilanadi.

Birinchi holat (aposterior baholash) ma'lum bir fizik kattalikning o'lchash natijalari bo'yicha o'tkaziladi va noaniqligi baholanadi. Uni faqat o'lchanayotgan kattalikning ko'p marta kuzatish natijalari holatida baholash mumkin. Ushbu o'lchashlar ikkita variantda bajarilishi mumkin:

1) takrorlanuvchanlik sharoitida tasodifiy effektlar bilan bog'liq bo'lgan o'lchash noaniqligi tashkil qiluvchisini baholash va kamaytirish uchun);

2) natijalarning kuzatilayotgan o'zgaruvchanligini olish maqsadida kuzatish sharoitlarining birida o'zgarish bo'lgan holda (bartaraf qilinmagan ma'lum muntazam effektini o'zgaruvchan qismi bilan bog'liq bo'lgan o'lchash natijalari noaniqligini tashkil qiluvchilarini baholash va kamaytirish uchun).

Ko'p marta kuzatish natijalarini matematik statistika usullari bilan qayta ishlash natijasida kutilayotgan qiymatni baholash atrofida sochilishning o'lchovini o'lchash natijasi sifatida olish mumkin. Kuzatish natijalarining tarqoqligini o'lchovi sifatida A tur standart noaniqlik deb nomlanadigan tajribaviy standart og'ish olinadi.

O'lchash natijalari noaniqligini **aprior baholash** ma'lum o'lchashda o'rganilayotgan tasodifiy yoki muntazam effektlar o'tkazilmagan holatda baholanadi. Bunda oldin bajarilgan o'lchash natijalari ma'lumotlariga tayanilib, tashqi ishonchli manbalardan olingan axborotlardan foydalanish mumkin. Masalan, o'lchanayotgan kattalikning fizik xususiyatlari, o'lchash vositasining pasport ma'lumotlari, qiyoslash, kalibrlash sertifikatlari va bayonnomalari ma'lumotlari va x.k.

Noaniqlikni baholash og'ir jarayon ham emas, sof matematik masala ham emas. Baholash o'lchanadigan kattalikning tabiatini sinchiklab o'rganishga, foydalaniladigan o'lchash usuliga va metodikasiga bog'liq. O'lchash natijasi uchun ko'rsatiladigan noaniqlik bahosining smfati va foydasi tushunchaga, kritik tahlilga va bu baholashni bajarayotgan odamning vijdoniyligiga bog'liq bo'ladi.

Kirish kattaliklarining standart noaniqliklari kattalik to'g'risidagi ma'lumotning turiga va kattalik qiymatining (statik yoki nostatik) o'zgarishi mumkinligiga qarab, A tur yoki B tur bo'yicha baholanadi.

Agar kattalik to'g'risidagi ma'lumot (axborot) statik, ya'ni ko'p marta o'lchash yoki sinashlar yo'li bilan eksperimental olingan bo'lsa, bu holda kirish kattaliklarining standart noaniqliklari A tur bo'yicha baholanadi.

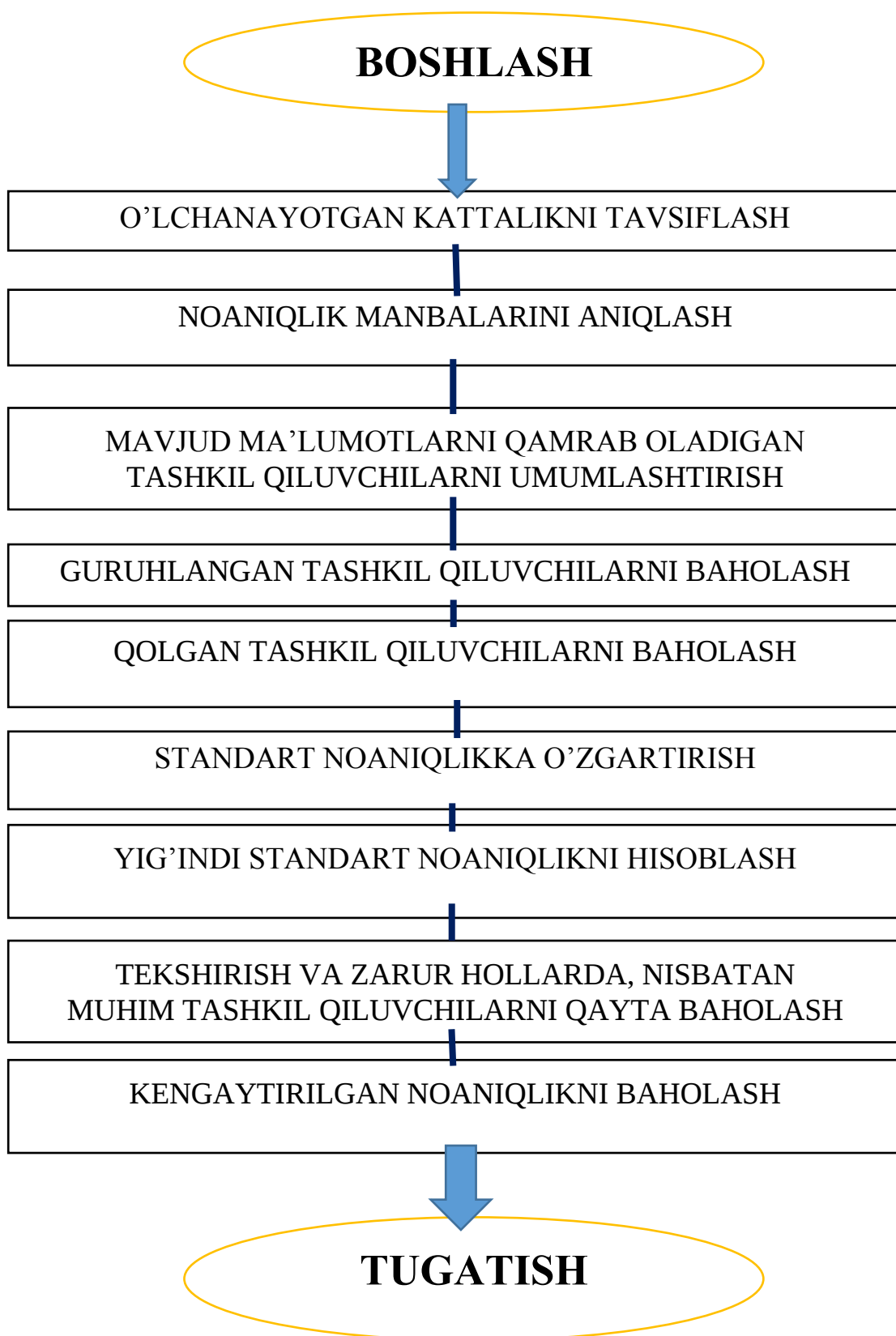
Agar kattalik to'g'risidagi ma'lumot nostatik, ya'ni ushbu o'lchash davomida baholanmagan bo'lib, qandaydir mustaqil baholash natijasida olingan (kattalikning o'zlashtirilgan qiymati) bo'lsa, bu holda kirish kattaliklarining standart noaniqliklari B tur bo'yicha baholanadi.

Agar kirish kattaligining bahosi bir marta kuzatish bo'yicha, etalonga qiyoslab, kam noaniqlik bilan kalibrlangan muayyan o'lchash vositasi yordamida olingan bo'lsa, bu holda bahoning noaniqligi – bu asosan, birlik o'lchamini qayta tiklash noaniqligi, ya'ni etalonning noaniqligi bo'ladi.

3.2. O'lchash natijalari noaniqligini hisoblashning algoritmi

Odatda o'lchash natijasi faqat approksimatsiya yoki o'lchanayotgan kattalik qiymatining bahosidir. U faqat noaniqlik qiymati bilan kuzatib borilgandagina to'liq bo'ladi. Natijalarning va o'lchash usullarining noaniqligini baholashning asosida nazariy metrologiyaning fundamental asoslari bo'lib, ma'lum amaliy o'lchashlarning protseduralari esa mavhumlikdan aniqlikka yo'naltirilgan ehtimolliklar nazariyasi va matematik statistikaning qoidalariga tayangandir. O'lchashlar noaniqligini baholash jarayonini O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM) ga asosan 8 ta bosqichda ifodalash mumkin.

- 1- bosqich. O'lchanayotgan kattalikni tavsiflash va matematik modelini tuzish;
- 2- bosqich. Kirish kattaliklarini tahlili va ularning noaniqligi;
- 3- bosqich. Korrelyatsiyalar tahlili;
- 4- bosqich. Yig'indi standart noaniqlikni hisoblash;
- 5- bosqich. Noaniqlik byudjetini tuzish;
- 6- bosqich. Chiqish kattaligi qiymatini hisoblash;
- 7- bosqich. Kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash.
- 8- bosqich. O'lchashning oxirgi natijasini taqdim qilish.



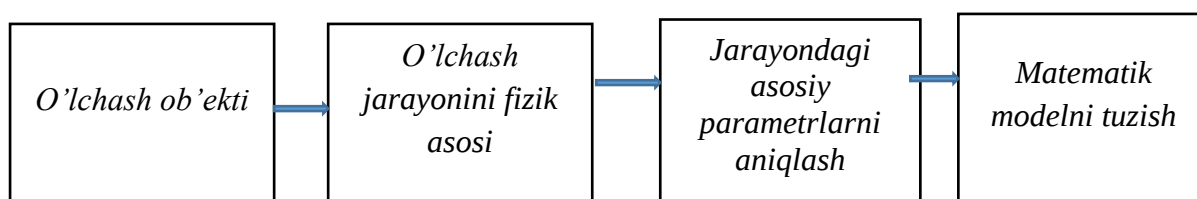
1.2- rasm. O'lchashlar noaniqligini baholash algoritmi

EURACHEM / CITAC va O'lchashlarda noaniqlikni ifodalash bo'yicha Qo'llanma (GUM) dagi yondashuvlarni umumlashtirib, quyidagi 1.2 – rasmda tavsirlash mumkin. O'lchash modelining o'ziga xosligidan kelib chiqib ushbu bosqichlar amaliy qo'llashda o'zaro birlashishi va ba'zi turlari umumlashgan holda foydalanishi mumkin. O'lchashlar noaniqligini hisoblashda mutaxassisning bilim va malakasi, o'lchash jarayonini fizik asosi va mohiyatini, matematik modelni shakllantirishi, har bir noaniqlik manbalarini hisobga olishi, tavsiya qilingan algoritmgaga rioya qilish va chuqur matematik tahlil talab qilinadi. Masalan, akkreditlangan sinov laboratoriyalarida noaniqlikni hisoblashda har bir sinov usulini talablari va matematik modelini to'g'ri tuzish ham ahamiyat kasb etadi.

3.3. O'lchashlar noaniqligini hisoblash bosqichlari

1- bosqich. O'lchanayotgan kattalikni tavsiflash va matematik modelini tuzish.

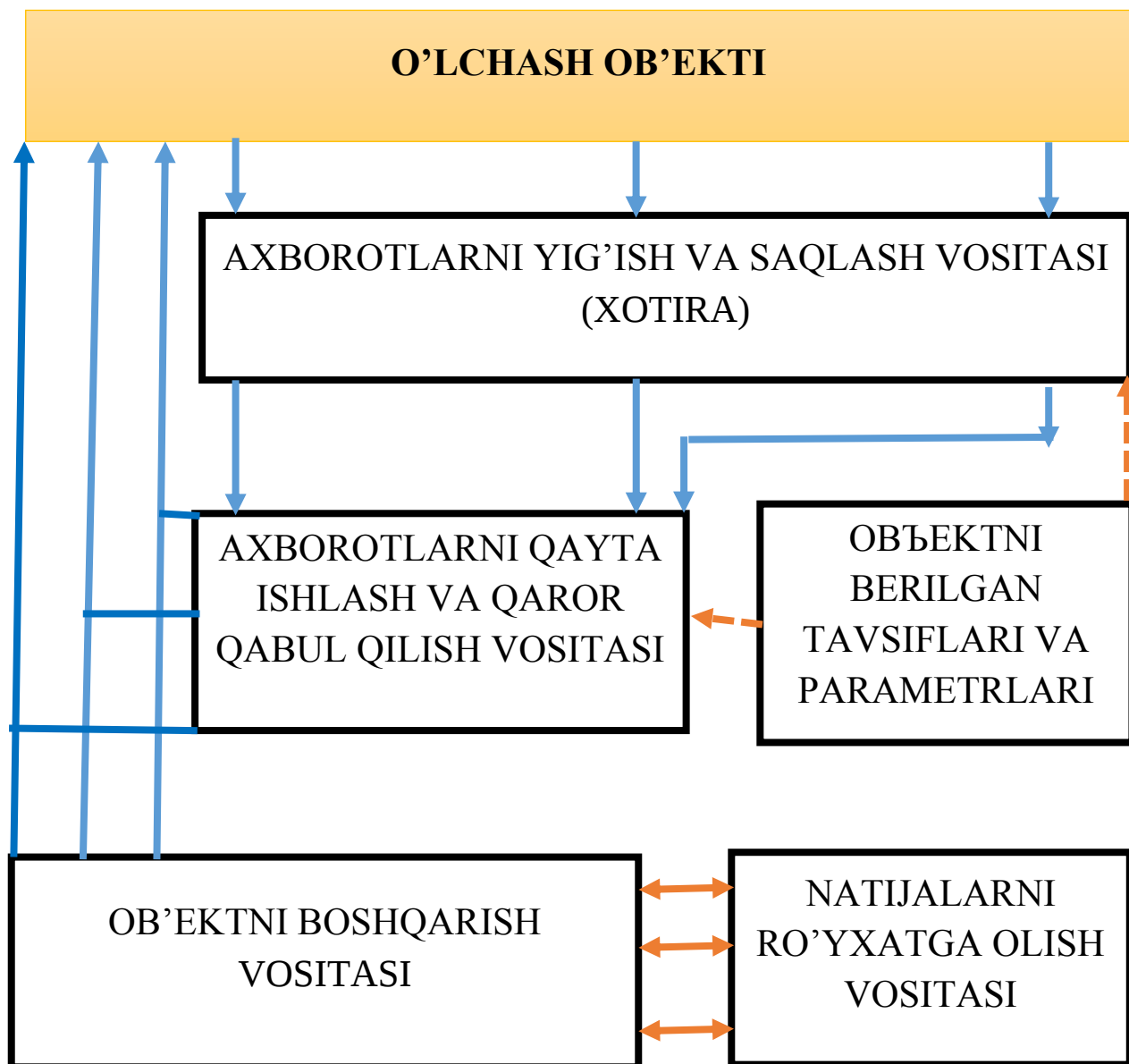
Umumiy holatda o'lchanayotgan kattalikni tavsiflash va uning matematik modelini tuzishning mantiqiy ketma-ketligi 3.3 - rasmda tasvirlangan.



3.3 – rasm. Matematik modelni tuzishning mantiqiy ketma-ketligi

O'lchash jarayonida qatnashuvchi va natijalarni aniqliligiga ta'sir qiluvchi parametrlarni umumlashgan xolda 3.4.-rasmda tasvirlangan. O'lchash jarayonining umumlashgan sxemasi kirish va chiqish parametrlari orasida hisobga olinadigan va olinmaydigan, boshqariladigan va boshqarilmaydigan, tasodifiy va muntazam

effektlarning yig'indisidan iborat bo'lib, chiqish o'lchash signali tasodifiy qiymatga egadir.



3.4 –rasm. O'lchash vositasining umulashgan struktura sxemasi

Misol: t temperaturadagi termorezistordan tarqalayotgan energiya (o'lchanayotgan kattalik) P ning qiymati, ma'lum temperaturadagi t_0 (qoida tariqasida $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dagi qiymati olinadi) chiziqli temperatura koeffitsientiga α , potentsiallar farqiga U bog'liq bo'lib, ushbu kattaliklar orasidagi bog'lanish quyidagi tenglama bilan ifodalanadi

$P = f(U, R_0, \alpha, t) = U^2 / R_0 [(1 + \alpha(t - t_0))]$	(3.1)
--	-------

Amaliyotda o'lchanayotgan kattalikning matematik modelini ideal axborot modeliga yaqinlashtirish darajasi talab qilinayotgan aniqlik darajasiga bog'liqdir. O'lchanayotgan kattalik tavsifi va matematik modeli talab qilingan aniqlikka nisbatan yetarli darajada puxtalik bilan o'rganilishi lozim. Kattalik tavsifini noto'g'ri va yetarli darajada ilmiy asoslanmagan holda ishlab chiqilishining o'zi noaniqlikni keltirib chiqarishi mumkin bo'lib, shunga asosan ham kattalik modeli yig'indi noaniqlikni tashkil qiluvchilaridan biridir.

2- bosqich. Kirish kattaliklarini tahlili va ularning noaniqligi.

O'lchash jarayonining matematik modeliga kiruvchi xar bir kattalikning X_i va uning standart noaniqligini $u(x_i)$ baholash lozim. $(x_1, x_2, x_3, \dots x_n)$ kirish kattaliklarining baholash ularning matematik kutilishi hisoblanadi. Masalan, analitik o'lchashlarda keng qo'llaniladigan reaktivlarni misol sifatida olaylik. Bunda yig'indi noaniqlikni manbalaridan biri "reaktivning tozalik" darajasidir. Agarda boshlang'ich reaktiv tekshirilgan bo'lsa ham, eritma konsentratsiyasi titrlash uchun mutloq aniqlikda o'rnatilishi mumkin emas. Chunki bunda tozalikni tekshirishning uslubiy noaniqligi bilan bog'liq kamchiliklar bor. Masalan, ko'pgina reaktivlar organik bo'yoqlar odatda toza bo'lmasdan, tarkibida izomer yoki noorganik tuzlar mavjud bo'ladi. Bunday moddalarning tozalik darajasi odatda ishlab chiqaruvchi tomonidan sertifikat yoki qo'llash yo'riqnomalarida beriladi.

Misol.

Ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan sertifikatda metalning tozalik darajasi $(99,99 \pm 0,01) \%$ larda ko'rsatilgan. Demak, metalning massaviy ulushi $0,9999 \pm 0,0001$. Metalning tozalik darajasini amaldagi qiymati metal yuzasini tozalash samaradorligiga bog'liqdir. Agarda ishlab chiqaruvchi tomonidan metalni tozalash usuliga qat'iy rioya qilinsa, metal yuzasini oksidlanish bilan bog'liq noaniqlikning hisoblashga ehtiyoj yo'qdir.

3-bosqich. Korrelyatsiyalar tahlili.

O'lchashlar noaniqligini baholashda korrelyatsiya tushunchasi qo'llaniladi. Shu o'rinda, birinchi navbatda korrelyatsiya tushunchasining mazmuniga to'xtalib o'tamiz. Korrelyatsiya – lotin tilidan “munosabat, o'zaro aloqadorlik” degan ma'nolarni bildiradi. Sodda qilib aytganda, korrelyatsiya – ikki yoki bir qancha tasodifiy parametrlarning o'zaro aloqadorligidir. Buni hayotiy misol bilan tushuntirish mumkin. Masalan, havo temperaturasi va muzqaymoq iste'moli orasida korrelyatsiya mavjud. Havo temperaturasi qanchalik issiq bo'ladigan bo'lsa, aholi shunchalik ko'p muzqaymoq iste'mol qiladi. Yoki aksincha. Bunday qonuniyatlarni ko'plab misollar keltirish mumkin. Bunday qonuniyatlar katta hajmdagi statistik ma'lumotlarni tadqiq qilish yo'li bilan o'rnatish mumkin.

Noaniqlikni baholashda matematik modelda qatnashuvchi kattaliklar korrelyatsiyalangan bo'lsa, demak ushbu kattaliklar o'zaro aloqadorlikdadir. Ya'ni, ma'lum bir kattalikning o'zgarishi ikkinchi kattalikning qiymatini o'zgarishiga olib keladi. Korrelyatsiya ijobiy (yoki musbat) yoki salbiy (yoki manfiy) turlarga bo'linadi.

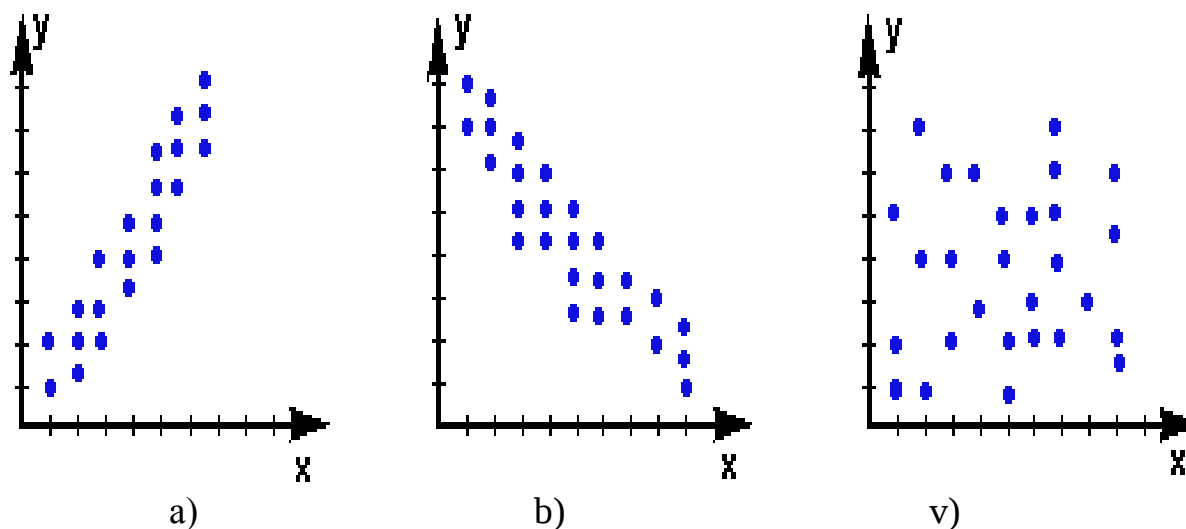
Ijobiy korrelyatsiyada birinchi parametr qanchalik katta bo'lsa, ikkinchi va boshqa kattaliklar ham shunchalik katta bo'ladi. Masalan, gaz ballon qurilmasidagi gazni temperaturasi va bosimi Mendelev-Klapeyron tenglamasiga asosan ijobiy korrelyatsiyalangan.

Salbiy korrelyatsiyada esa birinchi parametrning o'zgarishi ikkinchi parametrning kamayishiga olib keladi. Masalan, yarim o'tkazgichlarda temperatura va uning qarshiligi salbiy korrelyatsiyalangan, metallarda esa ijobiy korrelyatsiyalangan. 3.5-rasmda turli kattaliklar orasidagi ijobiy (a), salbiy (b) yoki korrelyatsiya bo'lmagan (v) hodisalarni grafik tasviri keltirilgan.

Birinchi grafikda (3.5 - rasm, a) ijobiy korrelyatsiya kuzatilib, X kattalikning oshishi bilan Y ning o'sishga olib keladi.

Ikkinchi grafikda (3.5 – rasm, b) salbiy korrelyatsiya kuzatilib, X kattalikning oshishi bilan Y ning kamayishi kuzatiladi.

Uchinchi grafikda (3.5- rasm, v) X va Y tasodifiy kattaliklar kuchsiz bog'langan bo'lib, ularning taqsimoti bir-birining o'zgarishiga bog'liq emas. Chunki, ushbu kattaliklar orasidagi korrelyatsiya nolga teng.



3.5 – rasm. Tasodifiy kattaliklarning korrelyatsiyasi

4- bosqich. Yig'indi standart noaniqlikni hisoblash.

Yig'indi standart noaniqlik – natija qator boshqa kattaliklarning qiymatlaridan olingandagi, hadlar yig'indisining musbat kvadrat ildiziga teng bo'lgan o'lchashlar natijasining standart noaniqligi. Bunda hadlar, ushbu boshqa kattaliklarning o'zgarishiga bog'liq ravishda, o'lchash natijasining o'zgarishiga qarab, bu kattaliklarning vazniylashtirilgan dispersiyasi yoki kovariatsiyasi bo'ladi.

Y chiqish kattaligining $u(y)$ bilan belgilanadigan standart noaniqligi chiqish kattaligi yoki o'lchashlar natijasi bahosining standart og'ishidan iborat bo'lib, o'lcha-nadigan Y kattalikka yetarli asos bilan qo'shib yozilishi mumkin bo'lgan kattaliklarning tarqoqligini tavsiflaydi.

Y chiqish kattaligining standart noaniqligi oddiy jamlash (yig'ish) usulidan yoki standart og'ishlarni umumlashtirishdan foydalanib, A tur yoki B tur bo'yicha baholangan kirish kattaliklarining $u(x_i)$ standart noaniqliklarini (va, vaziyatlarga qarab, ularning kovariatsiyalarini) yig'ish yo'li bilan topiladi. Shuning uchun Y

chiqish kattaligining standart noaniqligi $u_c(y)$ bilan belgilanadigan yig'indi yoki kombinatsiyalangan standart noaniqlik bo'ladi.

Yig'indi standart noaniqlik ham, Y chiqish kattaligining o'zini baholashdagi kabi, ikki usulda topiladi.

Birinchi usul

Yig'indi standart noaniqlik, agar kirish kattaliklari korrelyatsiyalanmagan bo'lsa, quyidagi formuladan topiladi:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)} \quad (3.2)$$

Aks holda, ya'ni korrelyatsiyalangan kirish kattaliklari uchun quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} \quad (3.3)$$

bunda $\partial f / \partial x_i$ xususiy hosilalar – sezgirlik koeffitsientlari; $u(x_i, x_j)$ – kirish kattaliklarining kovariatsiyasi.

Sezgirlik koeffitsientlari

$$c_i = \partial f / \partial x_i \quad (3.4)$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$ kirish baholari qiymatlarining o'zgarishi bilan u chiqish bahosiining qanday o'zgarishini ko'rsatadi.

(3.4) formulani hisobga olganda, (3.2) va (3.3) formulalar quyidagicha qayta ifodalanadi:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i \cdot u(x_i)]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (3.5)$$

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_i \cdot c_j \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j)} = \quad (3.6)$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n u_i(y) \cdot u_j(y) \cdot r(x_i, x_j)},$$

bunda

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i) \quad (3.7)$$

Alohida hollarda, barcha kirish baholari $r(x_i, x_j) = +1$ korrelyatsiya koeffitsientlari bilan korrelyatsiyalanganda, (3.6) tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$u_c(y) = \sum_{i=1}^n u_i(y) \quad (3.8)$$

Ikkita ($Y = X_1 \pm X_2$) korrelyatsiyalangan kattaliklarning yig'indisi yoki ayirmasi uchun yig'indi standart noaniqlik (3.7) formulaga muvofiq mos holda quyidagilarga teng bo'ladi:

$$u^2(y) = u^2(x_1) + u^2(x_2) \pm 2u(x_1) \cdot u(x_2) \cdot r(x_1, x_2) \quad (3.9)$$

5-Noaniqlik byudjetini tuzish.

Noaniqlik byudjetida eng kamida quyidagi axborotlar bo'ladi:

- barcha noaniqliklar manbalarining, ya'ni modelda qabul qilingan belgilari ko'rsatilgan kirish kattaliklarining ro'yxati;
- x_i kirish kattaliklari baholarining qiymati va bular bilan bog'liq $u(x_i)$ standart noaniqliklar;
- c_i sezgirlik koeffitsientlari;
- har qaysi kirish kattaligi $u_i(y)$ noaniqligining qo'shgan hissalar;
- noaniqlikni aniqlash turi;
- taqsimot turi;
- kattalik qiymatlarining diapazoni (ko'lami);

- har bir noaniqlik manbaining yig'indi noaniqlikka qo'shgan hissasi va h.k.

3.1- jadval. Noaniqlik byudjeti

Kattalik X_i	Kattalik birligi	baho qiymati x_i	Interval $\pm \Delta x$	Noaniqlik turi	Ehtimollik taqsimoti	Standart noaniqlik $u(x_i)$	Ozodlik darajasi , v	Sezgirlik koeffisienti c_i	Noaniqlik hissasi, $u_i(y) =$ $= c_i \cdot u(x_i)$	Hissa, %
X_1		x_1				$u(x_1)$		c_1	$u_1(y)$	
X_2		x_2				$u(x_2)$		c_2	$u_2(y)$	
...		...				...		...	...	
X_n		x_n				$u(x_n)$		c_n	$u_n(y)$	
Y		y				$u(y)$				

Noaniqlik byudjeti tuzilgandan keyin y chiqish kattaligining bahosini va bu bilan bog'liq bo'lgan $u(y)$ standart noaniqlikni hisoblash mumkin.

6- bosqich. Chiqish kattaligi qiymatini hisoblash.

Chiqish kattaligining yig'indi standart noaniqligini topishni osonlashtirish uchun ilgari kirish kattaliklari to'g'risida olingan va tahlil qilingan barcha axborotni miqdoriy shaklda jadval ko'rinishida umumlashtirish va yaqqol tasvirlash tavsiya etiladi. Bunday jadval noaniqlik byudjeti deb ataladi.

Noaniqlik byudjetidan, shuningdek, o'lchash aniqligini topish, o'lchash modelini to'g'rilash yoki ba'zi noaniqliklar manbalarining ta'sirini kamaytirish usullarini izlash maqsadida, har bir noaniqlik manbaining yig'indi noaniqlikka qo'shgan hissasini tahlil qilishda ham foydalanish mumkin.

7- bosqich. Kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash.

Ba'zi hollarda, savdo, sanoatda va tartiblashtiruvchi bayonnomalarda,

shuningdek sog'lik va xavfsizlik to'g'risida gapirilganda, o'lchashlar natijasining intervalini ko'rsatuvchi noaniqlik o'lchovini berish zarur bo'ladi. Ushbu interval chegaralari ichida, o'lchanadigan kattalikka yetarlicha asos bilan qo'shib yozish mumkin bo'lgan qiymatlar taqsimotining katta qismi joylashadi, deb kutish mumkin. Bunday qo'shimcha noaniqlikning o'lchovi U bilan belgilanadigan kengaygan noaniqlikdan iborat bo'ladi.

U kengaygan noaniqlik chiqish kattaligining $u(y)$ standart noaniqligini k qamrash koefitsientiga ko'paytirish yo'li bilan olinadi:

$$U = k u_c(y). \quad (3.10)$$

Tan olish lozimki, yig'indi standart noaniqlikni biror kattalikka ko'paytirish hech qanday yangi axborot bermaydi, balki uni yangicha ko'rinishda tasvirlaydi, chunki o'lchanadigan kattalik to'g'risidagi barcha mavjud axborot ehtimolliklar taqsimoti funktsiyasining parametri yordamida berilgan bo'ladi. Standart noaniqlik ushbu funktsiya parametri bo'ladi.

Qamrash koefitsienti k ning qiymatini tanlashda quyidagilarni:

- talab etilgan ishonchlilik darajasini;
- taxmin qilingan taqsimot to'g'risida biror axborotni;
- tasodifiy effektlarni baholash uchun foydalanilgan kuzatuvlar soni to'g'risidagi axborotni e'tiborga olish kerak.

8-bosqich. O'lchashning oxirgi natijasini taqdim qilish.

Noaniqlik to'g'risida hisobot tuzishda, o'lchashlar natijasini hujjatlashtirish uchun zarur bo'lgan axborot miqdorining bu natijadan qanday maqsadda foydalanilishiga bog'liq ekanligini e'tiborga olish kerak.

O'lchashlar aniqligi pog'onalari bo'ylab yuqoriga, texnik o'lchashdan pretsizion o'lchashgacha harakatlanganda (shu jumladan bozordagi tijorat va tartiblashtiruvchi faoliyat, sanoatdagi muhandislik ishlari, sanoatdagi va akademik tadqiqotlar va ishlanmalar, quyi darajadagi kalibrlash va qiyoslash xizmatlari, ishchi etalonlar va kalibrlash laboratoriyalari, milliy etalonlar laboratoriyasi),

o'lchanadigan (chiqish) kattalik bahosining va bu bilan bog'lik bo'lgan noaniqlikning qanday olinganligi to'g'risida mumkin qadar ko'p batafsil axbrotlar talab qilinadi.

O'lchashlar aniqligining har qanday pog'onasida noaniqlik to'g'risidagi hisobotga barcha axborotni kiritish kerak. Bunday amal har qanday boshqa mutaxassisning tushuna olishi va agar talab etilsa, kelajakda yangi axborot yoki yangi ma'lumotlar paydo bo'lganda o'lchashlar sifatini takror baholash yoki uni yaxshilash uchun zarur bo'ladi. Juda kam axborotdan ko'ra, juda ko'p axborot keltirgan har doim yaxshi bo'ladi.

O'lchanadigan kattalikning bahosi va noaniqligidan iborat bo'lgan o'lchashlarning sonli to'liq natijasini yozishda quyida keltirilgan usullarni qo'llanish tavsiya etiladi:

Misol tariqasida, yozuv usullarini massasining nominal (belgilangan) qiymati 100 g, o'lchash natijasi – 100,02147 g, yig'indi standart noaniqligi 0,35 mg va kengaytirilgan noaniqligi $k=2,26$ da 0,00079 bo'lgan m_3 etalon massa uchun ko'rib chiqamiz.

Agar noaniqlik o'lchovi	Yozuv shakli
	$m_3 = 100,02147 \text{ g}; u_c(m_3) = 0,35 \text{ mg}$
$u_c(y)$ yig'indi standart noaniqlik bo'lsa	$m_3 = 100,02147(0,35) \text{ g}$
	$m_3 = 100,02147(0,00035) \text{ g}$
	$m_3 = (100,02147 \pm 0,00079) \text{ g}; k=2,26$
U kengaygan noaniqlik bo'lsa	$100,02147 \text{ g} \pm 0,00079 \text{ g}; (k=2,26)$

3.4. A tur standart o'lchashlar noaniqligi va uni hisoblash qoidasi

A tur bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholash – ma'lum o'lchash sharoitlarida olinadigan kattalikning o'lchangan qiymatlarini statistik tahlil qilish yo'li bilan o'lchashlar noaniqligini tashqil qiluvchilarni baholash;

Noaniqlikning tashkil etuvchilarini ko'pincha alohida faktorlarni eksperimentlarni tadqiq qilish yo'li bilan olish (A tur bo'yicha baholash) mumkin va bu maqsadga muvofiq bo'ladi. Tasodifiy effektlar bilan bog'liq bo'lgan standart noaniqlik eksperimentlarda yaqinlashish bo'yicha aniqlanadi va o'lchangan kattaliklarning standart og'ishi ko'rinishida miqdoriy ifodalanadi. Agar yuqori aniqlikda baholash talab etilmasa, amaliyotda 15 marta takroriy o'lchashlar yetarli bo'ladi.

Aksincha, yuqori aniqlik va ishonchlilik talab qilinadigan o'lchashlarda o'lchashlar sonini imkon qadar oshirish halqaro va milliy standartlarda tavsiya qilinadi.

Quyidagi qoidani esda saqlash muhim!

Agar kattalik haqidagi ma'lumot statistik bo'lsa, ya'ni tajriba yoki sinov yo'li orqali olingan bo'lsa, u holda kirish kattaliklari standart noaniqligi A tip bo'yicha baholanadi"

Shu bilan birga A tur noaniqlik qaysi holatlarda baholanish hoatlariga aniqlik kiritib o'tish lozim bo'ladi. A tur noaniqlik asosan, takrorlanuvchanlik sharoitida ko'p marta o'lchashlar o'tkazilgan holatlarda baholanadi.

Standart noaniqlikni A tur bo'yicha baholash ma'lumotlarni statik ishlash metodlarining har qandayiga asoslangan bo'lishi mumkin:

- standart og'ishni va o'rta qiymatni qator kuzatuvlar asosida hisoblash;
- ma'lumotlarga mos egri chiziqni (masalan, darajalash egrisini) tanlash va aproksimatsiya parametrlarining mos baholarini hamda ularning standart og'ishlarini olish uchun eng kichik kvadratlar metodidan foydalanish];
- o'lchashlardagi ba'zi tasodifiy effektlar qiymatini qiyoslash (identifikatsiyalash) va qiymatlarini aniqlash uchun dispersion tahlilni o'tkazish. Shunda bu effektlar noaniqlikni baholashda e'tiborga to'g'ri olinadi;

– va h.k.

A tur bo'yicha baholashga misol sifatida X kattalikni ko'rish mumkin. Bu kattalik uchun bir xil sharoitlarda n mustaqil kuzatuvlar o'tkazilgan (olingan).

1. X ning bahosi n kuzatuvlardan $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ o'rta arifmetik qiymat bo'ladi

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.11)$$

2. $\bar{x}$ bilan bog'liq bo'lgan standart noaniqlik o'rta qiymatning eksperimental standart og'ishi bo'ladi va o'rta qiymatning eksperimental dispersiyasidan musbat kvadrat ildizga tengdir:

$$u(\bar{x}) = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.12)$$

Bunda kuzatuvlarning eksperimental dispersiyasi

$$s^2(x) = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.13)$$

Ehtimolliklar taqsimotining dispersiyasini baholaydi; bunday taqsimot ayni holda kuzatuvlar asosida yotgan chastotalar taqsimoti bo'ladi.

Misol tariqasida aktiv va reaktiv qarshiliklarni o'lchash standart noaniqligini baholashni ko'rib chiqamiz.

1-MISOL. Zanjir elementining aktiv va reaktiv qarshiliklari bu elementning uchlaridagi sinusoidal o'zgaruvchi potentsiallar V farqining amplitudasini, element orqali o'tuvchi o'zgaruvchan tok I amplitudasini va o'zgaruvchan potentsiallar farqi Φ fazalarining o'zgaruvchan tokka nisbatan siljish burchagini o'lchash yo'li bilan aniqlanadi. Shunday qilib, uchta $X_i (i=1, 2, 3)$ kirish kattaliklari V, I va Φ dan iborat bo'ladi.

Besh qator mustaqil kuzatuvlar natijasi quyidagi jadvalda keltirilgan

O'lchashlar soni, k	V (V)	I(mA)	Φ (rad)
1	5,007	19,663	1,0456
2	4,994	19,639	1,0438
3	5,005	19,640	1,0468
4	4,990	19,685	1,0428
5	4,999	19,678	1,0433

Kuzatuvlarning o'rta arifmetik qiymati va bu o'rta qiymatlarning eksperimental standart og'ishlari tenglamalar bo'yicha hisoblangan

$$\bar{V} = 4,9990 \text{ V}, \quad \bar{I} = 19,661 \text{ mA}, \quad \bar{\Phi} = 1,04446 \text{ rad}$$

$$u(\bar{V}) = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ V}; \quad u(\bar{I}) = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ mA}; \quad u(\bar{\Phi}) = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ rad}.$$

O'rta qiymatlar kirish kattaliklarining kutilgan eng yaxshi bahosi sifatida qabul qilinadi, eksperimental standart og'ishlar esa bu o'rta qiymatlarning standart noaniqliklari bo'ladi.

2-MISOL.

Muhit harorati takrorlanuvchanlik sharoitida yuqori sezgirlikdagi raqamli termometr bilan 23 marta o'lchandi. Tajriba natijalari quyida keltirilgan, °C: 56,00; 57; 56,60; 56,80; 56,85; 58; 55,60; 55,65; 55,70; 56; 56; 57,20; 57,30; 57,40; 57,40; 55; 55; 55,50; 55,60; 55,70; 55,80; 55,90; 56. A tur standart noaniqlikning toping.

HISOBLASH:

1 bosqich

Olingan tajriba natijalarini o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlaymiz

$$T_{ypm} = \frac{\sum_{i=1}^{23} T_i}{23} = \frac{56 + 57 \dots 55,90}{23} = 56,26^{\circ}C \quad (3.14)$$

bu yerda T_{ypm} - tajriba natijalarini o'rtacha qiymati; T_i - har bir o'lchash natijasi.

2 bosqich

Mavjud ma'lumotlarni normal taqsimot qonuniga bo'ysunishini uch sigma qoidasi bilan tekshirib ko'ramiz. Bunda ushbu shart bajarilishi lozim bo'ladi

$$|T_i - T_{ypm}| < 3\sigma \quad (3.15)$$

bu yerda T_{ypm} - tajriba natijalarini o'rtacha qiymati; T_i - har bir o'lchash natijasi; σ - quyidagi formula bilan aniqlanadigan kvadratik og'ish

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (T_i - T_{ypm})^2} = 0,83 \quad (3.16)$$

Uch sigma qoidasi asosida $3\sigma=2,49$ ga teng. Uch sigma qoidasiga barcha natijalarni normal taqsimot qonuniga bo'ysunishini bildiradi va barcha kirish ma'lumotlari A tur noaniqlikni hisoblashda qo'llash mumkin.

3 bosqich

Ushbu bosqichda A tur noaniqlikni (3.12) ifodaga muvofiq aniqlaymiz.

.

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (T_i - T_{ypm})^2} = 0,17^{\circ}C \quad (3.17)$$

A tur noaniqlikni baholashda erkinlik darajasini sonini V_A ham aniqlash muhim parametr hisoblanadi. V_A quyidagicha aniqlanadi

$$V_A = n - 1 \quad (3.18)$$

bu yerda n - o'lchashlar soni.

Yuqoridagi misol uchun erkinlik darajasining qiymati $V_A = 22$ ga tengdir.

3.5. B tur standart o'lchashlar noaniqligi va uni hisoblash qoidasi

B tur standart noaniqlikni hisoblash uchun asosan quyidagi boshlang'ich ma'lumotlar asosida bajariladi:

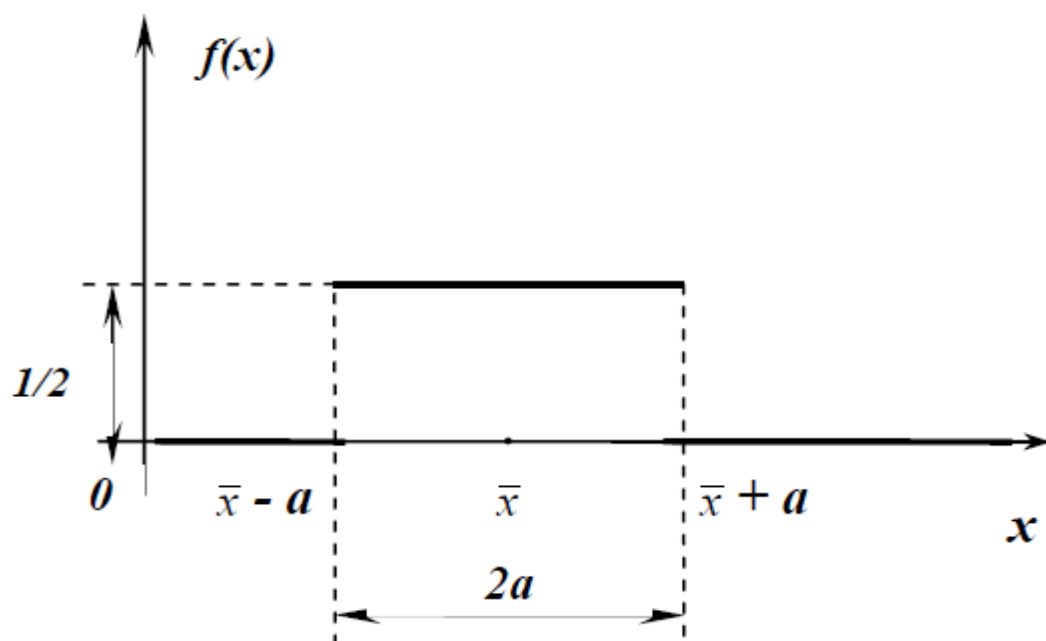
- kattalik tenglamasiga kiradigan kattalikni o'lchashni oldingi ma'lumotlari;
- qurilma va materiallarni xossalari va xususiyatlari haqidagi umumiy bilimlar yoki tadqiqotchining tajribasiga asoslangan ma'lumotlar;
- konstant va ma'lumotlarni noaniqligi;
- qiyoslash, kalibrlash, attestatlash ma'lumotlari, sertifikatlari, sinov bayonnomalari va x.k.

Standart noaniqlikni V tur bo'yicha baholash, kattalikning ushbu o'lchashda baholanmasdan, mustaqil baholash natijasida olingan, o'zlashtirilgan qiymatining mumkin bo'lgan o'zgaruvchanligi to'g'risidagi axborotlarga asoslangan, ilmiy mulohazalarga asoslanadi.

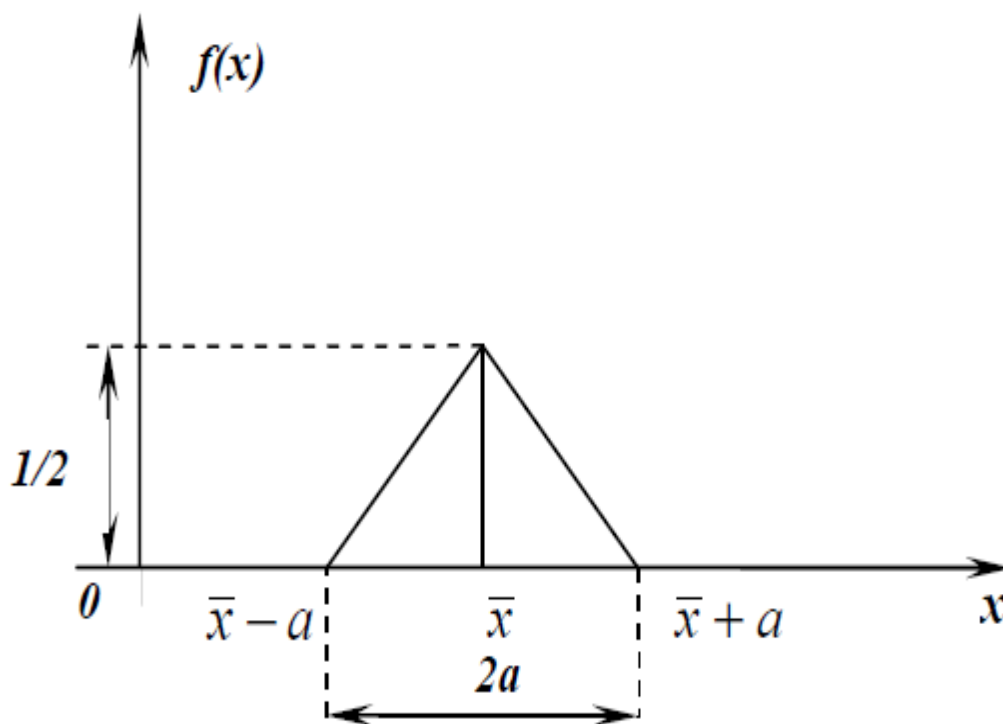
Axborot fondi (zahirasi) ga quyidagilar kiradi:

Kalibrlash to'g'risidagi guvohnomalar yoki jihozlarni yetkazib beruvchilarning kataloglari noaniqliklarning ko'pgina manbalari to'g'risida axborot berishi mumkin. O'lchov shisha idish uchun joizliklar (dopusklar) ni tayyorlovchi firmaning katalogidan yoki o'lchov idishining muayyan nushasini qo'llanishdan avval kalibrlash to'g'risidagi guvohnomadan olish mumkin. Ushbu ma'lumotlarning noaniqligi odatda kattalik qiymatini og'ish chegaralari shaklida ifodalanadi. V tur noaniqlikni hisoblash formulalari ma'lum kattaliklarni ehtimoliy qiymatlarini taqsimot turiga bog'liq ravishda farqlanadi. X_i kattaliklar to'g'risidagi axborotni ehtimolliklarning taqsimot funksiyasi yordamida to'g'ri tavsiflash yoki

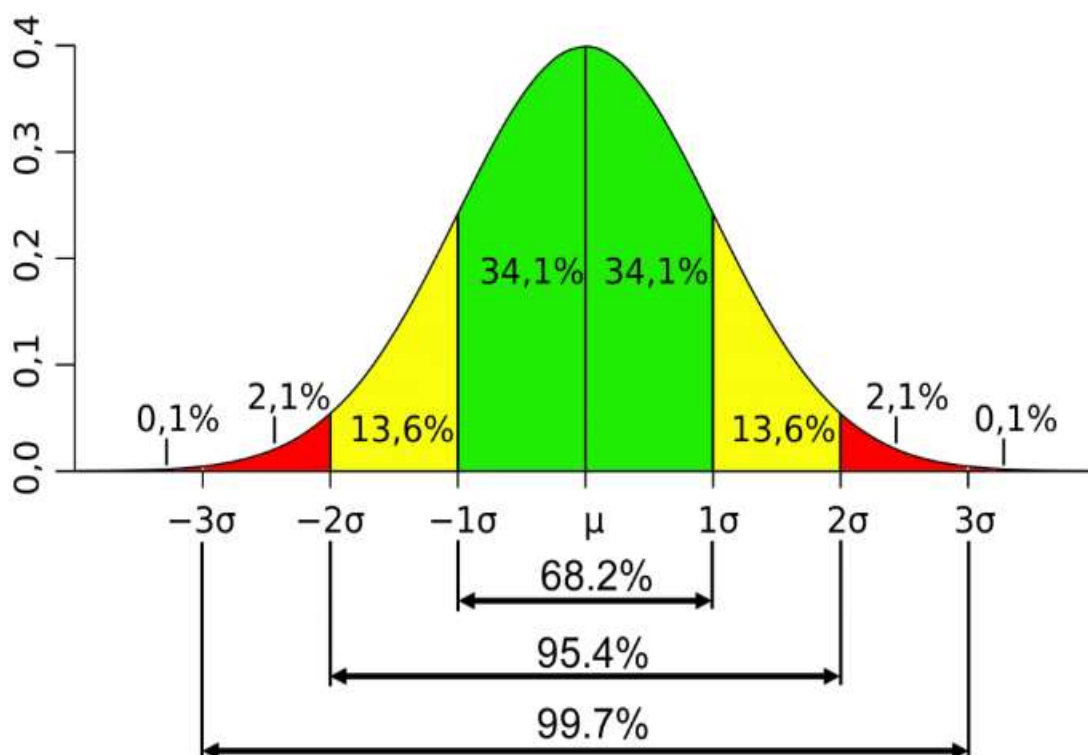
ehtimolliklar taqsimotining u yoki bu funktsiyasiga to'g'ri qaratish kerak, shundan keyin kattaliklarning bahosi va ularning standart og'ishlari aniqlanadi.



Tekis taqsimot qonuni ehtimollik zichligi funktsiya (a)



Uchburchak taqsimot qonuni ehtimollik zichligi funktsiya (b)



Normal (Gaus¹) taqsimot qonuni ehtimollik zichligi funktsiya (v)

3.6 – rasm. Taqsimot qonunlarining zichligi funktsiyalari

(a , b , v)

Quyidagi asosiy taqsimotlardan foydalaniladi: tekis taqsimot qonuni, uchburchak taqsimot qonuni va normal taqsimot qonuni.

Ehtimolliklar taqsimoti funktsiyalaridan ba'zilarining shakllari 3.6 – rasmda ko'rsatilgan.

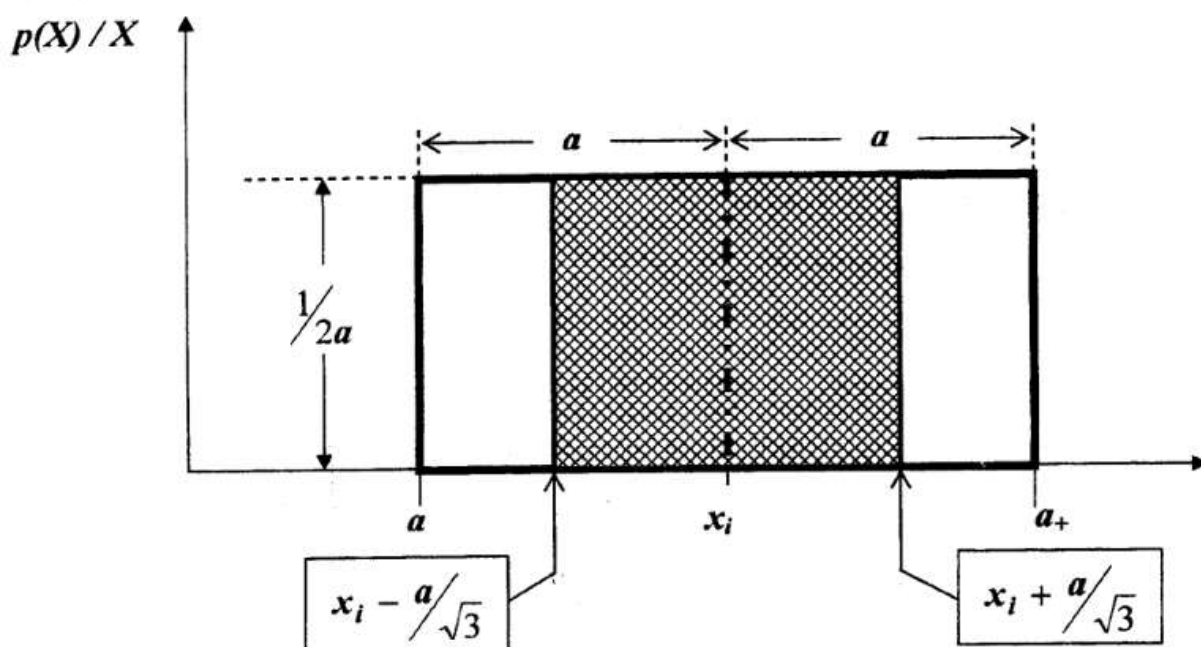
Amaliyotda kirish kattaliklari bevosita ushbu o'lchashlardan emas, balki oldin bajarilgan mustaqil baholash natijalaridan ham foydalanilib, ushbu ma'lumotlar noaniqlikni baholashda o'zlashtirilgan ma'lumotlar hisoblanadi. Noaniqlikni baholayotgan mutaxassis ushbu ma'lumotlarni ishonchliligi, ilmiy asoslanganligi va manbasini tahlil qilish va ishonchli manbalardan olingan axborotlarnigina foydalanishi lozim bo'ladi.

¹Ushbu qonun nemis matematigi K.F.Gaus (1777 y. – 1855 y.) tomonidan tavsiflangan. Har qanday taqsimot qonuni bo'yicha 4 tadan ko'p bo'lgan tashqil qiluvchilarni yig'indisi asosida normal taqsimot qonunini olish mumkin deb hisoblanadi.

3.5.1. Tekis taqsimot qonuniga bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash

Quyida kattalik qiymatlarining taqsimlanish turini, kattalik to'g'risidagi mavjud axborotga qarab, qanday tanlash kerakligi ko'rsatilgan. Tekis taqsimot qonuni o'z navbatida simmetrik va nosimmetrik shaklda berilishi mumkin.

Agarda X_i tasodiy kattalikning interval ichidagi ehtimoliy qiymatlari haqida aniq ma'lumot bo'lmasa, aytish mumkinki, X_i kattalik bir xil ehtimollik bilan oraliqni har qanday joyida joylashishi mumkin (3.7 - rasm).



3.7 – rasm. Tekis simmetrik taqsimot qonuni

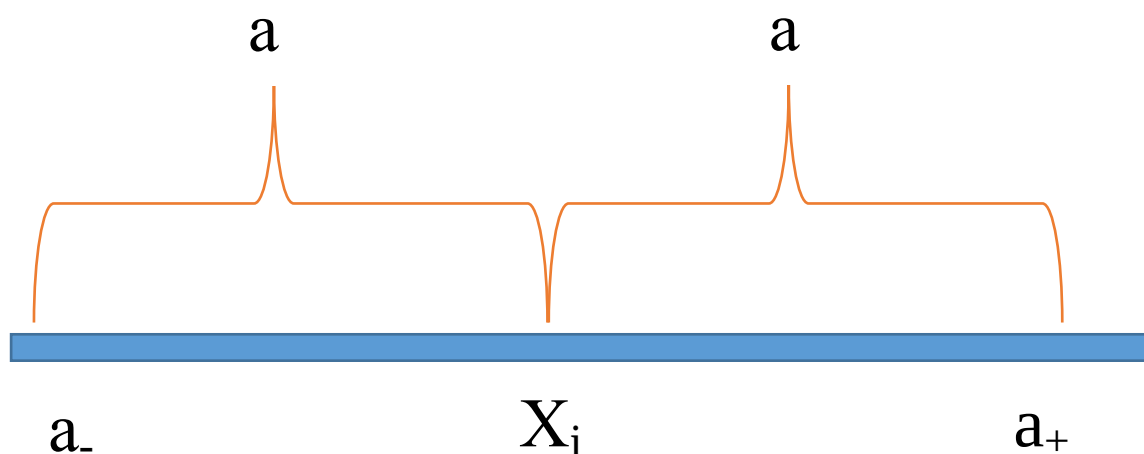
bu yerda: a – interval yarim kengligi; a_+ - intervalni yuqori (maksimal) chegarasi; a_- - intervalni quyi (minimal) chegarasi.

Tekis simetrik taqsimot qonunida B tur standart noaniqlik quyidagi ifoda orqali baholanadi

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (3.19)$$

bu yerda a – interval yarim kengligi.

Amaliyotda asosan o'lchash vositalarining xatoliklari, qurilmalarni ko'rsatishlarini og'ish chegaralari, kalibrlash noaniqligi, reaktivlarni tozalik darajasi va boshqalar taqsimot turi ko'rsatilmagan holatda beriladi. Shunday holatlarni va boshlang'ich ma'lumotlarni tekis taqsimot qonuniga bo'ysunadi deb baholash mumkin. Ushbu kattaliklar ushbu oraliqda teng ehtimollik bilan har qanday qiymatni olishi mumkin deb qaraladi (3.8 - rasm).



3.8 – rasm. Tekis simmetrik taqsimot qonuni

bu yerda: a – interval yarim kengligi; a_+ - intervalni yuqori (maksimal) chegarasi; a_- - intervalni quyi (minimal) chegarasi; $a = \frac{a_+ - a_-}{2}$

1-variant.

Agar kattalik to'g'risidagi axborot intervalning chegaralari, yoki eng katta (yuqori va quyi) chegaralar, yoki kattalikning barcha qiymatlari yotgan interval ko'rinishida keltirilgan bo'lsa, uning taqsimlanish ehtimolligi to'g'ri to'rtburchak qonuni bo'yicha kechadi.

1- **misol.** Ma'lumotnomada ta'kidlanishicha, “sof misning chiziqli kengayishning temperaturaviy koeffitsientining mumkin bo'lgan eng kichik qiymati $\alpha_{\min}(Cu) = 16,40 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, mumkin bo'lgan eng katta qiymati esa, $\alpha_{\max}(Cu) = 16,92 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ga teng”. Standart noaniqlikni aniqlang.

Hisoblash.

Yuqorida keltirilgan qoidalarga asosan, ushbu kirish ma'lumotlari tekis simmetrik taqsimot qonuniga bo'ysunadi. Tabiiyki, tekis taqsimlanishning yarim kengligi a quyidagi qiymatga teng:

(3.20)

$$a = \frac{a_+ - a_-}{2} = \frac{16,92 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^1 - 16,40 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{2} = 0,26 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Aniqlangan yarim kenglik a asosida B tur standart noaniqlikni (3.19) ifodaga asosan aniqlaymiz

(3.21)

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,26 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{3}} = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Javob: Sof misning chiziqli kengayishning temperaturaviy koeffitsientining yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan V tur standart noaniqligining qiymati $U_B = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ga tengdir.

Quyidagi qoidani esda saqlash muhim!

Agarda sertifikatda (muvofiqlik sertifikati, qiyoslash sertifikati, kalibrlash sertifikati va x.k.) yoki boshqa texnik hujjatlarda yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi ishonchli ehtimollik ko'rsatilmasdan yoki baholash maksimal diapazon ko'rinishida berilsa va taqsimot shakli noma'lum bo'lsa ushbu boshlang'ich kirish ma'lumotlari tekis taqsimot qonuniga bo'ysunadi deyish mumkin.

2-misol. CAS CUW-620HV modelidagi elektron laboratoriya tarozisining (3.9 - rasm) 500 g gacha massani o'lchashdagi yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi qo'llashda 0,01 g ekanligi ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan foydalanish bo'yicha qo'llanmada berilgan . Tarozining standart noaniqligini B tur bo'yicha baholang.



3.9 –расм. CAS CUW-620HV моделидаги электрон лаборатория тарозининг ташқи кўриниши

Hisoblash.

Tarozining ishlab chiqaruvchi tomonidan foydalanish uchun qo'llanmada berilgan yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi interval yarim kengligi sifatida qabul qilinadi.

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,01g}{\sqrt{3}} = 0,005g \quad (3.22)$$

Javob: CAS CUW-620HV modelidagi elektron laboratoriya tarozining 500 g gacha bo'lgan o'lchash oralig'ida standart noaniqlik 0,005 g teng.

3-misol. Ma'lumotnomada sof misning 20 °C da chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti $\alpha_{20}(Cu) = 16,52 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ qiymati keltirilgan bo'lib, bu qiymatning xatoligi $\Delta\alpha = 0,40 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ dan oshmasligi kerak, deb oddiy ta'kidlangan. Ushbu holatda sof misning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti standart noaniqligini B tur bo'yicha baholang.

Hisoblash.

Bunday cheklangan axborotga asosanib, $\alpha(Cu)$ ning qiymati ma'lum bir ehtimollik bilan $\alpha(Cu) \in [16,12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \Leftrightarrow 16,52 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}]$ gacha intervalda joylashdi va $\sigma_{20}(Cu)$ ning bu intervaldan tashqarida joylashish ehtimoldan uzoq, deb faraz qilish mumkin.

Sof misning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti qiymatining ehtimollik

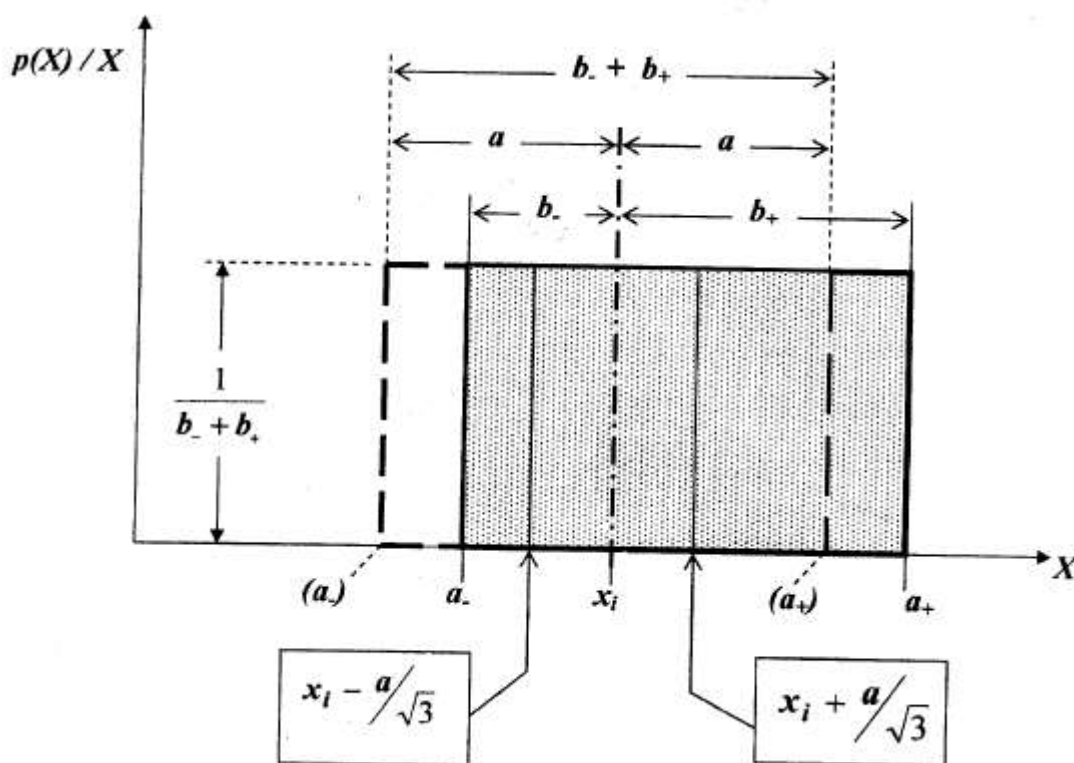
taqsimoti 20°C da intervalning yarim kengligi $\Delta\alpha = 0,40 \cdot 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ da bo'ladi.

B tur bo'yicha standart noaniqlik quyidagicha bo'ladi:

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}}{\sqrt{3}} = 0,23 \cdot 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1} \quad (3.23)$$

Javob: Sof misning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsientining standart noaniqligi $U_B = 0,23 \cdot 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ga tengdir.

Tekis nosimmetrik taqsimot qonunida (3.10 -rasm) standart noaniqlik B tur bo'yicha quyidagicha grafik ravishda tasvirlash mumkin.



3.10 – rasm. Tekis nosimmetrik taqsimot qonuni

bu yerda: x_i - tasodifiy (tayanch) qiymat; a_+ - ishonchli intervalni yuqori chegarasi; a_- - ishonchli intervalni quyi chegarasi; b_+ - tayanch qiymatdan ishonchli intervalni yuqori chegrasigacha bo'lgan qiymat; b_- — tayanch qiymatdan ishonchli intervalni quyi qismigacha bo'lgan qiymat; $b_+ \neq b_-$.

Kirish axboroti 3.10 – rasm ko'rsatilgan shaklda berilgan holatlarda V tur bo'yicha standart noaniqlik quyidagicha aniqlanadi

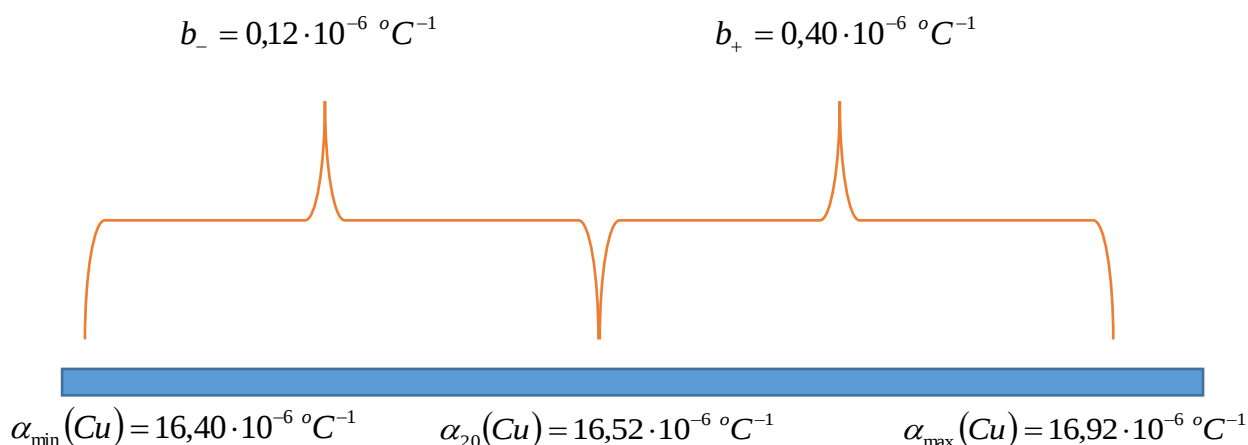
$$U_B = \frac{a_+ - a_-}{2\sqrt{3}} \quad (3.24)$$

4 - misol

Ma'lumotnomada sof misning 20 °C da chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti $\alpha_{20}(Cu) = 16,52 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ qiymati keltirilgan. Bunda ehtimoliy eng kichik qiymat $\alpha_{\min}(Cu) = 16,40 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ bo'lib, shuningdek ehtimoliy eng katta qiymat. $\alpha_{\max}(Cu) = 16,92 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ Ushbu holatda sof misning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti standart noaniqligini B tur bo'yicha baholang.

HISOBLASH

Berilgan qiymatlardan ko'rinib turibdiki, sof misning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsientining ehtimoliy qiymatlari tayanch qiymatga nisbatan nosimmetrik joylashgan. Ushbu nosimmetriklikni quyidagi 3.11 – rasmda ko'rish mumkin.



3.8 – rasm. Tekis nosimmetrik taqsimot qonun

bu yerda: b_+ - tayanch qiymatdan ishonchli intervalni yuqori chegarasigacha bo'lgan qiymat; b_- — tayanch qiymatdan ishonchli intervalni quyi qismigacha bo'lgan qiymat; $b_+ \neq b_-$.

B tur standart noaniqlik quyidagicha hisoblanadi

В тур стандарт ноаниқлик қуйидагича ҳисобланади

(3.25)

$$U_B = \frac{a_+ - a_-}{2\sqrt{3}} = \frac{(16,92 - 16,40) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{2\sqrt{3}} = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Javob:

Sof misning chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsientining standart noaniqligi $U_B = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ga tengdir.

5 – misol

Standart eritmaning pasportida quyidagi ma'lumot keltirilgan: $C(\text{HCl}) = (0.10000 \pm 0.00010) \text{ mol/l}$ Noaniqlik turi to'g'risida hech qanday ma'lumot berilmagan. Tekis taqsimot qonuniyati sharoitida standart noaniqlikni aniqlang.

Hisoblash

$$U_B = \frac{0,0001}{\sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

2- variant.

Agar noaniqlik to'g'risida hech qanday axborot berilmagan bo'lsa, uning taqsimlanish ehtimolligi tekis taqsimot qonuni bo'yicha kechadi

5 misol.

$\pi=3,14$ sonining standart noaniqligini aniqlash.

Hisoblash

Ushbu holatda birinchi navbatda intervalni yarim kengligini aniqlaymiz. 3,14 sonining oxirgi razryad birligi 0,01 ga teng. Shunday qilib, ehtimollik taqsimlanish intervalidagi yarim kenglik $a=0,01/2=0,005$ ga teng va uning standart noaniqligi quyidagicha aniqlanadi.

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,0029 \quad (3.26)$$

Ushbu taqsimot qonuni berilgan oraliqdagi har qanday qiymatni bir xil ehtimollik bilan qabul qiladi.

Tekis taqsimot qonunining ehtimollik zichligi quyidagi ko'rinishga ega

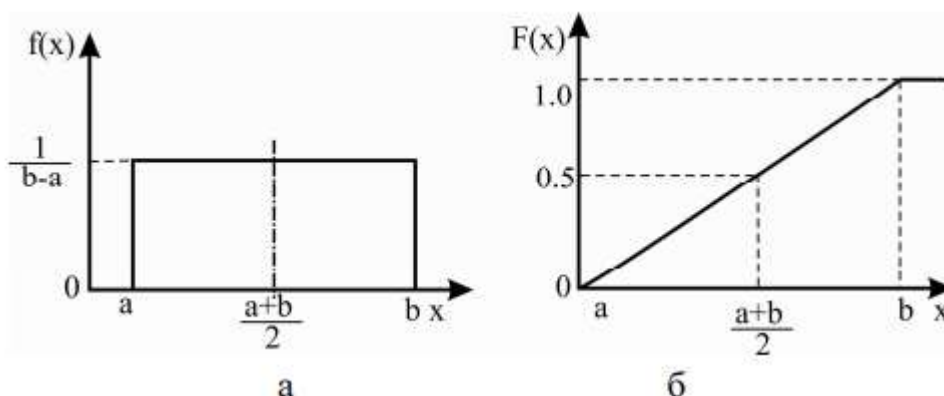
$$f(x) = \begin{cases} 0; & -\infty < x < a \\ \frac{1}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & b < x < +\infty \end{cases} \quad (3.27)$$

bu yerda: a va b – tasodifiy kattalik X ning o'lchash chegarasini aniqlab beradigan qonun parametrlari.

Tekis taqsimotining integral funktsiyasi $F(x)$ quyidagi ko'rinishga ega

$$F(x) = \begin{cases} 0; & -\infty < x < a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b < x < +\infty \end{cases} \quad (3.28)$$

Tekis taqsimotining differentsial va integral funktsiyalarining grafik ravishda quyida ravishda ko'rsatilgan



3.12 – rasm. Taqsimotning tekis qonuni:

a – differentsial funktsiya; b – integral funktsiya

3.5.2. Uchburchak taqsimot qonuniga (Simpson qonuni) bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash

Agar kattalik to'g'risidagi axborot quyidagi ko'rinishlarda berilgan bo'lsa, uning ehtimolligi uchburchak qonuni bo'yicha taqsimlangan bo'ladi.

1-variant.

Ko'rilayotgan kattalik qiymatlari intervalning chegaralaridan ko'ra markazida ko'proq ehtimol bo'ladi; yoki baho ehtimolliklarning simmetrik taqsimoti bilan ifodalangan diapazonning eng katta qiymatlari ($\pm a$) shaklida olingan.

2-variant.

Kattalik ikki kattalikning yig'indisi yoki farqi bo'lsa, bu kattaliklar qiymatlari ehtimolliklarining taqsimlanishi diapazonlari bir xil to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'ladi, ya'ni uning ehtimolligi uchburchak qonun bo'yicha taqsimlangan bo'ladi.

Uchburchak taqsimot qonunida kattalik haqidagi axborot tekis taqsimot qonunidagidek unchalik ham cheklanmagan bo'lsa ushbu axborot uchburchak taqsimot qonuniga bo'ysinadi deyish mumkin. Bunda intervalni markazidagi ehtimollik uning chekkalariga nisbatan yuqori bo'ladi.

Odatda ushbu taqsimot o'lchov idishlari hajmini standart noaniqligini hisoblashda foydalaniladi. O'lchov idishini ishlab chiqarish jarayonida hajmni nominal qiymati uning chekka qiymatlariga nisbatan ehtimoli yuqoriroqdir. Uchburchak taqsimot qonunida **3.6.1.6 – rasmga muvofiq dispersiya quyidagicha aniqlanadi:**

$$D = \frac{(2a)^2}{24} = \frac{4a^2}{24} = \frac{a^2}{6} \quad (3.29)$$

Standart noaniqlik quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (3.30)$$



Колба



Цилиндр



Мензурка

3.13 – rasm. GOST 1770 asosida tayyorlangan laboratoriya idishlari
1 misol.

Gidroksid natriyni aralashtirishda hajmi 100 ml bo'lgan, aniqlik sinfi 1 bo'lgan kolbadan foydalanildi. Laboratoriya idishlarini yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari ilovada keltirilgan. Gidroksid natriy aralashmasini hajmini standart noaniqligini toping.

Hisoblash.

Laboratoriya idishlarini yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari quyidagi 3.2 – jadvalda keltirilgan.

3.2 – jadval

Laboratoriya o'lchov idishlarini yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari, cm³

Nominal hajmi	Yo'l qo'yiladigan xatolik				
	Silindr		Мензурка	Kolba	
	1 aniqlik sinfi	2 aniqlik sinfi		1 aniqlik sinfi	2 aniqlik sinfi
5	0,1	0,1	-	0,025	0,05
10	0,10	0,20	-	0,025	0,05

25	0,25	0,50	-	0,04	0,08
50	0,25	1,00	2,50	0,06	0,12
100	0,50	1,00	5,00	0,10	0,20
200	-	-	-	0,15	0,30
250	1,25	2,00	5,00	0,15	0,30
300	-	-	-	0,20	0,40
500	2,50	5,00	12,50	0,25	0,50
1000	5,00	10,00	25,00	0,40	0,80
2000	10,00	20,00	-	0,60	1,20

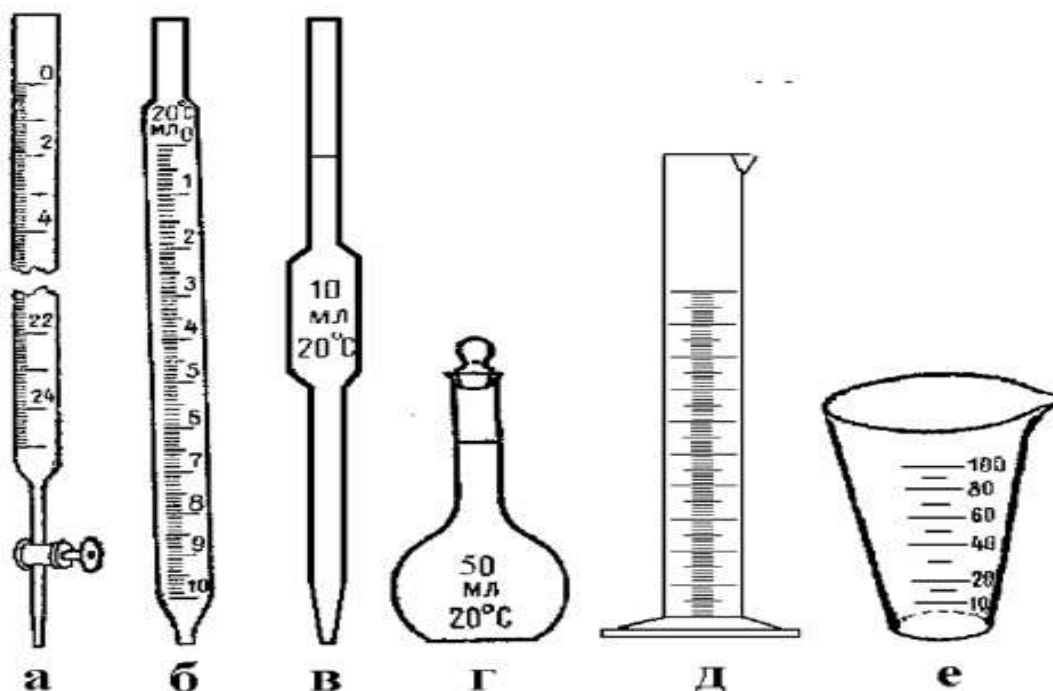
Jadvaldan ko'rinib turibdiki, bizning misolimizdagi kolbaning yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi 0,1 ml. 3.14 formulaga muvofiq standart noaniqlikni aniqlaymiz

$$U_B = \frac{a}{\sqrt{6}} = \frac{0,1}{\sqrt{6}} = 0.04 \text{ ml} \quad (3.31)$$

Жавоб. Kolbaning standart noaniqligi $U_B = 0.04 \text{ ml}$ ga tengdir.

Ko'pgina kimyoviy va analitik tahlillarda o'lchov idishlarining ko'rgina turlari qo'llaniladi: byuretka, pipetka, kolba, silindr va menzurka (3.14 –rasm.)

Жавоб. Колбанинг стандарт ноаниқлиги $U_B = 0.04 \text{ ml}$ га тенгдир.



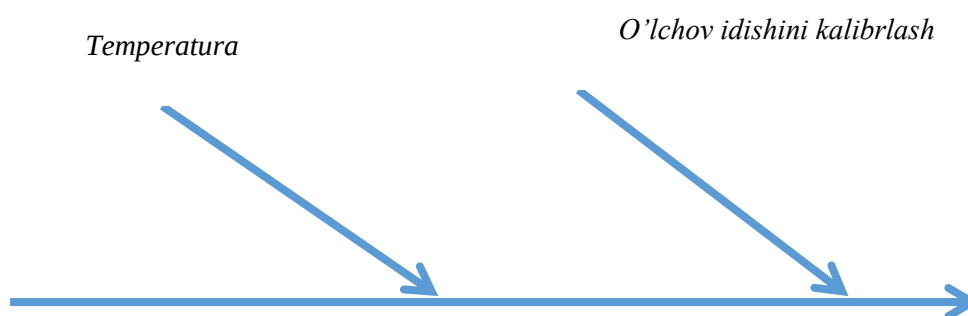
3.14 – rasm. Kimyoviy va analitik tahlillarda qo'llaniladigan turli o'lchov idishlari: a–byuretk; б, в–pipetka; г–o'lchov kolbasi; д–o'lchov silindri; e–menzurka;

2 - misol.

Suvni hajmini o'lchashda o'lchov kolbasidan foydalanildi. Atrof-muhit temperaturasi 25 °C. Qo'llanilgan kolbaning nominal hajmi 100 ml, aniqlik sinfi 1. Suvni o'lchashda yo'l qo'yilgan standart noaniqlikni aniqlang.

Hisoblash.

Noaniqlikni har qanday turini hisoblash va baholashda, birinchi navbatdan o'lchashlar noaniqligiga ta'sir qiluvchi omillarni, ya'ni noaniqlik manbalariga e'tibor berish lozim. Bunda noaniqlik manbalari juda chuqur ilmiy nazariyalar va o'lchashning fizik-kimyoviy asoslari bilan tahlil qilinganida masalan, o'nta ba'zan esa yuzga yaqin noaniqlik manbalariga ajratish mumkin bo'ladi. Talab qilingan aniqlik darajasidan kelib chiqib asosiy noaniqlik manbalari ajratib olish lozim. Suvni hajmini o'lchashda o'lchov kolbasiga ta'sir qiluvchi ikkita noaniqlik manbai mavjud: temperatura va kalibrlash noaniqliklari (3.15 –rasm.). Ishlab chiqaruvchi tomonidan berilgan kalibrlash noaniqligi normal atrof-muhit sharoiti 20 °C berilgan. Normal atrof muhit sharoitidan og'ishish ko'shimcha temperatura noaniqligini keltirib chiqaradi.



3.15 – rasm. Suv hajmini o'lchashda noaniqlik manbalari

Temperaturani o'zgarishi evaziga hajmni ehtimoliy oshishi temperaturaga to'g'ri proportsional bo'lib, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$a = V \cdot \alpha \cdot \Delta t = 100 \cdot 2.1 \cdot 10^{-4} \cdot 5 = 0,105 \quad (3.32)$$

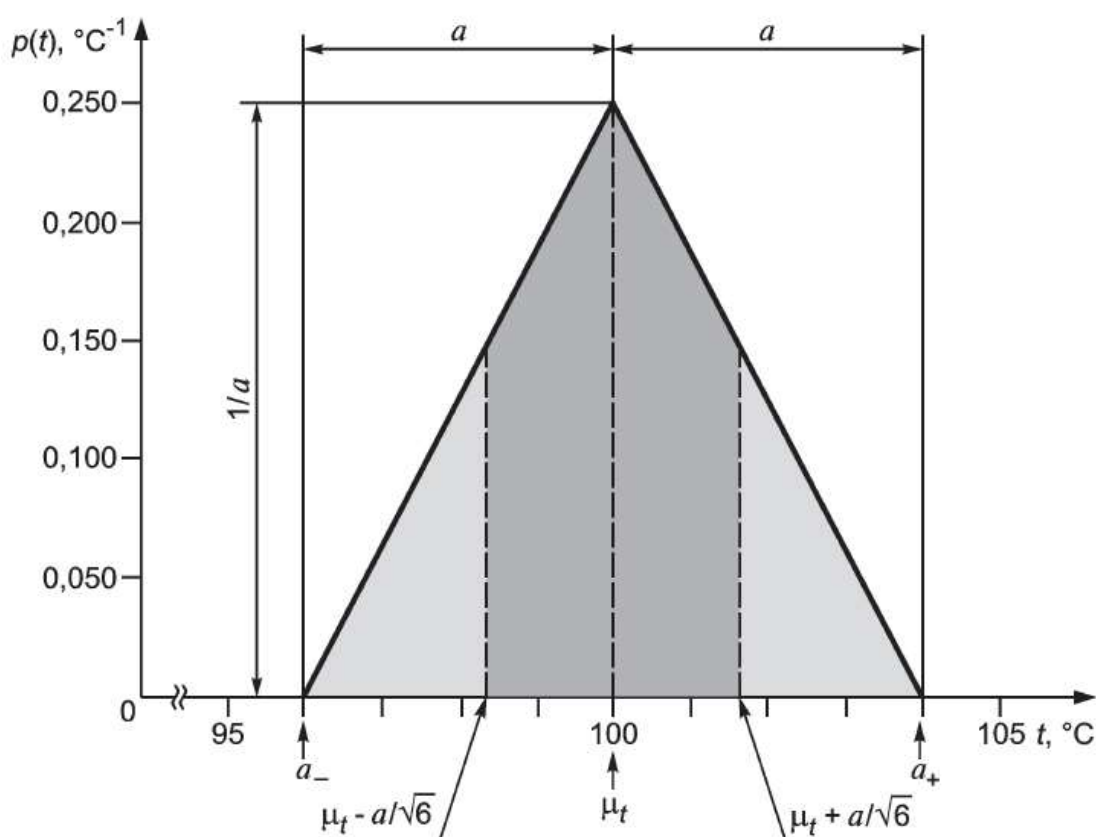
$$U(V_t) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,105}{\sqrt{3}} = 0.061 \text{ ml} \quad (3.33)$$

bu yerda: a - interval yarim kengligi; V - suv hajmini o'lchashda qo'llanilgan kolbaning nominal hajmi; α - suvning hajmiy kengayish koeffitsienti; Δt - suv hajmi o'lchangan vaqtdagi atrof-muhit temperaturasi normal temperaturadan farqi.

Hajmni ko'rsatilgan intervaldagi qiymatlari tekis taqsimot qonuniga bo'ysunishi asosida temperaturaviy standart noaniqlikni hisobladik.

Kalibrlash noaniqligini quyidagicha aniqlaymiz

$$U(V_k) = \frac{a}{\sqrt{6}} = \frac{0,1}{\sqrt{6}} = 0,04 \text{ ml} \quad (3.34)$$



3.16 – rasm. Kirish kattaliklarini standart noaniqligini bahosini grafik tasvirlanishi

Ikkita noaniqlik manbalarini umumlashtirib, hajmni o'lchashda yo'l qo'yilgan standart noaniqlikni aniqlaymiz

$$U(V) = \sqrt{U^2(V) + U^2(T)} = \sqrt{0,041^2 + 0,061^2} = 0,073 \text{ ml} \quad (3.35)$$

3-misol. Quyidagi temperaturani o'lchash misolida berilgan va grafikda keltirilgan uchburchak taqsimot qonunining o'lchashlar noaniqligi bo'yicha kirish kattaliklarini izohlang (3.16 - rasm).

Birinchi navbatda ushbu grafikda qanday asosiy parametrlar kombinatsiyasidan tashkil topganligiga aniqlik kiritamiz: μ_t - matematik kutilish; a - yarim interval kengligi.

Temperatura haqidagi axborot nisbatan umumiy bo'lib, ushbu kattalikning ehtimollikning simmetrik uchburchak taqsimotiga muvofiq keladi. Quyi chegara ($a_- = 96\text{ }^{\circ}\text{C}$) va yuqori chegara ($a_+ = 104\text{ }^{\circ}\text{C}$) qiymatda bo'lib, intervalni yarim kengligi $a = \frac{(a_+ - a_-)}{2} = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ qiymatga tengdir.

Ushbu ehtimollik zichligining matematik ifodasi quyidagicha:

$$\begin{aligned} p(t) &= \frac{(t - a_-)}{a^2}; \quad t \in \left[a_-; \frac{(a_+ + a_-)}{2} \right], \\ p(t) &= \frac{(a_+ - t)}{a^2}; \quad t \in \left[\frac{(a_+ + a_-)}{2}; a_+ \right], \\ p(t) &= 0; \quad t \notin [a_-; a_+] \end{aligned} \quad (3.36)$$

Matematik kutilish va standart noaniqlik mos ravishda quyidagicha aniqlanadi

$$\begin{aligned} \mu_t &= \frac{(a_+ + a_-)}{2} = 100\text{ }^{\circ}\text{C} \\ U(\mu_t) &= \frac{a}{\sqrt{6}} = 1,6\text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (3.37)$$

Umumiy holatda ushbu qonunning ehtimollik zichligi quyidagi ko'rinishga ega:

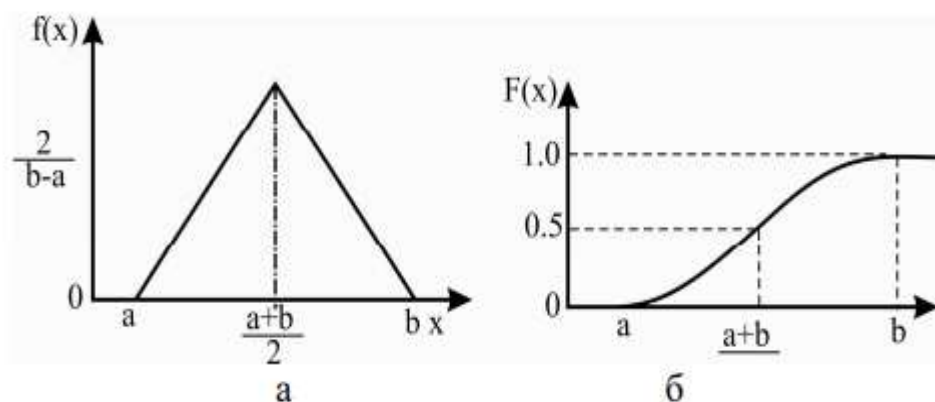
$$f(x) = \begin{cases} x \leq a & \partial a & 0 \\ a < x < \frac{b+a}{2} & \partial a & \frac{4 \cdot (x-a)}{(b-a)^2} \\ \frac{b+a}{2} < x < b & \partial a & \frac{4 \cdot (b-x)}{(b-a)^2} \\ x \geq b & \partial a & 0 \end{cases} \quad (3.38)$$

bu yerda: a va b – tasodifiy kattalik X ning o'lchash chegarasini aniqlab beradigan qonun parametrlari.

Uchburchak taqsimotining integral funktsiyasi $F(x)$ quyidagi ko'rinishga ega

$$F(x) = \begin{cases} x \leq a & \partial a & 0 \\ a < x < \frac{b+a}{2} & \partial a & \frac{2 \cdot (x-a)}{(b-a)^2} \\ \frac{b+a}{2} < x < b & \partial a & 1 - \frac{2 \cdot (b-x)}{(b-a)^2} \\ x \geq b & \partial a & 1 \end{cases} \quad (3.39)$$

Uchburchak taqsimotining differentsial va integral funktsiyalarining grafik ravishda quyida ravishda ko'rsatilgan



3.17 – rasm. Taqsimotning uchburchak qonuni:

a – differentsial funktsiya; b – integral funktsiya

3.5.3. Normal (Gaus) taqsimot qonuniga bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini tur noaniqligini baholash

Agar kattalik to'g'risidagi axborot quyidagi ko'rinishlarda keltirilgan bo'lsa, ehtimollik normal qonun bo'yicha taqsimlangan deyish mumkin.

1-variant.

Agar kattalik bahosi tasodifiy o'zgaruvchi jarayonni takroriy kuzatuvlardan olingan bo'lsa, uning ehtimolligi normal qonun bo'yicha taqsimlangan deyish mumkin.

2- variant

Agar X_i kattalikning qiymati biror protsent ehtimollik (yoki ishonchlilik darajasi) bilan a dan v gacha intervalda joylashgan bo'lsa, bu holda uning ehtimolligi normal qonun bo'yicha taqsimlangan, deyish mumkin.

Bunda x_i uchun standart noaniqlik keltirilgan intervalning yarmisini mos k koeffitsientga bo'lib topiladi. Bunday koeffitsientlar 50, 90, 95 yoki 99 ishonchlilik darajalari uchun mos holda 0,674; 1,64; 1,96 i 2,58 ni tashkil qiladi.

3- variant.

Ko'rsatilgan ishonchlilik darajasiga ega bo'lgan interval (oraliq) ning yarim kengligi berilgan bo'lsa, uning ehtimolligi normal qonun bo'yicha taqsimlangan deyish mumkin.

4- variant.

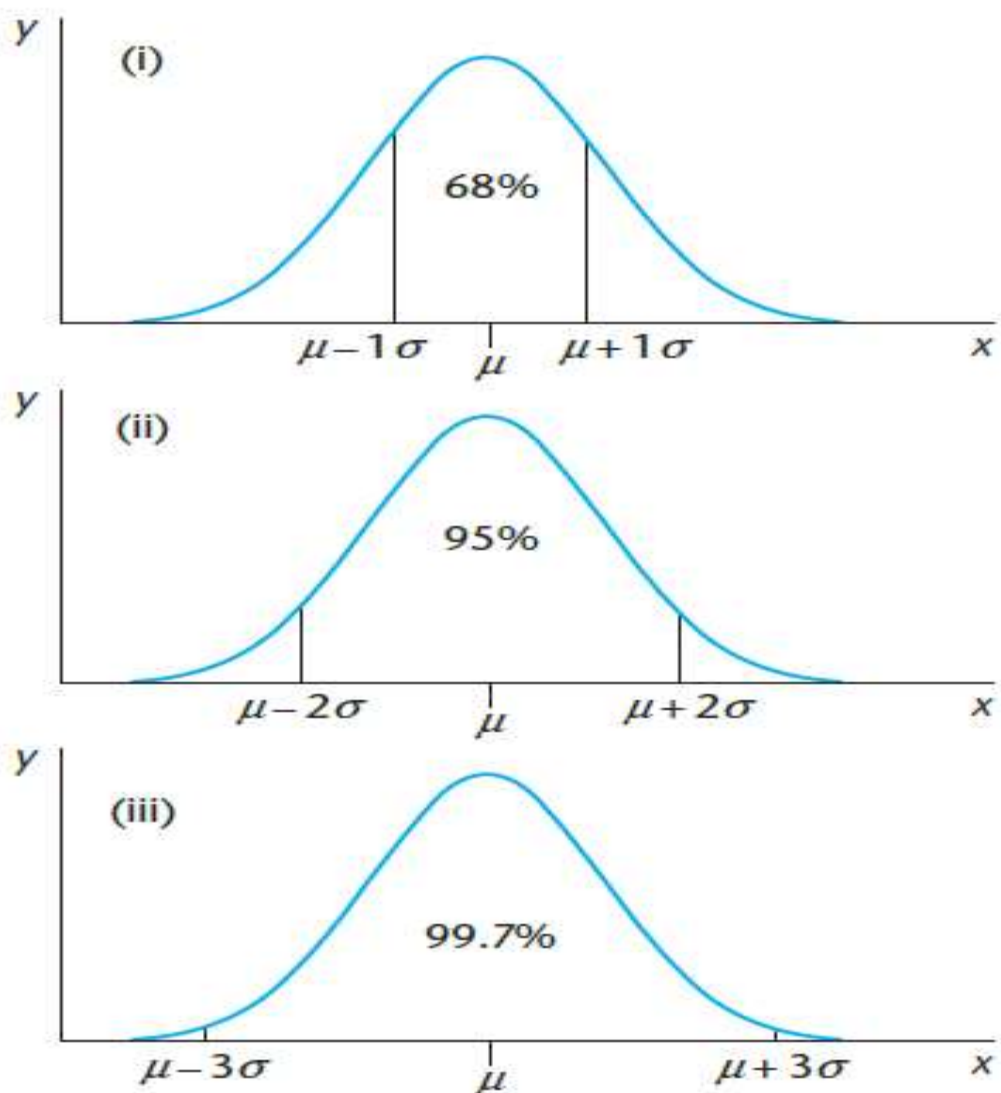
Agar noaniqlikning qiymati standart og'ishga karrali ko'rinishda berilgan bo'lsa, uning ehtimolligi normal qonun bo'yicha taqsimlangan deyish mumkin.

Bunda x_i uchun standart noaniqlik keltirilgan noaniqlikni mos koeffitsientga bo'lib, topiladi.

5- variant.

Agar standart (absolyut yoki nisbiy) og'ishning qiymati yoki CV % dispersiya koeffitsientining qiymati taqsimlanish turi ko'rsatilmagan holda berilgan bo'lsa, uning ehtimolligi normal qonun bo'yicha taqsimlangan deyish mumkin.

Normal taqsimot qonunida bir sigma (σ), ikki sigma (2σ) va uch sigma (3σ) qoidalarini keng qo'llaniladi (3.18 -rasm).



3.18 – rasm. Normal taqsimot qonunida 1σ , 2σ va 3σ ishonchlilik chegaralari

Rasmdan ko'rinib turibdiki, tasodifiy kattalik x_i ning $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$ intervalga tushish ehtimoli 68 % ni tashkil qiladi. Bu shuni anglatadiki, o'lchashlar soni yetarli darajada ko'p bo'lganida tajriba ma'lumotlarining uchdan ikki qismi ushbu oraliqda joylashadi.

Tasodifiy kattalik x_i ning $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ intervalga tushish ehtimoli 99.7 % ni tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, taxminan 0.3 % o'lchash natijalari ushbu oraliqda joylashmaydi.

Tasodifiy kattalik x_i ning $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ intervalga tushish ehtimoli 99,7 % ni tashkil qiladi. Ya'ni, taxminan 0,3 % o'lchash natijalarigina chin qiymatdan $\pm 3\sigma$ ga farq qilishi mumkin. Metrologik amaliyot uchun 99,7 % ishonchlilik juda puxta va ilmiy asoslangan bo'lib, tajriba ma'lumotlarini normalligini va aniqligini baholashda keng qo'llaniladi.

Misol 1

Detallarni o'lchamini aniqlayotgan stanokchi ularning uzunligi 0,5 ehtimollik bilan 10,07 mm dan 10,15 mm gacha oraliqda joylashishini baholaydi. Standart noaniqlikni aniqlang.

Hisoblash

Shunday qilib, detalning uzunligi 0,5 ehtimollik bilan $l = (10,11 \pm 0,04)$ mm intervalda bo'lishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Modomiki $\pm 0,04$ mm 50 foiz ishonchlilik darajasi bilan aniqlangan interval bo'lsa, u holda $k=0,674$ ga teng.

Standart noaniqlik quyidagicha aniqlanadi

$$U(L) = \frac{a}{k} = \frac{0,04 \text{ mm}}{0,674} = 0,06 \text{ mm} \quad (3.40)$$

Javob: Standart noaniqlik $U(L) = 0,06 \text{ mm}$ ga teng.

Misol 2

Kalibrlash to'g'risidagi guvohnomada 10Ω nominal qiymatli R_0 etalon rezistori qarshiligi 23°C da $10,000742 \Omega \pm 129 \text{ m}\Omega$ ga teng va bu yerda ta'kidlanganki, olingan $129 \text{ m}\Omega$ noaniqlik 99 foizli ishonchlilik darajasi ega bo'lgan oraliqda aniqlangan. Standart noaniqlikni aniqlang.

Hisoblash

99 % ishonchlilik darajasida $k=2,58$ ga tengdir. Yuqoridagi formulaga asosan standart noaniqlikni aniqlaymiz

$$U(R) = \frac{a}{k} = \frac{129}{2,58} = 50 \text{ m}\Omega \quad (3.40)$$

Javob: Rezistor qarshiligi standart noaniqligi $U(R)=50 \text{ } \mu\Omega$.

Misol 3

Tarozining hujjatlarida yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi 95 % ishonchlilik darajasi bilan $\Delta = \pm 0,15 \text{ mg}$ ekanligi ko'rsatilgan. Tarozining standart noaniqligini ko'rsating.

Hisoblash

Alohida qayd qilish lozimki, ishlab chiqaruvchilar tomonidan o'lchash vositalari, sinov uskunalari va boshqa qurilmalarning metrologik xossalari, jumladan yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi asosan ishonch darajasi ko'rsatilmagan holda beriladi. Xatolik chegarasini ishonchlilik darajasini ko'rsatgan hholda berilishi asosan akkreditlangan metrologiya laboratoriyalarining kalibrlash sertifikatlari va bayonnomalarida beriladi.

95 % ishonchlilik darajasida $k=1,96$ ga tengdir. Yuqoridagi formulaga asosan standart noaniqlikni aniqlaymiz

$$U(M) = \frac{a}{k} = \frac{0,15 \text{ mg}}{1,96} = 0,076 \text{ mg} \quad (3.41)$$

Javob: Tarozining standart noaniqligi $U(M)=0,076 \text{ mg}$ ga tengdir.

Misol 4

Mikrometrning yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi $\Delta = \pm 0,01 \text{ } \mu\text{A}$. Ishonchlilik darajasi mos ravishda $P_1 = 50 \%$, $P_2 = 90 \%$, $P_3 = 95 \%$ va $P_4 = 99 \%$ va bo'lgan holatlar uchun mikroampermetrning standart noaniqligini toping.

Hisoblash

$$U_{50\%}(I) = \frac{\Delta}{k_{50\%}} = \frac{0,01 \text{ } \mu\text{A}}{0,674} = 0,014 \text{ } \mu\text{A} \quad (3.42)$$

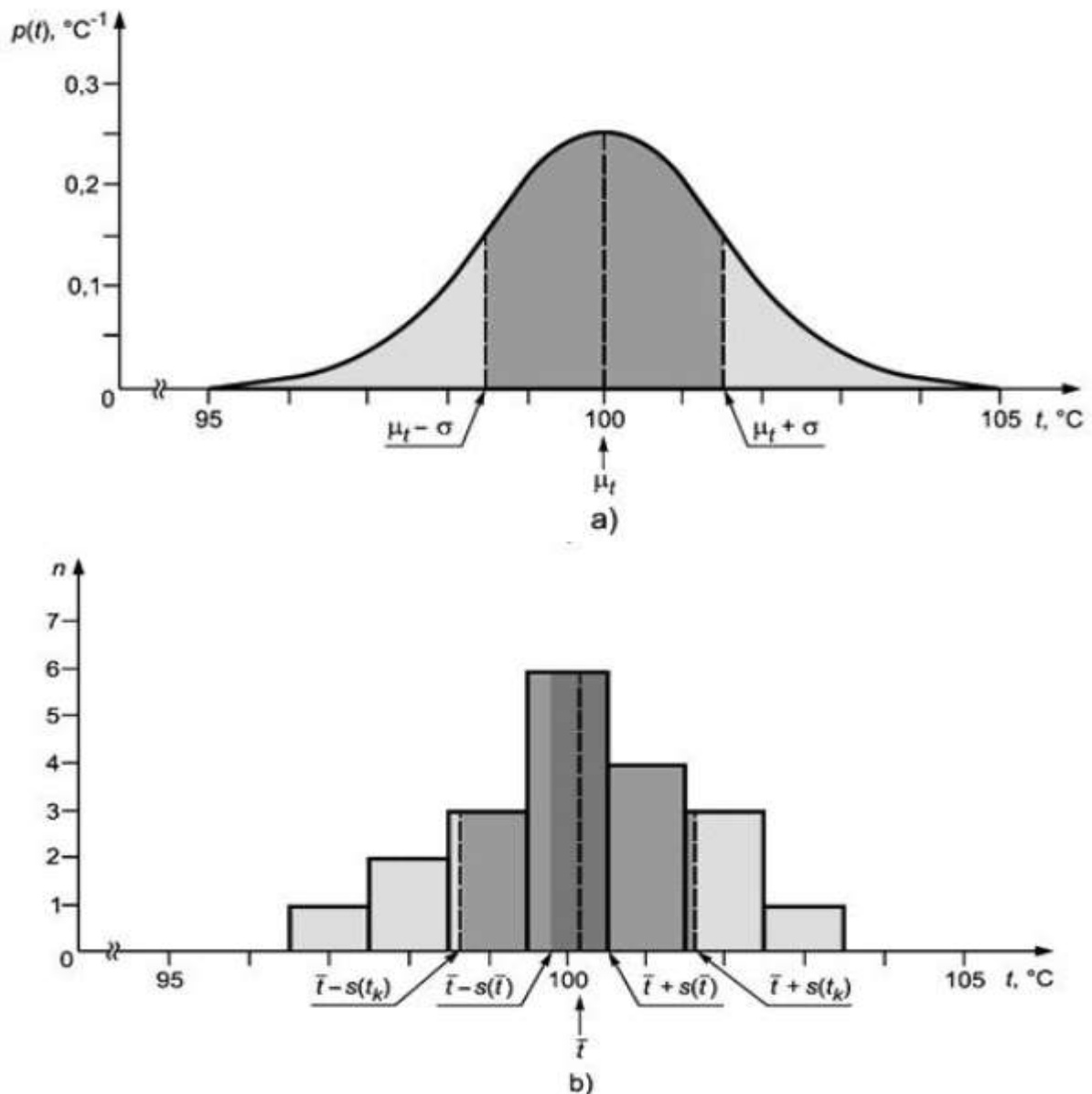
$$U_{90\%}(I) = \frac{\Delta}{k_{90\%}} = \frac{0,01 \text{ } \mu\text{A}}{1,64} = 0,006 \text{ } \mu\text{A} \quad (3.43)$$

$$U_{95\%}(I) = \frac{\Delta}{k_{95\%}} = \frac{0,01 \text{ } \mu\text{A}}{1,96} = 0,005 \text{ } \mu\text{A} \quad (3.44)$$

$$U_{99\%}(I) = \frac{\Delta}{k_{99\%}} = \frac{0,01 \mu A}{2,58} = 0,003 \mu A \quad (3.45)$$

Javob: Mikroampermetrni standart noaniqligi ishonch darajasiga mos ravishda quyidagi qiymatlarga teng $U_{50\%}(I) = 0,014 \mu A$; $U_{90\%}(I) = 0,006 \mu A$; $U_{95\%}(I) = 0,005 \mu A$; $U_{99\%}(I) = 0,003 \mu A$.

Misol 5. Quyidagi temperaturani o'lchash misolida berilgan va grafikda keltirilgan normal taqsimot qonunining o'lchashlar noaniqligi bo'yicha kirish kattaliklarini izohlang (3.19 - rasm).



3.19 – rasm. Kirish kattaliklarini takroriy kuzatish natijalari bo'yicha standart noaniqligini bahosini grafik tasvirlanishi

Izoh

3.19, a – rasmda kirish kattaligi X_i sifatida temperatura bo'lganligi, ushbu normal taqsimotda matematik kutilish $\mu_t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, standart og'ishi esa $\sigma = 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ qiymatga teng bo'lib, uning ehtimollik zichligi quyidagi formula bilan tavsiflanadi

$$p(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t - \mu_t}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (3.46)$$

3.19, b – rasmda temperaturani 20 ta o'lchashlar o'tkazilgan holatida tuzilgan gistogramma tasvirlangan.

Shuni qayd qilish lozimki, metrologik amaliyotda normal taqsimot qonuniga tayangan ehtimolliklar nazariyasi va matematik statistikaning fundamental klassik masalalarini muvaffaqiyatli hal qilish imkonini beradi. Jumladan, tajriba natijalarini ma'lum intervalga tushish ehtimolini aniqlash, ishonch darajasini miqdoriy qiymatini keltirib chiqarish kabi masalalar mavjud. Quyidagi misolimiz shunga doir amaliy ahamiyatga egadir.

Misol 6.

Bir qancha detallarning uzunligi X tasodifiy kattalik bo'lib, taqsimotning normal qonuni bo'yicha taqsimlangan. O'rtacha qiymati 20 mm, o'rtacha kvadratik og'ishi - 0,2 mm. Quyidagilarni aniqlang.

- 1) taqsimot zichligi ifodasini yozing;
- 2) detalning uzunligini $[19,7-20,3]$ mm oraliqqa tushish ehtimolini toping, $P=?$;
- 3) detalning uzunligini $\Delta=0,1$ mm dan ko'p sochilmaslik (og'ish) ehtimolini toping;
- 4) og'ishi o'rtacha qiymatdan $\Delta=0,1$ mm dan ko'p og'maydigan detallar necha foizni tashkil qiladi;
- 5) agarda ishonch darajasi 54 % bo'lsa, o'rtacha qiymatdan og'ish qiymati qanday o'zgaradi?
- 6) ishonch darajasi 95 % bo'lgan va o'rtacha qiymatga nisbatan simmetrik bo'lgan intervalni aniqlang.

Hisoblash

1) normal qonun bo'yicha taqsimlangan tasodifiy kattalik X ning ehtimollik zichligi quyidagi formula bo'yicha aniqlaymiz

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} = \frac{1}{0,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-20)^2}{0,08}} \quad (3.47)$$

1) Normal taqsimlangan tasodifiy kattalikning $[19,7-20,3]$ mm oraliqqa tushish ehtimoli quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi. Bu holatda tasodifiy kattalikning ma'lum oraliqqa tushish ehtimolini topishda Laplasning integral funksiyasi va uning qiymatlari jadvalidan foydalanamiz. (3.6.3.9) ifoda har qanday normal taqsimot qonuniga bo'ysungan tasodifiy kattaliklar uchun foydalanish mumkin bo'ladi.

$$\begin{aligned} P(a < x < b) &= \Phi\left(\frac{b-m_x}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{a-m_x}{\sigma_x}\right) = \\ &= \Phi\left(\frac{20,3-20}{0,2}\right) - \Phi\left(\frac{19,7-20}{0,2}\right) = \Phi(1,5) - \Phi(-1,5) = 2\Phi(1,5) = \\ &2 \cdot 0,4332 = 0,8664 \end{aligned} \quad (3.48)$$

bu yerda: $\Phi(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^U e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - Laplasning integral funksiyasi; $F(1,5) =$

0,4332 qiymatni Laplasning integral funksiyasi jadvalidan foydalangan holda aniqlanadi.

Laplasning integral funktsiyasi qiymatlari jadvali

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,0000	0,50	0,1915	1,00	0,3413	1,50	0,4332	2,00	0,4772	3,00	0,49865
0,01	0,0040	0,51	0,1950	1,01	0,3438	1,51	0,4345	2,02	0,4783	3,20	0,49931
0,02	0,0080	0,52	0,1985	1,02	0,3461	1,52	0,4357	2,04	0,4793	3,40	0,49966
0,03	0,0120	0,53	0,2019	1,03	0,3485	1,53	0,4370	2,06	0,4803	3,60	0,499841
0,04	0,0160	0,54	0,2054	1,04	0,3508	1,54	0,4382	2,08	0,4812	3,80	0,499928
0,05	0,0199	0,55	0,2088	1,05	0,3531	1,55	0,4394	2,10	0,4821	4,00	0,499968
0,06	0,0239	0,56	0,2123	1,06	0,3554	1,56	0,4406	2,12	0,4830	4,50	0,499997
0,07	0,0279	0,57	0,2157	1,07	0,3577	1,57	0,4418	2,14	0,4838	5,00	0,499997
0,08	0,0319	0,58	0,2190	1,08	0,3599	1,58	0,4429	2,16	0,4846		
0,09	0,0359	0,59	0,2224	1,09	0,3621	1,59	0,4441	2,18	0,4854		
0,10	0,0398	0,60	0,2257	1,10	0,3643	1,60	0,4452	2,20	0,4861		
0,11	0,0438	0,61	0,2291	1,11	0,3665	1,61	0,4463	2,22	0,4868		
0,12	0,0478	0,62	0,2324	1,12	0,3686	1,62	0,4474	2,24	0,4875		
0,13	0,0517	0,63	0,2357	1,13	0,3708	1,63	0,4484	2,26	0,4881		
0,14	0,0557	0,64	0,2389	1,14	0,3729	1,64	0,4495	2,28	0,4887		
0,15	0,0596	0,65	0,2422	1,15	0,3749	1,65	0,4505	2,30	0,4893		
0,16	0,0636	0,66	0,2454	1,16	0,3770	1,66	0,4515	2,32	0,4898		
0,17	0,0675	0,67	0,2486	1,17	0,3790	1,67	0,4525	2,34	0,4904		
0,18	0,0714	0,68	0,2517	1,18	0,3810	1,68	0,4535	2,36	0,4909		
0,19	0,0753	0,69	0,2549	1,19	0,3830	1,69	0,4545	2,38	0,4913		
0,20	0,0793	0,70	0,2580	1,20	0,3849	1,70	0,4554	2,40	0,4918		
0,21	0,0832	0,71	0,2611	1,21	0,3869	1,71	0,4564	2,42	0,4922		

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,22	0,0871	0,72	0,2642	1,22	0,3883	1,72	0,4573	2,44	0,4927		
0,23	0,0910	0,73	0,2673	1,23	0,3907	1,73	0,4582	2,46	0,4931		
0,24	0,0948	0,74	0,2703	1,24	0,3925	1,74	0,4591	2,48	0,4934		
0,25	0,0987	0,75	0,2734	1,25	0,3944	1,75	0,4599	2,50	0,4938		
0,26	0,1026	0,76	0,2764	1,26	0,3962	1,76	0,4608	2,52	0,4941		
0,27	0,1064	0,77	0,2794	1,27	0,3980	1,77	0,4616	2,54	0,4945		
0,28	0,1103	0,78	0,2823	1,28	0,3997	1,78	0,4625	2,56	0,4948		
0,29	0,1141	0,79	0,2852	1,29	0,4015	1,79	0,4633	2,58	0,4951		
0,30	0,1179	0,80	0,2881	1,30	0,4032	1,80	0,4641	2,60	0,4953		
0,31	0,1217	0,81	0,2910	1,31	0,4049	1,81	0,4649	2,62	0,4956		
0,32	0,1255	0,82	0,2939	1,32	0,4066	1,82	0,4656	2,64	0,4959		
0,33	0,1293	0,83	0,2967	1,33	0,4082	1,83	0,4664	2,66	0,4961		
0,34	0,1331	0,84	0,2995	1,34	0,4099	1,84	0,4671	2,68	0,4963		
0,35	0,1368	0,85	0,3023	1,35	0,4115	1,85	0,4678	2,70	0,4965		
0,36	0,1406	0,86	0,3051	1,36	0,4131	1,86	0,4686	2,72	0,4967		
0,37	0,1443	0,87	0,3078	1,37	0,4147	1,87	0,4693	2,74	0,4969		
0,38	0,1480	0,88	0,3106	1,38	0,4162	1,88	0,4699	2,76	0,4971		
0,39	0,1517	0,89	0,3133	1,39	0,4177	1,89	0,4706	2,78	0,4973		
0,40	0,1554	0,90	0,3159	1,40	0,4192	1,90	0,4713	2,80	0,4974		
0,41	0,1591	0,91	0,3186	1,41	0,4207	1,91	0,4719	2,82	0,4976		
0,42	0,1628	0,92	0,3212	1,42	0,4222	1,92	0,4726	2,84	0,4977		
0,43	0,1664	0,93	0,3238	1,43	0,4236	1,93	0,4732	2,86	0,4979		
0,44	0,1700	0,94	0,3264	1,44	0,4251	1,94	0,4738	2,88	0,4980		
0,45	0,1736	0,95	0,3289	1,45	0,4265	1,95	0,4744	2,90	0,4981		
0,46	0,1772	0,96	0,3315	1,46	0,4279	1,96	0,4750	2,92	0,4982		
0,47	0,1808	0,97	0,3340	1,47	0,4292	1,97	0,4756	2,94	0,4984		
0,48	0,1844	0,98	0,3365	1,48	0,4306	1,98	0,4761	2,96	0,4985		
0,49	0,1879	0,99	0,3389	1,49	0,4319	1,99	0,4767	2,98	0,4986		

2) detalning uzunligini 0,1 mm dan ko'p sochilmaslik (og'ish) ehtimolini quyidagi formuladan foydalaniladi

$$P(|X - m_x| < \Delta) = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 2\Phi\left(\frac{0,1}{0,2}\right) = 2\Phi(0,5) \quad (3.49)$$

$$= 2 \cdot 0,1935 = 0,383$$

bu yerda: X - tasodifiy kattalik; m_x - matematik kutilish; Δ - kattalikning qiymatini sochilishga me'yor; $2\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)$ - Laplasning integral funktsiyasi; $2\Phi(0,5) = 0,1935$ ni aniqlashda 3.3 – jadvaldan foydalanildi. Bu shuni

anglatadiki, detallarning o'rtacha qiymatga nisbatan og'ishi (sochilishini) 0,1 mm dan katta bo'lish ehtimoli ancha katta bo'lib, uning ishonch darajasi 0,617 ga teng.

3) og'ishi o'rtacha qiymatdan $\Delta=0,1$ mm dan ko'p og'maydigan detallar foizi (3.49) ifoda bo'yicha aniqlangan qiymatga asosan 38,3 % ni tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, detallarning o'rtacha qiymatdan og'ishi 0,1 mm dan kichik bo'lishga nisbatan yuqoriroq bo'lish ehtimoli 1,61 marta katta bo'lib, uning miqdoriy qiymati 61,7 % dir.

4) 4) ishonch darajasi 54 % bo'lgan holatda ishonchli intervalni quyidagicha aniqlaymiz. Ushbu holat mantiqan 3 bosqichda berilgan ifodaga teskari hisoblanadi.

$$P(|X - m_x| < \Delta) = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 0,54; \quad \Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 0,27 \quad (3.49)$$

3.3 – jadvaldan foydalangan holda quyidagi ifodani hosil qilamiz

$$P(|X - m_x| < \Delta) = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 0,54; \quad \Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 0,27$$

$$\frac{\Delta}{\sigma} = 0,74; \quad \Delta = 0,74 \cdot 0,2 = 0,148 \text{ mm} \quad (3.50)$$

5) ishonch darajasi 95 % bo'lgan va o'rtacha qiymatga nisbatan simmetrik bo'lgan intervalni (3.49) formuladan foydalangan holda quyidagi ifodalarni hosil qilamiz

$$P(|X - m_x| < \Delta) = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 0,95; \quad \Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = 0,475$$

$$\frac{\Delta}{\sigma} = 1,96; \quad \Delta = 1,96 \cdot 0,2 = 0,392 \text{ mm} \quad (3.51)$$

$$X \in [20 - 0,392; 20 + 0,392] \text{ mm}; \quad X \in [19,608; 20,392] \text{ mm}$$

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. Metrologiya bo'yicha xalqaro lug'atda (VIM 3) o'lchashlar noaniqligi berilgan atama va ta'riflarni izohlang.
2. Qamrab olish intervali va qamrab olish ehtimoli tushunchalarini mazmunini tushuntiring.
3. O'lchashlar noaniqligini qanday turlari mavjud?
4. O'lchash natijalari noaniqligini aprior baholash deganda nimani tushunasiz.
5. O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM)da hisoblashning qancha bosqichi keltirilgan.
6. O'lchashlar noaniqligini baholash algoritmini tushuntiring.
7. O'lchanayotgan kattalikni tavsiflash va matematik modelini tuzish deganda nimani tushunasiz?
8. Kirish kattaliklarini tahlili va ularning noaniqligi qanday amalga oshiriladi?
9. Korrelyatsiyalar tahlili qanday amalga oshiriladi?
10. . Yig'indi standart noaniqlikni hisoblash bosqichlari va tartibini izohlang.
11. Noaniqlik byudjetini tuzish qanday amalga oshiriladi?
12. Chiqish kattaligi qiymatini hisoblash tartibi nimadan iborat?
13. Kengaytirilgan noaniqlik nima va u qanday hisoblanadi?
14. O'lchashning oxirgi natijasini taqdim qilish qoidalarini tushuntiring.
15. A tur standart noaniqlikni hisoblash formulasini yozing.
16. 11; 11,5; 12; 12,5; 12; 12. Yuqori o'lchangan qiymatni A tur noaniqlikni hisoblang.
17. Uch sigma qoidasi nima maqsadda qo'llaniladi? Misollar keltiring.
18. B tur standart noaniqlik nima? Misollar keltiring.
19. B tur standart noaniqlikni hisoblashda qanday taqsimot qonunlaridan foydalaniladi?

20. Tekis taqsimot qonuniga bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash tartibini tushuntiring.
21. Tekis simmetrik taqsimot qonunni grafik ravishda tasvirlang. Misollar keltiring.
22. Tekis nosimmetrik taqsimot qonunni grafik ravishda tasvirlang. Misollar keltiring.
23. Tekis taqsimot qonunini differentsial va integral funktsiyalarini yozing. Misollar keltiring.
24. Uchburchak taqsimot qonuniga (Simpson qonuni) bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash tartibini tushuntiring.
25. Uchburchak taqsimot qonuniga (Simpson qonuni) bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholashga misollar keltiring. Formulasini yozing.
26. Uchburchak taqsimot qonuni differentsial va integral funktsiyalarini yozing.
27. Normal (Gaus) taqsimot qonuniga bo'ysinuvchi kirish kattaliklarini B tur noaniqligini baholash tartibini yozing.
28. qonunida bir sigma (σ), ikki sigma (2σ) va uch sigma (3σ) qoidalarini tushuntiring.
29. Laplasning integral funktsiyasini noaniqlikni baholashdagi o'rni haqida tushuntiring.

IV – BOB. O'LCHASHLAR NOANIQLIGINING MANBALARI, ULARNI TA'BSIRINI BOSHQARISH VA HISOBGA OLISH

4.1. Noaniqlik manbalari va ularning tasnifi

Amaliyotda o'lchashlarda noaniqlikning ko'plab mumkin bo'lgan manbalari mavjud bo'lishi sababli, uni baholash faqatgina matematik ish bo'lib hisoblanmaydi, balki o'lchanadigan kattalikning tabiatini va o'lchash jarayonini atroflicha o'rganishni talab qiladi. Oxir-oqibatda o'lchash natijasining noaniqligini baholashning sifati unga qiymat berishda qatnashadigan shaxslarning tushunchasi, tanqidiy baholashi va vijdoniga bog'liq bo'ladi.

Noaniqlikni tashkil qiluvchilarning turlari ularning vujudga kelish manbalari bo'yicha o'lchanadigan kattalikning noaniqliklari va o'lchash eksperimentining noaniqliklariga bo'linadi.

O'lchanadigan kattalikning noaniqliklari avval-boshdan, eksperimentni o'tkazishgacha mavjud bo'ladi. Ularning qiymatlari eksperimentni o'tkazish uslubiyati, o'lchaydigan apparaturaning sifati yoki operatorning malakasiga bog'liq bo'lmaydi. O'lchanadigan kattalikning noaniqliklari quyidagi omillar bilan shartlanadi.

Odamning o'lchash ob'ekti to'g'risidagi tasavvuri uning ongida parametrlar jamlanmasi bilan tasvirlanadigan qandaydir bir model ko'rinishida aks etadi. Modellar bo'yicha aniqlanadigan o'lchanadigan kattaliklar real ob'ektlarning xususiyatlaridan farq qiladi, chunki model hech qachon originalning absolyut nusxasi bo'la olmaydi. Bu farqlar modelning o'lchanadigan kattalikka mos emasligi bilan shartlanadigan noaniqlik bilan ifodalanadi.

Quyida o'lchashlar noaniqligining manbalari va ularning klassifikatsiyasi keltirilgan (4.1-rasm).

O'LCHASHLAR NOANIQLIGI MANBALARI

O'lchanayotgan kattalikning matematik modellashtirishdagi noaniqlik

O'lchash noaniqligi manbalarini tasniflash va uning ro'yxatini shakllantirish
noaniqligi

O'lchash aniqligiga bo'lgan tabiiy (printsipial va amaliy) cheklovlar

Personalning noaniqligi

O'lchash sharoitlarining noaniqliklari

Mahsulot sinovida o'lchanadigan mahsulot namunasini olish noaniqligi

Qurilmaviy noaniqliklar va ularni ta'sirini miqdoriy baholash

O'lchash natijasiga ta'sir qiluvchi uslubiy noaniqliklar

4.1 - rasm. O'lchashlar noaniqliklarining manbalari

O'lchanadigan fizikaviy kattalikning o'lchami avvalambor o'lchash ob'ektiga ta'sir ko'rsatuvchi tashqi ta'sirlarning parametrlariga bog'liq bo'ladi. Shu sababli o'lchashga bo'lgan to'g'ri yondashuv o'lchanadigan kattalikni oldindan to'liq tasvirlashni (spetsifikatsiyalashni) talab qiladi, u o'z ichiga o'lchashni o'tkazish vaqti va uni o'tkazish shartlari bo'yicha ko'rsatmalarni oladi. O'lchanadigan kattalikning to'liq bo'lmagan spetsifikatsiyasi unga mos keluvchi noaniqlikning vujudga kelishiga olib keladi.

O'lchashning aniqligi oshirilganda yoki o'lchash vositalarining sezuvchanligi oshirilganda o'lchashlarning ishonchliligini chegaralaydigan tabiiy omillar paydo bo'ladi. Bunday omillarga quyidagilar kiradi:

- kvant-mexanik darajada o'lchanadigan kattalikning diskretligi;
- issiqlik shovqinlari, maydalash effekti va hokazolar.

Sanab o'tilgan omillarning mavjudligi o'lchashlarning potentsial aniqligini belgilaydigan tabiiy noaniqliklarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi.

O'lchash eksperimentining noaniqliklari vujudga kelish manbaiga bog'liq ravishda uslubiy, qurilmaviy va shaxsiy noaniqliklarga bo'linadi.

Uslubiy noaniqliklar o'lchash uslubining mukammal emasligidan yuzaga keladi.

Qurilmaviy noaniqliklar – o'lchash texnikasini mukammal emasligidan yuzaga keladi.

Shaxsiy noaniqliklar – operatorning sezgi organlarini o'ziga xos xususiyatlari yoki noto'g'ri harakatlari sababli yuzaga keluvchi noaniqliklar, masalan, strelkali asbobning shkala ko'rsatishlarini sanashda parallaks hodisasi oqibatida vujudga keladigan noaniqlik.

4.2. O'lchanayotgan kattalikning matematik modellashtirishdagi noaniqlik

O'lchanayotgan kattalikning noaniqligi o'z ichiga modellashtirish, o'ziga xoslik noaniqligi va tabiiy (potentsial) noaniqliklarni qamrab oladi.

O'lchash ob'ektini modellashtirish o'lchashning rejalashtirish bosqichida umumiy holatda zarur bo'lib, ushbu protsedura metrologiya bo'yicha sohaga doir adabiyotlar kam o'rganilgan va aks ettirilgan. Modelning real o'lchash ob'ektiga talab qilingan aniqlik darajasida mos bo'lmasligi o'lchashga bo'lgan aprior noaniqlikni keltirib chiqaradi.

Har qanday real tizim, biror moddiy ob'ekt (predmet, jarayon yoki hodisa) to'g'risida gap borganda, albatta ularni tavsiflovchi muayyan xossalar (xususiyatlari)ni ko'z oldimizga keltiramiz. Ko'pincha real tizim yoki ob'ekt shunchalik ko'p xossaga ega bo'lishi mumkinki, ularning har birini ilg'ash, anglash, aniqlash va ular to'g'risida yetarlicha to'liq ma'lumot to'plash (olish) imkoniyati bo'lmaydi. Shu sababli, odatda biror tekshirilayotgan ob'ektning eng ahamiyatli (qiymatli) xossasini aniqlash va uni keyinchalik o'lchash mumkin bo'ladi. Tekshirilayotgan ob'ektning xossalarini, xususiyatlarini qanchalik ko'p o'rgansak, bizni o'rab turgan atrof-muhit to'g'risidagi tushunchamiz shunchalik kengroq (ko'proq) bo'ladi. Har qanday ob'ekt (predmet, jarayon va hodisa)ni tekshirish uchun uning xossalarini hisobga olgan holda modeli shakllantiriladi va nihoyat uni o'lchash masalasi belgilanadi.

Model - bu tekshirilayotgan real ob'ektga qandaydir xususiyat bo'yicha o'xshash tizimdir.

Modellashtirish nazariyasida modellashtirishning uch xil usuli qo'llaniladi:

- ***to'liq modellashtirish*** – bu umumiy holda materiya harakatini ham vaqt, ham fazo (prostranstvo) bo'yicha o'xshashligini ta'minlovchi usul.

Bunda ***to'liqsiz modellashtirish*** – bu usul shundan iboratki, asosiy jarayon kechishni xarakterlovchi xodisa yoki jarayon faqat qisman o'xshash bo'ladi.

- Tahliliy modellashtirish – bu usul eng ko'p qo'llaniladigan usul bo'lib, tekshirilayotgan ob'ektga hal qiluvchi ta'sir etmaydigan faktor (omil)lar hisobiga olingan holda yoki umuman modellashtirilmaydi yoki taxminan modellashtiriladi.

Ilmiy-tadqiqot o'tkazishda yoki ishlab chiqarishda biror ob'ekt to'g'risida ma'lumot to'plash yoki umuman o'lchashni amalga oshirish uchun real o'lchash ob'ekti (o'lchanadigan kattalik) qanday xossalarga ega va qanday fizik kattaliklar

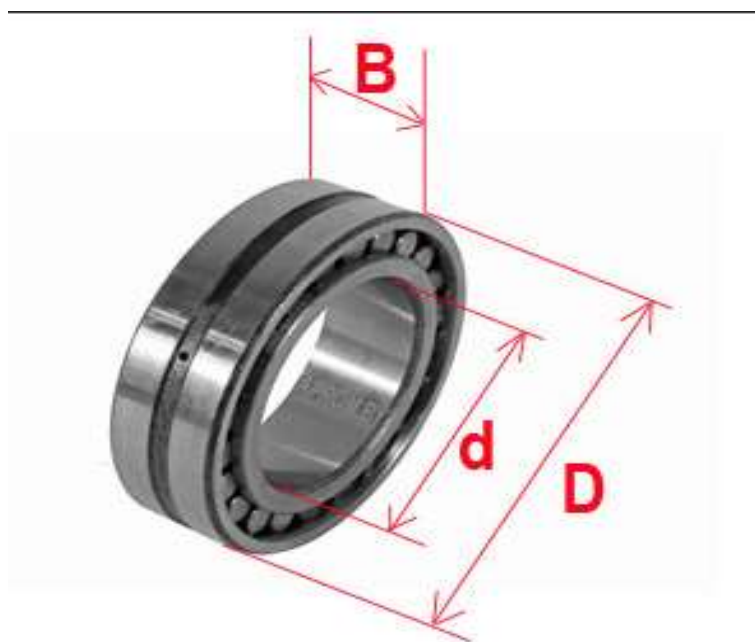
bilan xarakterlanishi, o'lchash vositasi va o'lchash usuli aniqlanishi kerak, ya'ni talab etilgan darajadagi natijaga erishish uchun eng optimal (maqbul) variantli usul va o'lchash vositasini tanlash lozim. Bundan tashqari o'lchash qandaydir bir muhitda va aniq bir qoida bo'yicha bajariladi.

Odatda, o'lchash ob'ekti o'zgarmaydigan, ya'ni o'lchanadigan kattalikning o'zgarmaydigan chinakam (haqiqiy) qiymati mavjud deb hisoblash qabul qilingan. O'lchash jarayonining qolgan tashkil etuvchilari esa, o'lchash vositasi, o'lchash sharoiti va xattoki

- operator doimo o'zgarib turadi va bu o'zgarishlar ba'zida tasodifiy bo'lishi, ularni oldindan bilolmasligimiz mumkin. Agarda bu tasodifiy o'zgarishlar o'lchash natijalariga ta'sir etsa, u holda kattalikning takror o'lchashlardagi natijalari bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi. Shuning uchun o'lchash masalasi qo'yilishida avvalo o'lchash ob'ekti modeli qabul qilinadi.

O'lchash ob'ektining modeli bo'lib, ob'ektning barcha "muhim" xususiyatlarining bir-biriga o'zaro ta'sirining tahliliy yozilmasi, kirish va chiqish signallari o'zaro funktsional bog'liqligining formulalar ko'rinishida matematik yozilmasi xizmat qilishi mumkin.

Masalan, o'lchash ob'ekti –podshipnik (4.2-rasm).





4.2– rasm. Podshipnik va uning o'lchamlari

D –podshipnikning tashqi diametri; d – podshipnikning ichki diametri; B – podshipnikning bo'yi

Podshipnikni ichki va tashqi diametrini o'lchash ob'ekti sifatida olaylik, demak bu ob'ekt geometrik aylana. Xo'sh siz ideal aylana deganda nimani tushunasiz? Podshipnik aylananasini million yoki milliard marta kattalashtirilgan kompyuterdagi matematik modeli qanday ko'rinishga ega bo'ladi deb hisoblaysiz?

Podshipnikni matematik modeli talab qilingan aniqlik darajasida bo'lishi va real ob'ektga mos bo'lishi lozim. Bugungi kunda avtomobil, temir yo'l va avia halokatlarni oldini olish uchun asosiy detallardan biri hisoblangan podshipnikning mustahqamligi, o'lchamlarini o'lchashlar noaniqligi mikro yoki nano darajadagi aniqlikni talab qiladi.

Umumiy holda o'lchash ob'ekti modeli aniqlanishi kerak bo'lgan kattalik bilan, ob'ektning xususiyatlari (xossalari) va ta'sir etuvchi kattaliklar bilan o'zaro bog'liqligini yetarlicha aniq aks ettirish kerak. Ko'pincha amaliy o'lchash masalalarini modellashtirishda o'lchash ob'ektlarining “muhim” xususiyatlarini to'la aks ettiradigan matematik model ishlatiladi.

O'lchash texnikasining amaliy masalalari ideallashtirilgan metrologik eksperimentdan farq qilishi, o'lchashni o'tkazish sifati esa nazariy-extimoliy

yondashuv orqali baholanishi sababli o'lchash jarayoni modelining o'zi ham o'zgaradi.

Ma'lum texnik vazifani hal qilish uchun o'lchash ob'ektining fizik modeli yetarli darajada real ob'ektga mos tushishi lozim bo'ladi. O'lchanayotgan kattalik sifatida matematik modelning shunday parametrini tanlash lozimki, bunda ushbu parametr o'lchash maqsadiga mos bo'lishi lozim. Modelning parametri modeli, ya'ni o'lchanayotgan kattalikning qiymati raqam, funktsiya yoki funktsional ifodalanishi mumkin. Bu o'lchashlarni bajarish metodikasini ishlab chiqishda va o'lchash vositasini tanlashda hisobga olinadi.

Model o'lchash ob'ektining eng asosiy ikkita xususiyatini aks ettirishi lozim: o'lchashda aniqlanadigan va o'lchash jarayoniga ta'sir qiladigan xussiyatlar. O'lchanayotgan kattalik faqatgina ma'lum model uchungina mavjud bo'ladi.

4.3 O'lchash noaniqligi manbalarini tasniflash va uning ro'yxatini shakllantirish noaniqligi

O'lchashlarning maqsadi o'lchanayotgan kattalikning miqdoriy qiymatini talab qilingan aniqlikda olish hisoblanadi. Birinchi navbatda noaniqlik manbalarini ehtimoliy ro'yxatini tuzish lozim bo'ladi. Ushbu bosqichda miqdoriy qiymatlarni aniqlashga ehtiyoj yo'q bo'lib, maqsad faqatgina aynan qaysi omillar evaziga o'lchash aniqligi o'zgarishini bilib olishdir.

Noaniqlik manbalari ro'yxatini tuzishda o'lchash natijasini hisoblashda foydalaniladigan asosiy ifodadan boshlagan ma'qul hisoblanadi. Ushbu ifodadagi barcha parametrlar potentsial noaniqlik manbalari hisoblanadi. Undan tashqari, o'lchanayotgan kattalikning qiymatini topishda foydalaniladigan va matematik ifodagi yaqqol kirmaydigan parametrlar ham bo'lishi mumkinki, ushbu parametrlar o'lchash natijasiga ta'sir qiladi. Masalan, analitik o'lchashlarda ekstraktsiya vaqti yoki harorat. Shu bilan birga yashirin noaniqlik manbalari ham bo'lishi mumkin. Noaniqlikni ushbu barcha manbalari ro'yxatga kiritilishi lozim.

Noaniqlik manbalari ro'yxatini shakllantirishda ushbu omillar o'zaro biri-biri bilan qanday bog'liqlikda ekanligini, shuningdek o'lchash noaniqligining oxirgi natijasiga ta'sirini "sabab-oqibat" diagrammasi orqali tavsiflashdir. Undan tashqari ushbu usul noaniqlik manbalarini hisobini olishda takrorlanishlarni oldini oladi.

Misol 1

Standart eritmani tayyorlash misolida Isikava diagrammasini qurish protsedurasini ko'rib chiqamiz. Taroziida tortilgan modda kolba shishali idishda ma'lum bir hajmgacha aralashtirib, eritma tayyorlanadi. Noaniqlik manbalarini aniqlang va Isivaka diagrammasida tasvirlang.

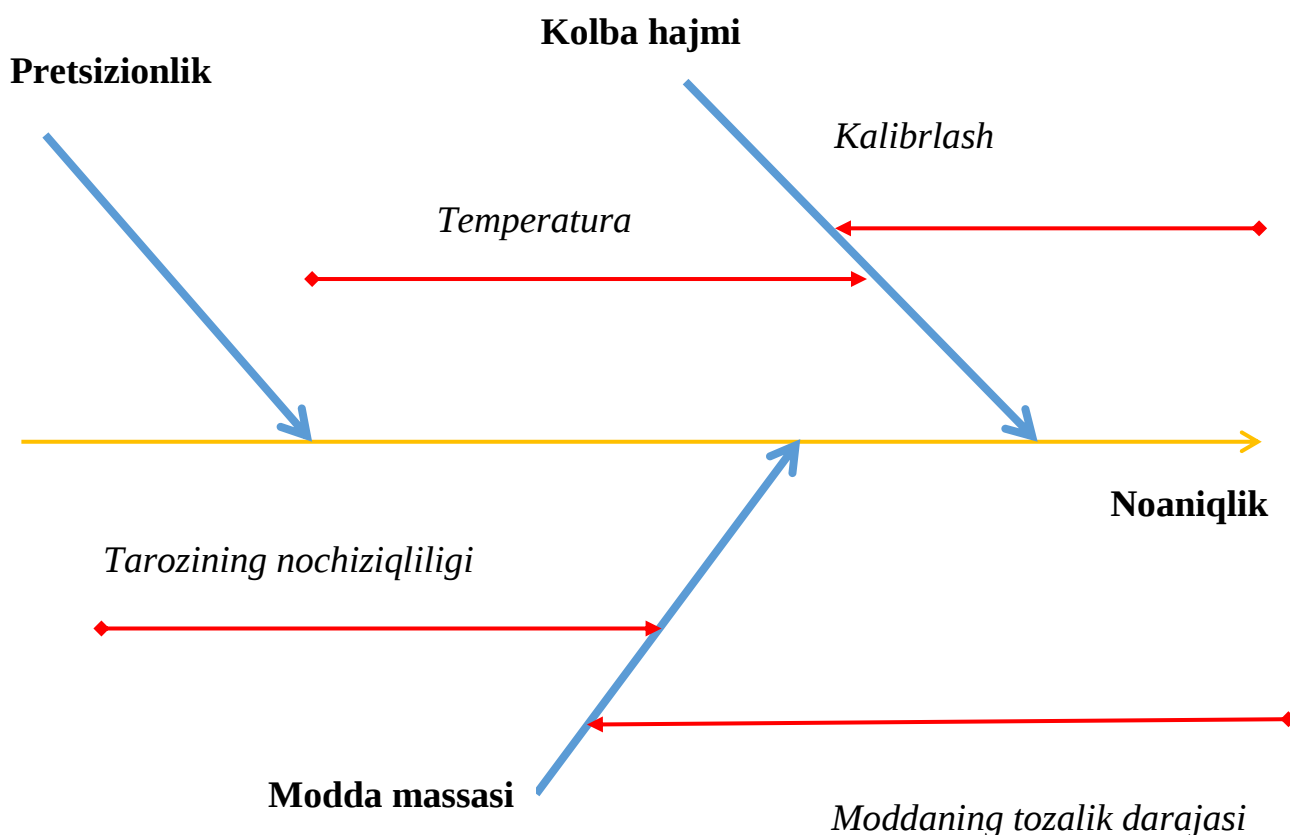
Yechimi

Eritmaning massaviy konsentratsiyasi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$T = \frac{m}{V} \quad (4.1)$$

bu yerda: T - eritmaning massaviy konsentratsiyasi; m - eritma qilingan modda massasi; V - kolba hajmi.

Ushbu omillarni diagramma shaklida tasvirlaymiz (4.3 –rasm.).

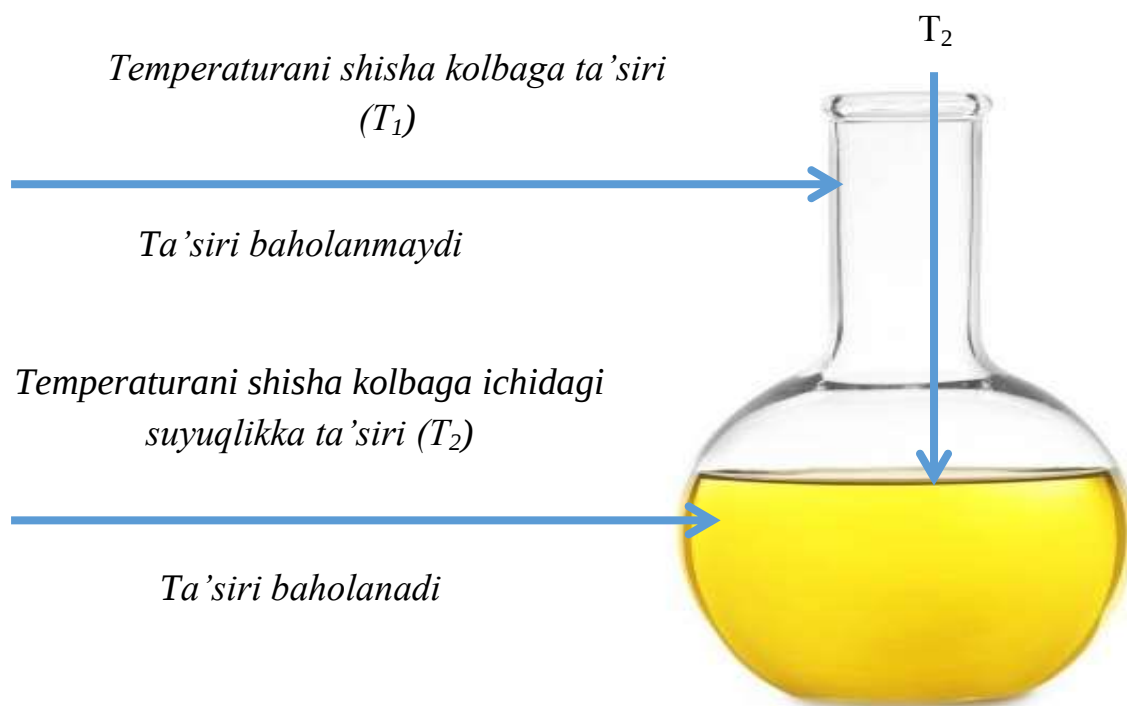


4.3 – rasm. Standart eritmani tayyorlashda noaniqlik manbalari diagrammasi

Noaniqlik manbalari bo'lib quyidagilar xizmat qilishi mumkin:

- 1) hajmni o'lchashda: o'lchov idishini kalibrovkasi, hajmni o'lchash sharoiti;
- 2) tarozda tortishda: tarozining noxiziqililigi, moddaning tozalik darajasi;
- 3) pretsizionlik.

Ushbu misoldagi eritma hajmiga temperatura ta'sirini tahlil qilaylik. Bunda temperatura bir vaqtning o'zida shisha kolbaga va uning ichidagi eritmaga ta'sir qiladi. Ammo temperaturaning eritma (yoki bironta suyuqlik) ga bo'lgan ta'siri, shisha kolbaga bo'lgan ta'siriga nisbatan sezilarli darajada katta bo'lishi mumkin. Shuning uchun laboratoriya sharoitida noaniqlik manbai sifatida temperaturani suyuqlikka bo'lgan ta'sirini baholash yetarli hisoblanadi.



4.4–rasm. O'lchov idishi va uning ichidagi suyuqlikka temperatura ta'siri

Shu bilan birga yuqori aniqlik talab qiluvchi sohalarda, jumladan farmatsevtika, mikro va nanotexnologiyalar va boshqa sohalarda temperaturani barcha ob'ektga bo'lgan ta'sirini tahlil qilish va baholash talab qilinishi mumkin. Umuman olganda, noaniqlik manbalarini asosiy va ikkilamchi omillarga ajratish, tasniflash birinchi navbatda talab qilinayotgan aniqlik darajasiga bog'liq

hisoblanadi. Quyidagi 4.4 – rasmda temperaturani kolba va uning ichidagi suyuqlikka ta'siri grafik ravishda tasvirlangan.

Noaniqlik manbalari tuzilganidan keyin ularning natijaga ta'sirini o'lchashning modeli sifatida berish mumkin bo'lib, bunda har bir ta'sir bir qancha parametrlar bilan bog'langan yoki tenglamadagi o'zgaruvchi bo'lishi mumkin. Bunday tenglama o'lchash jarayonining to'liq modelini natijaga ta'sir qiluvchi xususiy omillar bilan ifodalangan bo'ladi. Bu funktsiya ba'zan juda murakkab bo'lishi mumkin va uni yaqqol tavsiflash imkoni yo'qligini e'tiborga olish lozim. Ammo buni imkoni bor holatlarda noaniqlikni xususiy tashkil qiluvchilarini yig'indisini topishda foydalanish mumkin bo'ladi.

O'lchashlar noaniqligi manbalari turli-tumanliligi quyidagilarni qamrab oladi:

- o'lchanayotgan kattalikning qiyman aniqlanishi;
- o'lchanayotgan kattalikni aniqlashning nomukammal realizatsiya qilinishi;
- tanlovning noprezentativligi ;
- o'lchash natijasiga ta'sir qiluvchi atrof-muhit ta'sirini aniq bilmaslik yoki ushbu sharoitlarni tavsiflaydigan kattaliklarni noaniq o'lchash;
- sub'ektiv muntazam xatolik (masalan, analogli asboblarni ko'rsatishini yozib olishda, hisoblashlarda, yaxlitlash qoidalariga rioya qilmaganda va x.k.);
- qurilmani sezgirlik ostonasi;
- etalon va standart namunalarning noto'g'ri qiymatlari;
- ma'lumotlarni qayta ishlashda foydalaniladigan tashqi manbalardan olinadigan fundamental fizik konstantalar yoki boshqa parametrlarni qiymatini aniq bilmaslik;
- o'lchashlarning o'zgarmas sharoitlarida takroriy kuzatuvlarning o'zgaruvchanligi;
- o'lchash usuli va metodikasida qo'llanilayotgan approksimatsiya va b.

Misol 2

Maslan - po'latdan yasaliб nominalъ uzunligi 1 m bo'lgan sterjinning 1 uzunligini mikrometrgacha aniqlikda aniqlash kerak. O'lchash jaraёni bilan bog'liq tasnifda sterjenning uzunligiga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan kattaliklarning aniq qiymatlari e'tiborga olinishi kerak, Masalan: o'lchash amali olib borilaётgan atrof muhit harorat, atmosfera bosimi, shuningdek sterjenning tekislikda joylashgan (vertikal ёki gorizontal) holati. Demak, O'lchanaётgan kattalikning tasnifini tuzishdan oldin yuqorida sanab o'tilgan kattaliklarning ta'sir darajasini baholash zarurdir. Shunday qilib, o'lchanaётgan kattalikni quyidagicha tasniflash zarur ekan, Masalan: 25,00 °S haroratdagi sterjenning uzunligi.

Agarda sterjenning uzunligi millimetr-gacha aniqlikda aniqlanishi talab qilinadigan bo'lsa, u holda uning tasnifi harorat, atmosfera bosimi yoki umuman tashqi ta'sir omillarini e'tiborga olishni talab qilmaydi.

4.4. O'lchash aniqligiga bo'lgan tabiiy (printsipial va amaliy) cheklovlar

O'lchash aniqligiga bo'lgan cheklovlarni printsipial va amaliy turlarga bo'lish mumkin.

Printsipial cheklovlar o'lchanayotgan kattalikning diskretligi (masalan, elektron zayadidan kichik bo'lgan zaryadni o'lchash mumkin emas yoki strelkali o'lchash vositasini bo'linma qiymatidan aniqroq natijalarni qayd qilish mumkin emas) bilan yoki modda va energiyaning diskretligi bilan tavsiflanadi. Kvantmexanik darajada aniqlik chegarasi Geyzenbergning noaniqlik printsipi bilan, molekulyar darajada – termodinamika qonunlari bilan belgilanadi.

Amaliy cheklovlar o'lchash signalining nomukammalligi, o'lchash vositasini ishlab chiqarish texnologiyasi, o'lchash texnologiyasi, materiallarning nobarqarorligi, o'lchash tizimlariga tashqi va ichki omillar sababli kelib chiqadi.

Ushbu cheklovlarni hisobga olish quyidagi printsiplarga asoslangandir:

Geyzenbergni noaniqlik printsipi (kvant mexanikasidan):

Bir vaqtni o'zida koordinatalarni (x, y, z) va elementar zarra impulslarini (p_x, p_y, p_z) aniq o'lchash mumkin emas bo'lib, ularning noaniqligi quyidagi tengsizlikni qanoatlantiradi:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{2}; \Delta y \cdot \Delta p_y \geq \frac{h}{2}; \Delta z \cdot \Delta p_z \geq \frac{h}{2}; \quad (4.2)$$

bu erda: $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$ - o'lchash noaniqliklari; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Plank doimiysi. Keltirilgan tengsizlikka asosan $\Delta x, \Delta y, \Delta z \rightarrow 0$ intilsa, u holda $\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z \rightarrow \infty$ bajariladi va aksincha.

(4.2) ifoda energiya E va vaqt uchun ham o'rinli hisoblanadi:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2} \quad (4.3)$$

bu yerda: ΔE - atom tizimini energiya noaniqligi; Δt - energiya o'lchangan ma'lum vaqt noaniqligi.

To'lqin amplitudasini aniqlash uchun ishlatiladigan elektromagnitlar to'lqinlar fazasi φ va fotonlar soni N

$$\Delta N \cdot \Delta \varphi \geq \frac{1}{2} \quad (4.4)$$

bu yerda: ΔN - fotonlar soni noaniqligi; $\Delta \varphi$ - faza noaniqligi.

1. Naykvistaning noaniqlik printsiplari: elementar zarralar fluktuatsiyasi (tasodifiy, xaotik harakat) evaziga sodir bo'ladigan shovqin quvvati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$W_{uu} = 4 \cdot k \cdot T \cdot \Delta \nu \quad (4.5)$$

bu yerda: $k = 1,38 \cdot 10^{-13} \frac{J}{K}$ - Boltsman doimiysi; T - Kelvin shkalasidagi mutloq temperatura; $\Delta\nu$ - o'lchanayotgan signal chastotasi qatori (bo'lagi) (qurilmani o'tkazish bo'lagi).

Shuning uchun o'lchash mumkin bo'lgan signal quvvati W quyidagi tengsizlikni qanoatlantirishi lozim:

$$W_c \geq W_{uu} \quad (4.6)$$

2. Qurilmani o'lchash ob'ekti bilan o'zaro ta'sir printsipti: qurilma ob'ektga ta'sir o'tkazib, uning tavsiflarini o'zgartiradi. Agarda qurilma bevosita ob'ekt bilan kontaktga kirishadigan bo'lsa, o'zaro ta'sirlar dinamikasi matritsa tenglamasi bilan tavsiflanadi

$$X' = A_1 \cdot X + B_1 \cdot Y; Y' = A_2 \cdot X + B_2 \cdot Y; \quad (4.7)$$

bu yerda: X, Y - ob'ekt va qurilmani o'zgaruvchan holatini matritsa qatorlari; A_1, A_2 - ob'ekt parametrlarini matritsalarini; B_1, B_2 - qurilma parametrlarini matritsalarini. Tenglamadan kelib chiqadiki, qurilmani o'lchash ob'ektiga ta'sir qilishi o'lchanayotgan kattalik X ni o'zgarishiga va noaniqlikni paydo bo'lishiga olib keladi.

3. Foydali signallarni mukammal emaslik printsipti: o'lchash sistemasidan qabul qilib olinayotgan foydali signallar boshqa noinformativ signallar bilan aralashganligi noaniqlik paydo bo'lishini sababi hisoblanadi

$$Y = Y(X, F) \quad (4.8)$$

bu yerda: X - o'lchash ob'ekti holati vektori; Y - qurilma tomonidan qabul qilinayotgan vektor; F - qurilmaga foydali signal bilan birga kirib keladigan noinformativ signal.

4. O'lchash qurilmalarini texnologik nomukammallik printsipti: loyiha tavsiflariga mutlaqo mos keladigan qurilmani yaratish mumkin emasligi. Undan tashqari qurilmani tayyorlash texnologik jarayoni va uning elementlarining

mukammal emasligidir. Shunga asosan o'lchash vositalarini ishlab chiquvchi korxonalar tomonidan foydalanish bo'yicha qo'llanma yoki ekspluatatsiya hujjatlaridan har bir qurilmani metrologik tavsiflari, yo'l qo'yiladigan noaniqlik chegaralari o'rnatiladi.

Texnologik nomukammallik parametr va tavsiflarni $\eta(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$ noaniqligi majmuidir, jumladan: elementlarni va detallarni tayyorlash; qurilmani sozlash va tartibga solish; issiqlik qayta ishlash rejimlarini ushlash. Agarda $q(q_1, q_2, \dots, q_n)$ - qurilma tarkibidagi elementlar majmui bo'lsa, u holda texnologik nomukammallik quyidagicha ifodalanadi $q = q(n)$.

5. Materiallarning nomukammallik printsiplari: tabiatda mutloq barqaror parametr va tavsiflarga ega bo'lgan material mavjud emas. Shuning uchun ushbu materiallardan tayyorlangan qurilmalarning tavsiflari nobarqaror bo'lib, demakki ma'lum noaniqlikka ega. Har bir kattalik yoki parametr ma'lum atrof-muhit sharoiti uchungina ushbu qiymatga ega bo'ladi. Masalan, suyuqliklarning zichligi: benzin – 750 kg/m³; kerosin - 800 kg/m³ ; sut – 1030 kg/m³ ; simob – 13500 kg/m³; etil spirti – 790 kg/m³; efir - 720 kg/m³. Ushbu qiymatlar ma'lumotnomalarda faqatgina 20 °C atrof-muhit harorati uchungina o'rinli bo'lib, yuqori yoki past haroratlarda boshqa qiymatlarga ega bo'ladi. Ushbu keltirilgan misol ham tabiatda mutloq barqaror parametr mavjud emasligini va doimiy o'zgarishda ekanligini tasdiqlaydi.

Agarda $q(q_1, q_2, \dots, q_m)$ - o'z tavsiflarini o'zgartiradigan materiallardan tayyorlangan elementlar majmui bo'lsa, u holda tashqi ta'sirlar natijasida $\theta(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_l)$ materialning nomukammalligi $q = q(\theta)$ bilan xarakterlanadi. Umumiy olganda qurilmaning element xossalari q texnologik nomukammallik va materialning nomukammalligi θ bilan aniqlanadi: $q = q(\eta, \theta)$.

6. Qurilmaga tashqi omillarni ta'sir printsiplari: qurilmadagi signal tashqi ta'sir qiluvchi omillar $\xi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_b)$ ta'siri noaniqlikni keltirib chiqaradi, masalan: elektromagnit va gravitatsion maydonlar ta'siri.

7. O'lchash qurilmasi ichida omillarni paydo bo'lish printsiplari: o'lchash qurilmasi tarkibida ichki omillarni $v(v_1, v_2, \dots, v_d)$ hosil qilish elementlari mavjud, masalan: cho'zilish, yemirilish, elektromagnit maydon, issiqlik ajralishi, akustik emissiya.

8. O'lchash texnologiyasining nomukammallik printsiplari: har qanday o'lchash o'lchash qurilmasi ideal bo'lgan holatda ham o'lchash texnologiyasining nomukammalligi evaziga mutloq aniq bo'lishi mumkin emas.

9. Yangi axbrotni yo'qlik printsiplari: yangi o'lchash axborotini olmasdan turib yangi texnik tizimlarni yaratish mumkin emas.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan printsiplari tabiatda va texnika rivoji darajasida mutloq aniqlikka cheklovlar mavjudligini anglatadi.

4.5. Personalning noaniqligi

Sub'ektiv noaniqliklar – kuzatuvchining individual xususiyatlariga bog'liq bo'lib, uning o'lchash texnikasi bo'yicha bilimiga, uning qator fiziolo-gik xususiyatlariga, masalan, uning sezish tezligiga, qanchalik tez sezishiga, rang qabul qilish, ko'rish, eshitish kabi qobiliyatining o'tkirligiga bog'liq.

Sub'ektiv noaniqlik bundan tashqari operatorning o'lchash vositasiga va o'lchash ob'ektiga ta'siridan sodir bo'lishi mumkin (temperatura maydonining o'zgarishi, mexanik ta'sirlar va boshqalar).

Ba'zida sub'ektiv noaniqlik shaxsiy noaniqlik deb ham yuritiladi. Odatda sub'ektiv noaniqlik tarkibida muntazam effektlardan tashqari tasodifiy tashkil etuvchisi ham bo'lishi mumkin va bu hol kuzatuvchining malakasi qanchalik past bo'lsa, shunchalik ko'p uchraydi. Shuning uchun O'lchashni boshlashdan oldin ko'pgina sub'ektiv noaniqliklar ham bartaraf etilishi mumkin. Buning uchun ba'zida operatorning malakasiga yoki operator-ning ba'zi fiziologik parametrlari bo'yicha muayyan talablar qo'yiladi.

Personalning noaniqliklari yoki shaxsiy noaniqliklar quyidagi omillarga bog'liq paydo bo'ladi:

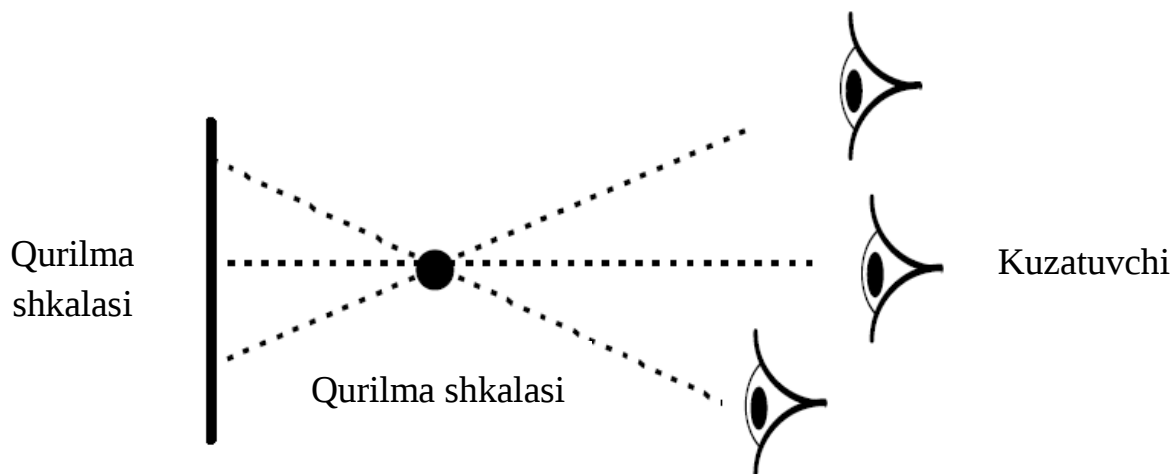
- Kuzatuvchining sezish a'zolarining inertsion xususiyatlari, masalan, ballistik o'lchash asboblarda ko'rsatkichning eng kata holatini hisoblashda kechikishi;

- Kuzatuvchining joylashish o'rnining ta'siri va hisoblash tizimining xususiyatlari (parallaks), sonli ikki belgi o'rtasiga tushgan hisobni interpolatsiya qilishdagi xatoliklar va b.;

- O'lchash o'lchash asbobining kichiklashgan yoki kattalashgan ko'rsatkichlarini qayd qilish mumkinligi;

- Metodikani interpretatsiya qilishdagi uncha katta bo'lmagan farq bo'lishi mumkinligi.

Raqamli o'lchash vositalarida ko'rsatkichga nisbatan vertikal joylashmagan bo'lsa parallaks noaniqligi sodir bo'ladi (4.5- rasm).



4.5. –rasm. Parallaks noaniqligi

Yuqori mas'uliyatli o'lchash sohalarida yuqoridagilarni hisobga olgan holda o'lchashlarni noaniqligini kamaytirish maqsadida malakali, oliy ma'lumotli, mas'uliyatli, yuqori intellektual va psixologik xususiyatlarga ega bo'lgan mutaxassislarnigina o'lchashlarni bajarishga ruxsat qilinadi.

Umuman olganda, personal bilan bog'liq bo'lgan o'lchash noaniqliklarini kamaytirish uchun xodim o'z malaka va kompetentsiyasini doimiy oshirib borishi, qurilmalarni ishlash printsiplari va sxemotexnik yechimlarini puxta egallab borishi, shu bilan birga o'zining nazariy va amaliy o'lchashlar sohasida doimiy malaka oshirib borishi tavsiya qilinadi.

4.6. O'lchash sharoitlarining noaniqliklari

O'lchash sharoitiga iqlim (atrof muhit harorati, havoning nisbiy namligi, atmosfera bosimi), elektr va magnit (elektr tarmog'idagi elektr toki va kuchlanishini, o'zgaruvchan elektr toki chastotasi, o'zgaruvchan va doimiy magnit maydonlar va b.), mexanik va akustik (vibratsiya, zarba kuchlari, tebranishlar) omillar ta'sirlar, shuningdek ion nurlanish, atmosferaning gaz tarkibi va boshqa omillar kiradi. Ushbu parametrlarni ta'sirini o'lchash natijasiga bartaraf qilish (jilovlash) imkoni bo'lsa, bu normal o'lchash sharoiti deyiladi. Ularga mos ravishda ta'sir qiluvchi fizik kattaliklarning nominal qiymatlari quyidagi 4.6 –rasmda ko'rsatilgan.

4.6– rasm. Ta'sir qiluvchi fizik kattaliklarni nominal qiymatlari

Ta'sir qiluvchi kattalik	Nominal qiymat
Barcha o'lchashlar uchun harorat	20 °C
Ion nurlanish, issiqlik-fizik, temperatura, magnit, elektr o'lchashlar, bosim va harakat parametrlarini o'lchashda atmosfera bosimi	100 kPa (750 mm.sim.ustuni)
Chiziqli va burchak o'lchashlar, massa va yorug'lik kuchini o'lchash, spektroskopik o'lchashlarda atmosfera bosimi	101,3 kPa (760 mm.sim.ustuni)
Chiziqli burchak o'lchashlar, massa o'lchash, spektroskopik o'lchashlarda havoning nisbiy namligi	58 %
Elektr qarshilikni o'lchashdagi havoning nisbiy namligi	55 %
Temperatura, kuch, qattqlik, o'zgaruvchan elektr toki, ion nurlanish, harakat parametrlari havoning nisbiy namligi	65 %

Boshqa o'lchash turlarida havoning nisbiy namligi	60 %
Havo zichligi	1,2 kg/m ³
Erkin tushish tezlanishi	9,8 m/c ²
Harakat parametrlari, magnit va elektr kattaliklarni o'lchashda magnit induksiya (magnit maydon kuchlanganligi) va elektr maydon kuchlanganligi	0

Amaliyotda ta'sir qiluvchi kattaliklarni nominal qiymatlarini ta'minlash anchayin qiyindir. Shuning uchun odatda ta'sir qiluvchi kattaliklarni normal soha chegaralari o'rnatiladi. Masalan, ko'pgina holatlarda normal o'lchash sharoiti sifatida quyidagi oraliqlar qabul qilinadi:

Temperatura	(293±5) K
Atmosfera bosimi	(100±4) kPa
Havoning nisbiy namligi	(65±15) %
Elektr tarmog'i kuchlanishi	(220±10) V

Asosan, ko'rilayotgan noaniqlikka temperatura, namlik, bosim, binoning tozaligi, magnit va gravitatsion maydonlar, titrashlar, turli nurlanishlar, yoruvlik va h.k. larni o'lchash va tutib turish noaniqliklari kiradi.

Masalan, o'lchov shisha idishi o'zi kalibrlangan temperaturadan farqlanuvchi temperaturada qo'llanilishi mumkin. Katta temperaturalar tuzatmalar kiritib hisobga olinishi lozim, ammo bunday holda suyuqlik va shisha temperaturalarining qiymatlaridagi har qanday noaniqlikni ko'rib chiqishga to'g'ri keladi. Huddi shunday, agar atrof muhit namligini o'lchashda qo'llaniladigan materiallar namlikning o'zgarishiga sezgir bo'lsa, atrof muhit namligining qiymati ham ahamiyatga ega bo'lishi mumkin. .

O'lchash vositalarining noaniqliklariga noaniq kalibrlash, ko'rsatuvlarning variatsiyalanishi, oxirgi qiyoslash va kalibrlashdan keyin o'tgan vaqt, o'lchash vositasining sezgirlik chegarasi yoki chekka ajrata olish qobiliyati va h.k. ga

bog'liq bo'lgan noaniqliklar ham kiradi.

Metrologik o'lchashlar sohasida ma'lum bir o'lchash turlarini uchun atrof-muhit parametrlariga o'rnatilgan talablar standartlar bilan aniq me'yori o'rnatiladi. Atrof-muhit parametrlari me'yorlaridan og'ishadigan holatlarda ushbu omillarni noaniqlikka ta'sirini miqdoriy hisoblash zarur bo'ladi.

4.7. Mahsulot sinovida o'lchanadigan mahsulot namunasini olish noaniqligi

O'lchashlar noaniqligi – o'lchash sifatini tavsiflaydigan muhim umumlashgan parametr. Shu bilan bog'liq ravishda noaniqlik o'lchash natijalari asosida qabul qilinadigan qarorga juda sezilarli darajada ta'sir qiladi. Masalan, mahsulot sinovi har doim muhim bosqichlardan biri sifatida namuna olishni qamrab oladi. Buning sababi mahsulotning butun bir hajmini (to'liq ob'ektni, mahsulot paryatiyasini) tahlil qilish imkonsizligi bilan bog'liqdir.

O'lchanadigan ob'ekt (namuna) noaniqliklariga ob'ekt shakli va yuzasining geometrik o'lchashlar uchun murakkabligi, ob'ekt materialining xossalari, o'lchamlari va h.k ga bog'liq bo'lgan noaniqliklar kiradi. Masalan, murakkab matritsaning tarkibi aniqlanadigan komponentni ajratib olishga yoki o'lchash asbobining ko'rsatuvi (otklik) ga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Aniqlanadigan komponentning joylashish shakliga sezgirlik bunday ta'sirni yanada kuchaytirishi mumkin. Namuna (kichik namuna) yoki aniqlanadigan komponentning barqarorligi, issiqlik rejimining o'zgarishi yoki boshqa effekt tufayli, tahlil vaqtida o'zgarishi mumkin.

Ajratib olish darajasini baholash uchun biror “ma'lum qo'shimcha” dan foydalanilsa, aniqlanadigan komponentning namunadan haqiqiy ajralib chiqishi qo'shimchani ajratib olish darajasidan farqlanishi mumkin, bu ham baholanishi kerak bo'lgan qo'shimcha noaniqlikni kiritadi.

Namuna olish bilan bog'liq bo'lgan noaniqlikni baholash ikkita asosiy yondashuv bilan tavsiflanadi. Emperik yondashuvda ko'p marta namuna olish

bajariladi va tadqiq qilinayotgan materialda analitning notekis taqsimlanishini yoki namuna olishni bitta yoki bir qancha metodikalarini qo'llash jarayonidagi og'ishishlarni va noaniqlikni (va qoida bo'yicha bir qancha tashkil qiluvchilarni) baholash uchun turli sharoitlarda tahlil qilinadi. Modelli yondashuvda oldindan berilgan modeldan foydalaniladi va yig'indi baholashni olish maqsadida noaniqlikni barcha tashkil qiluvchilari aniqlanadi, ularni miqdori baholanadi va birlashtiriladi. Ushbu yondashuvda dispers zarralar tavsiflari bo'yicha noaniqlikni bir qancha tashkil qiluvchilarini baholash imkonini beradigan namuna olish nazariyasining modellardan foydalanish mumkin.

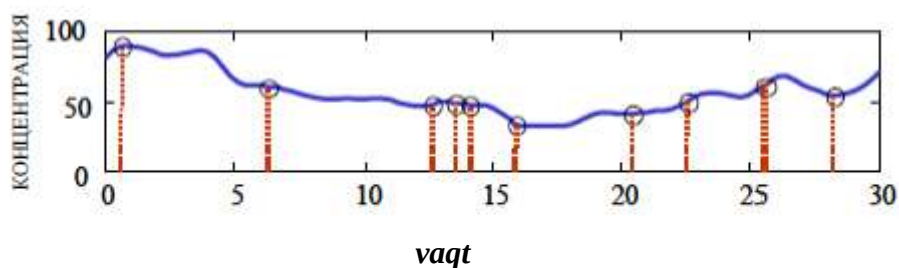
Ushbu har bir yondashuvlar amaliy qo'llashning turli sohalarida qo'llaniladi. Ushbu sohalar atrof-muhitni tadqiq qilish (tuproq va suv), oziq-ovqat (etishtirish va qayta ishlash) va hayvonlar uchun oziqalar va boshqa tarmoqlarni qamrab oladi. Ma'lumotlarga ko'ra, umumiy noaniqlikni nisbiy ulushi bir nechta foizdan 84 % gacha bo'lishi mumkin. Ba'zan noaniqlikni ulushi katta bo'lmasdan, ba'zan o'lchashning umumiy dispersiyasini 90 % gacha tashkil qiladi.

Namuna olishni uchta asosiy strategiyasi mavjud: tasodifiy namuna olish, stratifitsiyalangan namuna olish va muntazam namuna olish (4.7-rasm).

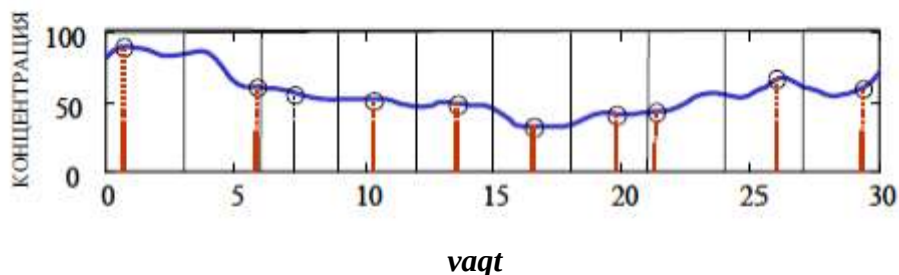
Tasodifiy namuna olish – namuna olish nuqtasi vaqti va joyi ob'ekt bo'yicha tasodifiy shaklda taqsimlangan.

Stratifitsiyalangan namuna olish – ob'ekt birinchi navbatda N teng o'lchamlarga bo'linadi, ichki har bir qismni esa tasodifiy tarzda namuna olish o'rnatiladi.

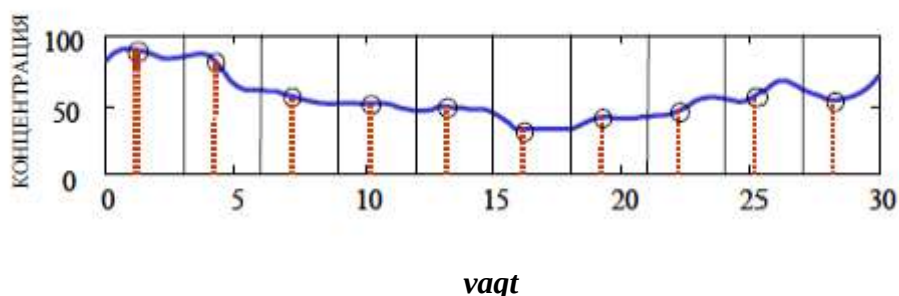
Muntazam namuna olish – namuna olishning barcha N nuqtalari bir-biridan (bir o'lchamli tasodif) teng masofada joylashadi yoki belgilangan simmetrik sxema bo'yicha (namuna olish nuqtai nazaridan ikki yoki undan ortiq o'lchashlarga ega bo'lgan).



Tasodifiy namuna olish



Stratifitsiyalangan namuna olish



Muntazam namuna olish

4.7. –rasm. Namuna olish strategiyalari

4.8. Qurilmaviy noaniqliklar va ularni ta'sirini miqdoriy baholash

Qurilmaviy noaniqliklar - o'lchash vositalarining takomillashmaganligiga bog'liq bo'lgan noaniqliklardir. Bunday noaniqliklarga, masalan, analitik tarozilarning aniqlik chegaralari; (berilgan chegaralarda) qayd qilinadigan temperaturadan farqlanuvchi o'rtacha temperaturani ta'minlovchi temperatura rostagichining mavjudligi; ortiqcha yuklama effektiga uchrashi mumkin bo'lgan avtomatik analizator; o'lchash vositalarning ishlash printsiptiga kirgan noaniqliklar; o'lchash vositasini tayyorlash texnologiyasi yoki konstruktsiyasidagi kamchilikka bog'liq bo'lgan noaniqliklar va h.k. kirishi mumkin.

Asbobiyy (qurilmaviy) noaniqliklar – ishlatiladigan o'lchash vositalarining metrologik, texnik va qo'llash xususiyatlari ideal bo'lmagan taqdirda hosil bo'ladi. Jumladan:

- o'lchash vositasining konstruktiv kamchiliklaridan;
- o'lchash vositasini tayyorlash texnologiyasining mukammal emasligidan;
- alohida elementlarning eskirishi va yeyilishidan;
- o'lchash vositalarining asosiy va qo'shimcha noaniqliklaridan;
- o'lchash vositalarining inertsionli xususiyatlaridan;
- darajalash noaniqligi yoki shkalaning siljishidan;
- o'lchash vositasining o'lchash ob'ekti bilan o'zaro ta'sirlashuvidan;
- o'lchash informatsiyasini uzatishda va boshqa faktorlar ta'sirida hosil

bo'ladigan noaniqliklar va b.

O'lchash vositalarining ishlash printsipligiga kirgan noaniqliklar. Bu noaniqliklar, o'lchash vositasidan foydalanish tartibiga qarab, statik va dinamik noaniqliklarga ajraladi. Statik noaniqlik – o'lchash vaqti davomida o'lchami o'zgarmas deb hisoblangan kattalikni o'lchash noaniqligidir. Dinamik noaniqlik – o'lchanayotgan kattalikning o'lchami o'zgarmaydi, deb bo'lmaydigan dinamik o'lchashlar vaqtida statik noaniqlikka qo'shimcha ravishda paydo bo'ladigan o'lchashlar noaniqligining tashkil etuvchisidir. Dinamik noaniqlik ikki omilga: o'lchash vositasining dinamik xossalari va o'lchanadigan kattalikning vaqt ichida o'zgarish xarakteriga qarab aniqlanadi. Bu turdagi statik noaniqlikka o'lchash vositasi almashtirish funktsiyasining nochiziqligiga bog'liq bo'lgan noaniqlik misol bo'la oladi. Masalan, Guk qonuning keng oraliqda nochiziqliligi, temperaturani o'lchashda temperatura datchiklarining nochiziqliligi (Zeebek effekti), o'zgaruvchan tok vol'tmetrlarining chastotaviy noaniqliklari tufayli statik noaniqliklar kelib chiqadi. Dinamik noaniqliklarga o'lchash vositalarining inertsion xossalari (temperaturani o'lchashda termometrning inertsionligi, tez o'zgaruvchi tezliklarni aniqlashda spidometrning inertsionlik xossalari va h.k.) ga bog'liq bo'lgan noaniqliklar misol bo'la oladi. Barcha raqamli o'lchash vositalarining ishlash printsipligiga kirgan, tez-tez uchrab turadigan noaniqliklardan biri analogli-raqamli almashtirishda uzluksiz kattalikni kvantlash noaniqligidir.

Masalan, SGB G4-1 modelidagi gaz sarfi hisoblagichning qurilmaning qo'shimcha temperaturaviy noaniqligini hisoblash misolida ko'rib chiqamiz.



4.8– rasm. SGB G4-1 modelidagi gaz sarfi hisoblagichning tashqi ko'rinishi

Gaz sarfi hisoblagichni 100 m^3 miqdor uchun yo'l qo'yilgan standart $U(V)$ noaniqligini quyidagicha aniqlaymiz (qurilma qo'llash bo'yicha yo'riqnoma ma'lumotlaridan foydalanildi):

$$U(V) = \pm \frac{\delta \cdot V_0}{\sqrt{3} \cdot 100\%} = \frac{3\% \cdot 100 \text{ m}^3}{173,2\%} = 1,73 \text{ m}^3$$

bu yerda: δ – qurilmani qo'lashdagi yo'l qo'yiladigan nisbiy xatoligi; V_0 – o'lchangan hajm.

4.9. O'lchash natijasiga ta'sir qiluvchi uslubiy noaniqliklar

O'lchash usulining nazariy jihatdan aniq asoslanmaganligi natijasida uslubiy noaniqlik kelib chiqadi. Uslubiy noaniqlik – o'lchash usulining nazariy jihatdan aniq asoslanmaganligi natijasida kelib chiqadi. Uslubiy noaniqlikning asosiy manbai o'lchash ob'ekti modelining ob'ekt xususiyatlariga mos emasligi hisoblanadi. Masalan, o'lchash vositalarini hisoblashda ishlatiladigan tenglamalarning soddalashtirilishi, noaniqlikning kompensatsiyalashda kiritiladigan tuzatma koeffitsienti salmoqli noaniqlikka olib keladi.

Metodik (uslubiy) noaniqlikni bartaraf etish uchun ishlatiladigan apparaturaning parametrlarini va ta'sir etuvchi kattaliklarning qiymatlarini bilish kerakki, bular bilan o'lchash natijasiga kiritiluvchi tuzatmani hisoblash mumkin bo'lsin (agar ularni umuman hisoblash mumkin bo'lsa). Shuning uchun uslubiy noaniqlikni bartaraf etishda kiritiladigan tuzatma hisoblash yo'li bilan topiladi.

Aproksimatsiyalash va soddalashtirishda sodir bo'ladigan noaniqliklar. Bunday noaniqliklarga bilvosita o'lchashlarning noaniqligi kiradi, bular o'lchanadigan kattalik bilan uning to'g'ridan-to'g'ri o'lchash yordamida o'lchangan argumenti o'rtasidagi bog'lanishni soddalashtirish natijasida kelib chiqadi.

Uslubiy noaniqliklar ayni bir o'lchash usuligagina xos bo'lishi mumkin. Ya'ni ma'lum bir o'lchash usulini texnik-konstruktiv jihatdan amalga oshirishda aniqlikni oshirishga turli omillar ta'sir qiladi. Bunda qaysi o'lchash usulini tanlash o'lchash vazifasidan, ya'ni talab qilingan aniqlik, kontaktli yoki kontaktsiz o'lchash, o'lchash sharoiti va boshqa talablardan kelib chiqib tanlanadi. O'lchash usulini tanlash asosan aprior-nazariy ma'lumotlarga tayangan holda o'tkaziladi.

1-misol

Shkalalarni darajalashda mos kelmaydigan model tanlansa, masalan, nochiziqli otklikda (kutilgan javob) chiziqli darajalashdan foydalanish, qo'pol tuzatishlarga va yanada katta noaniqliklarga olib keladi.

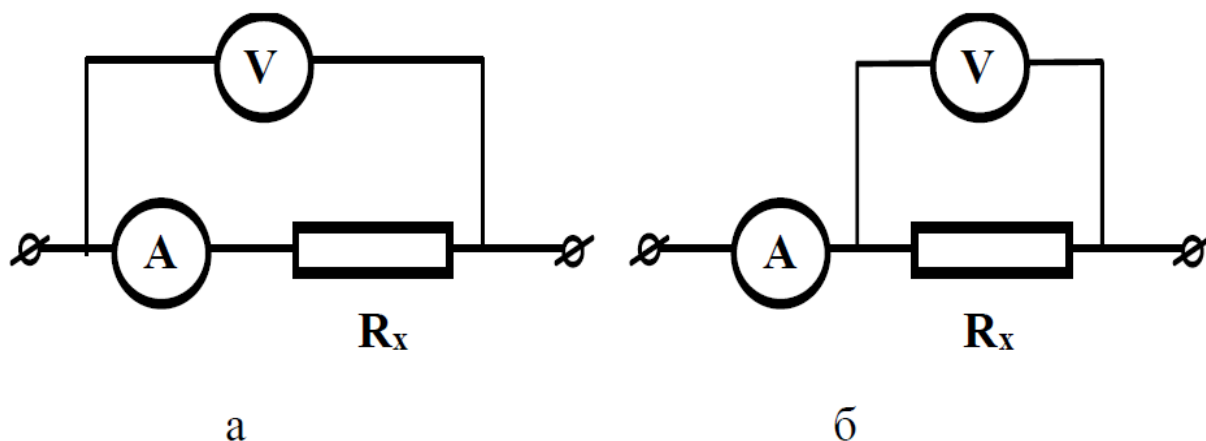
2-misol

Raqamlarni olib tashlab, yaxlitlash oxirgi natijani noaniqlikka olib keladi. Bunday vaziyatlarni oldindan bashorat qilish qiyin bo'lgani uchun ba'zi noaniqlik joiz bo'lishi mumkin.

3-misol

Moddalar namligini o'lchashda qo'llaniladigan standart arbitraj usul – termogravmetrik usul hisoblanadi. Sig'imli, infaqizik va o'ta yuqori chastotali usullar esa o'zi xos bo'lgan uslubiy noaniqliklarga ega. Bunda uslubiy noaniqliklarni kamaytirish uchun birlamchi o'zgartkichni konstruktsiya va boshqa parametrlarni metrologik takomillashtirish talab qilinadi.

4-misol



4.9- rasm. Uslubiy noaniqlikni elektr sxemasiga bog'liqligi

4.9 - rasmda ko'rsatilgan (a) uslubiy noaniqlikni kamaytirish uchun (6) sxema ulanishi lozim. Bunda (a) sxemada quyidagi voltmetrni ko'rsatishi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$U_V = U_A + U_X = \frac{I_X}{R_A} + U_X \quad (4.9)$$

bu yerda: U_V – voltmetrni ko'rsatishi; U_A - ampermetrda kuchlanishni pasayishi; I_X – tok kuchi; R_A - ampermetrni qarshiligi.

4 - misol

Akustik lokatsiya usuli bir nechta millimetrdan bir qancha kilometrgacha bo'lgan masofadagi jismlarni o'lchamini aniqlash uchun qo'llaniladi. Ushbu usul akustik to'lqinning uzunligiga bog'liq ravishda dengiz va okeanlarning gidrolokatsiyasida, baliqlarni qidirishda, detallardagi yoriqlarni aniqlash ishlarida foydalaniladi.

Ushbu usulning uslubiy noaniqliklarining asosiy sabablari akustik to'lqinni tarqalish tezligi muhitning turi va xususiyatlariga, turli nuqtalaridagi bosim va boshqa parametrlarga bog'liq. Masalan, tovushning toza suvdagi tezligi 1500 m/s. Tovushning tezligining amaliy ahamiyati sho'rlangan okean suvida o'lchash dolzarb hisoblanadi. Tovush tezligi sho'rlanganlik va temperatura oshishi bilan o'sib boradi. Amaliy qo'llashlar uchun olimlar tomonidan sho'rlangan suvda tovushni tezligini aniqlash uchun Vilson va Leroyaning empirik formulalari qo'llaniladi.

5-misol

Qarshilik termometrlarining uslubiy noaniqliklarini kamaytirish uchun ularni tayyorlashda quyidagi talablarga javob beruvchi toza metallar qo'llaniladi:

- o'lchanayotgan muhitda metal oksidlanmasligi va kimyoviy tarkibi o'zgarmasligi kerak;
- metalning temperatura qarshilik koeffitsienti yetarli darajada katta va barqarorlashgan bo'lishi lozim;

- qarshilik temperatura o'zgarishi bilan to'g'ri yoki ravon egri chiziq bo'yicha keskin chetga chiqishlarsiz va gisterezis holatlarisiz o'tishi kerak;
- solishtirma elektr qarshilik deyarli katta bo'lishi kerak. Ushbu talablarga asosan platina, mis, nikel, temir, volfram kabi metallar javob beradi.

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. O'lchashlar noaniqliklarini qanday manbalarini bilasiz?
2. O'lchanayotgan kattalikning matematik modellashirish deganda nimani tushunasiz? Misollar keltiring.
3. Model, to'liq modellashirish, to'liqsiz va tahliliy modellashirish mazmunini izohlang.
4. Fizik kattaliklarni matematik modellashirishga misollar keltiring.
5. O'lchash noaniqligi manbalarini tasniflash va uning ro'yxatini shakllantirishda qaysi jihatlarga e'tibor berish lozim.
6. Standart eritmani tayyorlashda noaniqlik manbalari diagrammasini izohlang.
7. O'lchash aniqligiga bo'lgan printsiplial cheklovlar deganda nimani tushunasiz?
8. O'lchash aniqligiga bo'lgan amaliy cheklovlarga misollar keltiring.
9. Geyzenbergni noaniqlik printsipli mohiyati nimadan iborat.
10. Naykvistaning noaniqlik printsipli mohiyati nimadan iborat?
11. Qurilmani o'lchash ob'ekti bilan o'zaro ta'sir printsipliga misollar keltiring.
12. Foydali signallarni mukammal emaslik printsiplining fizik asosi nimadan iborat?
13. O'lchash qurilmalarini texnologik nomukammallik printsiplini izohlang.

14. Materiallarning nomukammallik printsipli, qurilmaga tashqi omillarni ta'sir printsipli va o'lchash qurilmasi ichida omillarni paydo bo'lish printsiplarini tushuntiring.

15. O'lchash texnologiyasining nomukammallik printsipli va yangi axbrotni yo'qlik printsiplinini izohlang.

16. Personalning noaniqliklari yoki shaxsiy noaniqliklar qanday omillarga bog'liq bo'ladi.

17. Noaniqliklarning ularning vujudga kelish manbalari bo'yicha turlarining tasnifini keltiring.

18. Modelning o'lchash ob'ektiga mos kelmasligiga misollar keltiring.

19. Ta'sir ko'rsatuvchi kattalik deb nimaga aytiladi?

20. Fizikaviy kattaliklarning diskretligi va uning o'lchashlarning aniqligiga ta'sir ko'rsatishiga misollar keltiring.

21. Uslubiy xatolik nima va uni minimallashtirish qanday amalga oshiriladi?

22. Parallaks noaniqlik nima?

23. Ta'sir qiluvchi fizik kattaliklarni nominal qiymatlarini bilasizmi?

24. Normal o'lchash sharoiti deganda nimani tushunasiz?

25. Mahsulot sinovida o'lchanadigan mahsulot namunasini olish noaniqligini tushuntiring.

26. Qurilmaviy noaniqliklar, ularni ta'sirini miqdoriy baholash va sabalarini tahlil qiling.

27. O'lchash natijasiga ta'sir qiluvchi uslubiy noaniqliklarga misollar keltiring.

V – BOB. KIRISH KATTALIKLARINING KORRELYATSIYALAR TAHLILI

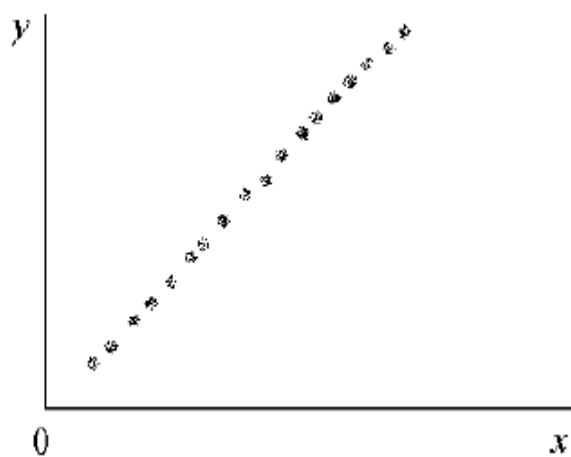
§5.1. Tasodifiy kattaliklarni korrelyatsiya tahlili xaqida tushuncha

Kattaliklar mustaqil bo'lishi mumkin yoki funktsional bog'liq yoki stoxastik (ehtimoliy) aloqadar bo'lishi mumkin. Kattalikning funktsional bog'liqligi qachonki ma'lum kattalikning har bir qiymatiga boshqa bir kattalikning ma'lum qiymati mos keladi. Masalan, aylana uzunligi $l=2\pi R$ uningradiusiga R funktsional bog'liq hisoblanadi. Ma'lumki, tasodifiy kattaliklar uchun bunday muvofiqlik mavjud emas, chunki qachonki kattalik tasodifiy omillar ta'sirida bo'lmagandagina qat'iy funktsional bog'liqlik bo'ladi.

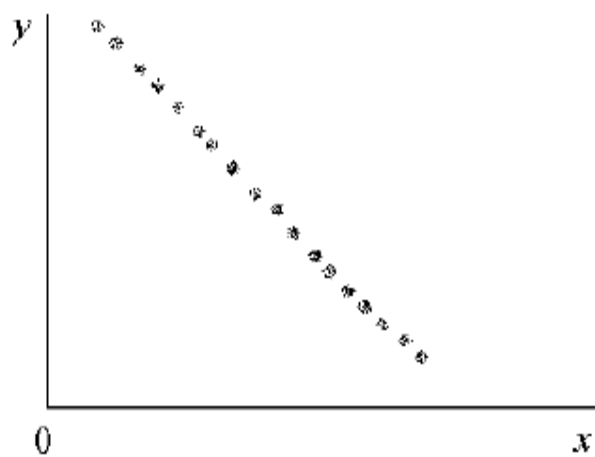
Ko'pgina holatlarda o'zgaruvchilar orasida bog'liqlik mavjud bo'lib, ma'lum kattalikning ma'lum qiymatiga boshqa bir kattalikning noma'lum qiymatiga mos bo'ladi. Ko'pgina uning ehtimoliy qiymatlari ma'lum taqsimotga bo'ysunadi. Bunday bog'liqlik stoxastik yoki ehtimoliy hisoblanadi. “Korrelyatsiya” tushunchasi (lotin tilidan “correlatio” – munosabat, aloqa, bog'liqlik) 19 asrda ingliz matematigi Karl Pirson (1857-1936 y.) va ingliz antropolog va psixologi Frensis Galton (1882-1911 y) ishlari bilan kirib kelgan.

5.1-rasmda tasodifiy kattaliklarni turli darajada korrelyatsiyalanish holatlari keltirilgan. 5.1-rasm (1-8 rasmlar) lardan ko'rinib turibdiki, kattaliklar o'zaro chiziqli korrelyatsiyalanganda maydon ellips ko'rinishiga ega bo'ladi. korrelyatsion aloqalar qanchalik siqilgan bo'lsa ellips shunchalik zich joylashadi. Funktsional bog'liqlikda chiziqli ko'rinish kasb etadi, aloqalar mavjud bo'lmaganda esa aylana shaklida bo'ladi.

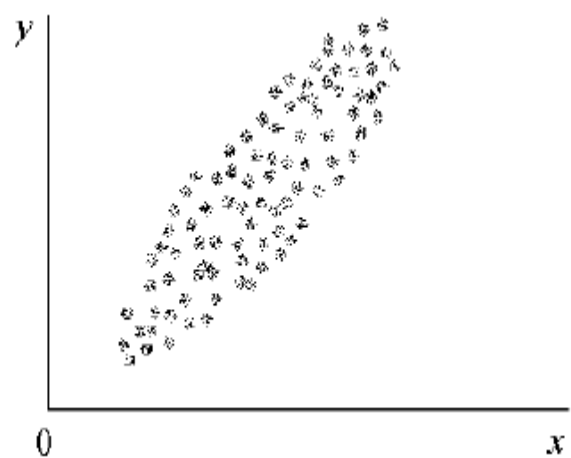
Metrologik amaliyotda chiqish signallarini qayta ishlash, o'lchash vositasini gradirovkalash funktsiyalarini aniqlashda korrelyatsion maydon va regressiya funktsiyalaridan keng foydalaniladi (5.2-rasm).



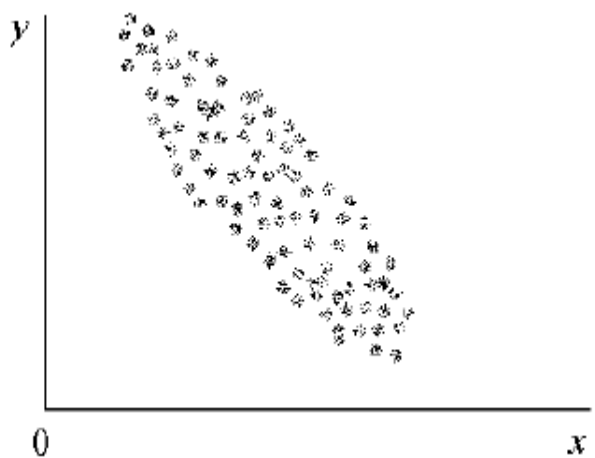
Ijobiy chiziqli funktsional bog'liqlik (1)



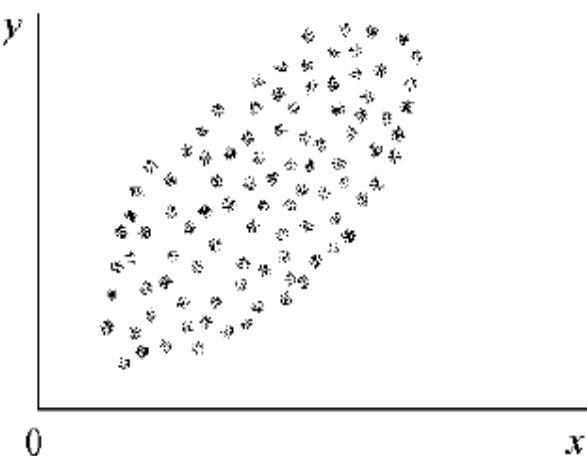
Salbiy chiziqli funktsional bog'liqlik (2)



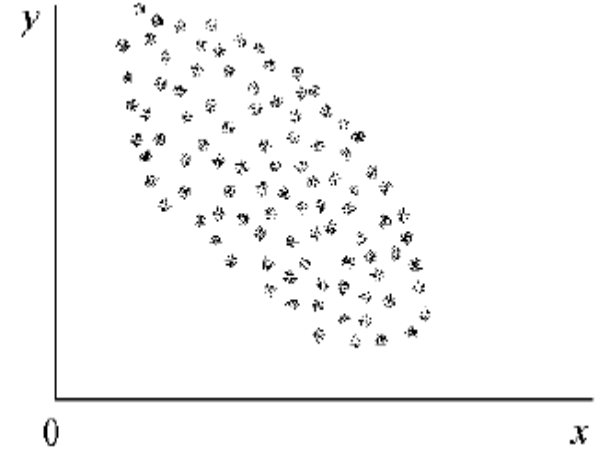
Ijobiy kuchli chiziqli korrelyatsion bog'liqlik
(3)



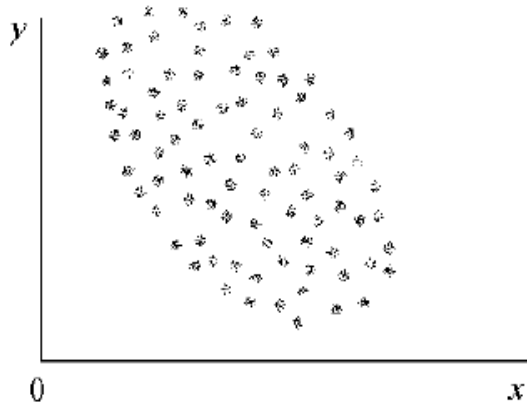
Salbiy kuchli chiziqli korrelyatsion bog'liqlik
(4)



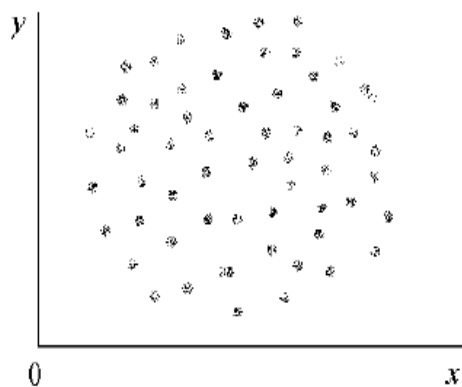
Ijobiy o'rtacha chiziqli korrelyatsion bog'liqlik
(5)



Salbiy o'rtacha chiziqli korrelyatsion
bog'liqlik (6)



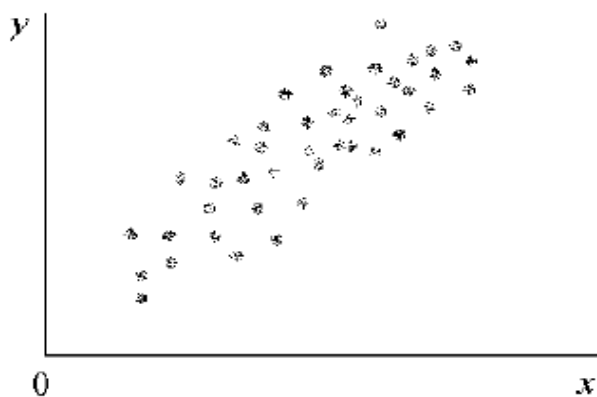
Kuchsiz aloqalar (7)



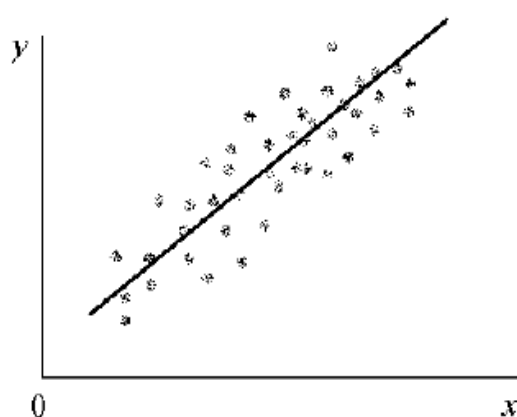
Aloqalar deyarli mavjud emas (8)

5.1- rasm. Tasodifiy kattaliklarni turli darajada korrelyatsiyalanish holatlari (1-8 rasmlar)

Shu bilan birga korrelyatsion bog'lanishlar chiziqli yoki nochiziqli shaklda bo'lishi mumkin (5.3 -rasm).

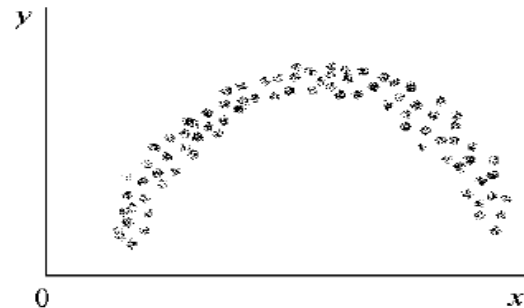
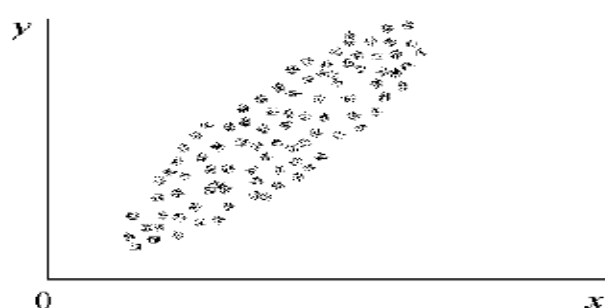


Korrelyatsion maydon



Regressiya funktsiyasi

5.2–rasm. Korrelyatsion maydon va regressiya funktsiyasi



5.3 – rasm. Chiziqli va nochiziqli korrelyatsion maydon

§5.2. Kirish kattaliklarining kovaratsiya va korrelyatsiyasining tavsiflari

Quyida kirish kattaliklarining korrelyatsiyasi bilan bog'liq asosiy tushunchalarni ko'rib chiqamiz.

Kovaratsiya – tasodifiy vektor o'zgaruvchini X majmui taqsimot zichligi bilan $g_x(\xi)$ ikkita tasodifiy X_i va X_j kattalikning tavsifidir va quyidagi ko'rinishga ega

$$Cov(X_i, X_j) = Cov(X_j, X_i) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} [\xi_i - E(X_i)] \cdot [\xi_j - E(X_j)] \quad (5.1)$$

$$g_x(\xi) d\xi_1 \dots d\xi_n = \int_{-\infty}^{\infty} [\xi_1 - E(X_1)] [\xi_j - E(X_j)]$$
$$g_{x_i, x_j}(\xi_i, \xi_j) d\xi_i d\xi_j$$

Bu yerda: $g_{x_i, x_j}(\xi_i, \xi_j)$ - bu X_i va X_j tasodifiy kattaliklarning majmui taqsimot zichligi.

$$Corr(X_i, X_j) = Corr(X_j, X_i) = \frac{Cov(X_i, X_j)}{\sqrt{V(X_i)V(X_j)}} \quad (5.2)$$

Ikkita kirish kattaliklari mustaqil yoki o'zaro bog'langan, ya'ni bir-biriga bog'liq yoki korrelyatsiyalangan bo'lishi mumkin. Noaniqlik kontsepsiyasida matematik emas, balki «mantiqiy» korrelyatsiya nazarda tutiladi. Korrelyatsiyaning samaradorligi qanchalik hisobga olinishi o'lchash turiga, o'lchash usulini bilishlikka va kirish kattaliklarining o'zaro bog'liklarini baholashga bog'liq. Ikkita kirish kattaliklarini o'lchashda bitta o'lchash asbobining o'zidan, fizik o'lchash etalonidan foydalanilsa, bu kattaliklar o'rtasida jiddiy korrelyatsiya bo'lishi mumkin.

Masalan, agar bir X_i kirish kattaligini baholash uchun zarur bo'lgan temperatura tuzatmasi biror termometr bilan olinsa va X_j kirish kattaligini baholash uchun zarur bo'lgan temperatura tuzatmasi ham o'sha termometrning o'zi bilan olinadigan bo'lsa, ikkala kirish kattaliklari jiddiy korrelyatsiyalanishi

mumkin.

Umuman kirish kattaliklari o'rtasidagi korrelyatsiyaga e'tiborsizlik kirish kattaligining standart noaniqligini baholashda xatolikka olib keladi. Ba'zan model funksiyasini to'g'ri tanlash yo'li bilan korrelyatsiyani yo'qotish mumkin.

Ikki tasodifiy kattalik o'rtasidagi bog'lanish yoki korrelyatsiyaning o'lchovi kovariatsiya bo'ladi. X_i va X_j ikkita tasodifiy kattaliklarning bahosii bilan bog'liq bo'lgan kovariatsiya quyidagi hollarda nolga teng yoki e'tiborga olinmaydigan darajada kichik deb qarash mumkin:

a) ikkala X_i va X_j kirish kattaliklari bir biridan mustaqil, masalan, agar ular bir-biridan mustaqil eksperimentlarda turli vaqtlarda kuzatilgan yoki ular bir-biridan mustaqil o'tkazilgan tadqiqotlarning natijaviy o'lchami bo'lsa, yoki:

b) X_i va X_j kattaliklardan biri konstanta deb qaraladigan bo'lsa, yoki

v) o'zimizning bilimimiz va taxminimizga ko'ra X_i va X_j kattaliklar o'rtasida hech qanday korrelyatsiya yo'q.

Ikki kirish kattaliklari orasida ma'lum korrelyatsiya bo'lishi mumkin, agar ularni aniqlashda:

- ayna bir o'lchash asbobi;
- yoki bitta etalonda kalibrlangan xar xil nusxadagi o'lchash vositalar;
- ma'lum standart noaniqlikka ega bo'lgan ma'lumotnoma

ma'lumotlari va boshqalardan foydalanilsa.

5.3. Kirish kattaliklarining kovariatsiyasi va korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash

Agar ikkita X_i va X_j kirish kattaliklari ma'lum darajada korrelyatsiyalangan ya'ni bir-biriga biror usulda bog'langan bo'lsa, yig'indi standart noaniqlikni baholashda kirish kattaliklari noaniqliklarining to'plami ichida bularning kovariatsiyasi hisobga olinishi kerak. Bunday kovariatsiya quyidagi formula bo'yicha baholanadi:

$$u(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = u(\bar{x}_i) \cdot u(\bar{x}_j) \cdot r(\bar{x}_i, \bar{x}_j), \quad i \neq j \quad (5.3)$$

Korrelyatsiya darajasi korrelyatsiya koeffitsienti yordamida aniqlanadi. Korrelyatsiyaning baholangan koeffitsienti (5.3) tenglamadan olinadi:

$$r(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = u(\bar{x}_i, \bar{x}_j) / u(\bar{x}_i) \cdot u(\bar{x}_j), \quad i \neq j, \quad |r(\bar{x}_i, \bar{x}_j)| \leq 1 \quad (5.4)$$

X_i va X_j kattaliklar n marta juft takroriy kuzatilganda bularning va o'rtacha arifmetik qiymatlarining kovariatsiyasi quyidagi formula bo'yicha baholanadi:

$$u(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = s(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j) \quad (5.5)$$

Korrelyatsiya bitta o'lchash tajribasida (kuzatiladigan korrelyatsiya) ikkita kirish kattaliklarini bir vaqtda kuzatishda paydo bo'ladi.

Korrelyatsiyalanganlik darajasi korrelyatsiya koeffitsienti r bilan ifodalanadi. Uning qiymati $[-1; +1]$ oraliqda bo'ladi. Korrelyatsiyalanganlik darajasi $r=0$ bo'lganda korrelyatsiya mavjud bo'lmaydi. Ba'zi korrelyatsiya turlari ijobiy yoki salbiy bo'lishi mumkin. Bunda birinchi navbatda korrelyatsiya bor yoki yo'qligi, ikkinchidan uning yo'nalish va qiymatlarini aniqlash lozim bo'ladi.

Kovaratsiya esa ehtimolliklar nazariyasi va matematik statistikada ikkita tasodifiy kattalikning chiziqli bog'liqligining o'lchovi hisoblanadi.

1-misol

Bir vaqtda (tajribada) o'lchangan ikkita kattalik (X va U) misolida ko'rib chiqamiz. Yuqorida keltirilgan mezonlarga asosan ikkita tasodifiy kattalik o'zaro korrelyatsiyalanganidir. Kuzatuv natijalari quyidagicha:

X	12,50	12,55	12,60	12,65	12,60	12,50	12,45	12,65	12,65	12,50
Y	21,20	21,25	21,25	21,30	21,35	21,40	21,35	21,30	21,35	21,40

Yuqoridagi ikkita tasodifiy kattaliklarning kovaratsiyasini $S(X,Y)$ va korrelyatsiya koeffitsientini $r(X,Y)$ aniqlang.

Hisoblash

1-bosqich. Tasodifiy kattaliklarni kovaratsiyasini aniqlaymiz

5.1 – jadval. Kuzatuv (o'lchash) natijalari bo'yicha dastlabki ma'lumotlarning standart jadvali

N _o	X _i	X _{o'rt}	(X _i - X _{o'rt})	Y _i	Y _{o'rt}	(Y _i -Y _{o'rt})	(X _i -X _{o'rt}) (Y _i -Y _{o'rt})
1	12,50	12,545	-0,045	21,20	21,315	-0,115	0,005175
2	12,55		0,005	21,25		-0,065	-0,000325
3	12,60		0,055	21,25		-0,065	-0,003575
4	12,65		0,105	21,30		-0,015	-0,001575
5	12,60		0,055	21,35		0,035	+0,001925
6	12,50		-0,045	21,40		0,085	-0,003825
7	12,45		-0,095	21,35		0,035	-0,002325
8	12,65		0,105	21,30		-0,015	-0,001575
9	12,50		-0,045	21,35		0,035	-0,001575
10	12,45		-0,095	21,40		0,085	-0,008075
Σ							-0,01568

Kovaratsiyani hisoblash formulasiga muvofiq uning qiymatini hisoblaymiz

$$S(X,Y) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\bar{y}pm}) \cdot (Y_i - Y_{\bar{y}pm}) \quad (5.6)$$

$$S(x,y) = \frac{-0,01568}{90} = -174,22 \cdot 10^{-6}$$

bu yerda: $S(X,Y)$ X va Y tasodifiy kattaliklar orasidagi kovaratsiyaning miqdoriy qiymati; X_i – X kattalikning har bir kuzatish natijalari; Y_i – Y kattalikning har bir kuzatish natijalari.

2- bosqich. Tasodifiy kattaliklarni korrelyatsiya koeffitsientini aniqlaymiz

Ikkita tasodifiy kattaliklarni korrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlashda har bir tasodifiy kattalikni standart og'ishlarini quyidagi formula asosida hisoblaymiz

$$S(X) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\bar{y}pm})^2$$

$$S(X) = \frac{1}{90} \cdot [(-0,115)^2 + \dots + (-0,095)^2] = 0,024 \quad (5.7)$$

$$S(Y) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{\bar{y}pm})^2$$

$$S(Y) = \frac{1}{90} \cdot [(-0,045)^2 + \dots + (-0,085)^2] = 0,021$$

Korrelyatsiya koeffitsientini quyidagi formula asosida baholaymiz

$$r(X,Y) = \frac{S(X,Y)}{S(X) \cdot S(Y)} = \frac{-174,22 \cdot 10^{-6}}{504 \cdot 10^{-6}} = -0,35 \quad (5.8)$$

Javob:

Kovaratsiyaning qiymati quyidagicha $S(X,Y) = -174,22 \cdot 10^{-6}$;

Korrelyatsiya koeffitsientining qiymati quyidagicha $r(X,Y) = -0,35$.

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. Tasodifiy kattaliklarni korrelyatsiyasi haqida nimalarni bilasiz?
2. “Korrelyatsiya” tushunchasining fanga kirib kelishi haqida nimalarni bilasiz?
3. Tasodifiy kattaliklarni korrelyatsiyalanishni qanday turlari mavjud.
4. Kovaratsiya tushunchasiga ta'rif bering.
5. Korrelyatsiya tushunchasiga ta'rif bering.

6. Qaysi holatlarda ikkita kirish kattaliklari orasida ma'lum korrelyatsiya bo'lishi mumkin?

7. Kirish kattaliklarini korrelyatsiyasi nima maqsadda hisoblanadi? Misollar keltiring.

8. Kirish kattaliklarini kovaratsiyasini hisoblash formulasini yozing.

9. Kirish kattaliklarini korrelyatsiyasini hisoblash formulasini yozing.

10. Kirish kattaliklarining kovariatsiyasi va korrelyatsiya koeffitsientini aniqlashni rezistorning uchlarida sinusoidal o'zgaruvchi potentsiallar U ayirmasining amplitudasini, rezistor orqali o'tuvchi I o'zgaruvchan tok amplitudasini va bular o'rtasida Φ fazaning siljish burchagini bir vaqtda o'lchash misolida ko'rib chiqamiz. Demak U , I va F uchta X_i ($i=1, 2, 3$) kirish kattaliklari bo'ladi. Kuzatuvlarning beshta mustaqil qatorlarining natijalari 5.2-jadvalda keltirilgan.

5.2- jadval

Qator nomeri, k	U, V	I, mA	Φ , rad
1	220,500	5,100	3,115
2	220,450	5,150	3,120
3	220,480	4,900	3,125
4	220,510	4,850	3,110
5	219,900	4,955	3,110

Kuzatuv natijalari asosida kovaratsiya va korrelyatsiyani aniqlang

VI – BOB. YIG'INDI NOANIQLIKNI BAHOLASH VA MIQDORIY QIYMATINI HISOBLASH TARTIBI

§6.1. Yig'indi noaniqlikni baholash tartiblari

O'lchashlarning yig'indi standart noaniqlig i -o'lchash modelidagi kirish kattaliklari bilan bog'liq bo'lgan, o'lchashlarning xususiy standart noaniqligi oqibatidan olinadigan o'lchashlarning standart noaniqligi.

Yig'indi standart noaniqlik U_{uz} bilan qiymatning va $x_1 x_2 x_3 \dots x_n$ parametrlarning noaniqligi bilan umumiy bog'liqlik ifodasi quyidagicha

$$U_{\text{uz}}(y(x_1, x_2, \dots)) = \sqrt{\sum_{i=1, n} c_i^2 \cdot u(x_i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1, n} u(y, x_i)^2} \quad (6.1)$$

bu yerda: $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - bir qancha parametrlarni $x_1 x_2 x_3 \dots x_n$ funktsiyasi; c_1 - y ni x_1 ga nisbatan xususiy hosila bilan ifodalanadigan sezgirlik koeffitsienti yoki $c_1 = \frac{\partial y}{\partial x}$; $u(y, x_1)$ bu yerda x_1 parametr sababli kelib chiqadigan y funktsiyani noaniqligi. Sezgirlik koeffitsientlari y ning qiymatlari $x_1, x_2, \dots, x_n$ ga bog'liq ravishda qanday o'zgarishini ko'rsatadi.

O'zgaruvchilar mustaqil bo'lmagan holatda yuqoridagi ifoda murakkablashadi

$$U_{\text{uz}}(y(x_1, x_2, \dots)) = \sqrt{\sum_{i=1, n} c_i^2 \cdot u(x_i)^2 + \sum_{i, k=1, i \neq k} c_i \cdot c_k \cdot u(x_i, x_k)} \quad (6.2)$$

bu yerda: $u(x_i, x_k)$ - x_i va orasidagi kovariatsiya; c_i va c_k - sezgirlik koeffitsientlari.

Kovariatsiya va sezgirlik koeffitsienti r_{ik} o'zaro quyidagicha munosabatda

$$u(x_i, x_k) = u(x_i) \cdot u(x_k) \cdot r_{ik} \quad (6.3)$$

bu erda: $-1 \leq r_{ik} \leq 1$.

Ammo ko'pgina holatlarda noaniqliklarni yig'indisini hisoblash uchun nisbatan sodda formulalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

1- qoida

Fakatgina kattaliklarni yig'indisi yoki ayirmasini qamrab oladigan modellar uchun, masalan $y=(p+q+r+...)$ shaklda bo'lsa yig'indi standart noaniqlik quyidagi shaklda ifoda bo'ladi.

$$u_{\text{yig'indi}}(y(p, q, ...)) = \sqrt{u(p)^2 + u(q)^2 + ...} \quad (6.4)$$

1 -misol

$y=(p-q+r)$ matematik model berilgan. Parametrlarning qiymati va ularning standart noaniqliklari quyidagicha: $p=5,02$; $q=6,45$; $r=9,04$; $u(p)=0,13$; $u(q)=0,05$; $u(r)=0,22$.

Yechimi

O'lchanayotgan kattalikning qiymati quyidagicha aniqlanadi

$$y = 5,02 - 6,45 + 9,04 = 7,61 \quad (6.5)$$

Yig'indi standart noaniqlik quyidagicha aniqlanadi

$$u(y) = \sqrt{0,13^2 + 0,05^2 + 0,22^2} = 0,26 \quad (6.5)$$

2-qoida

Faqatgina ko'paytirish yoki bo'lishdan iborat bo'lgan matematik modellar uchun masalan, $y=(p \cdot q \cdot r \cdot ...)$ yoki $y=\frac{p}{(q \cdot r \cdot ...)}$ bo'lsa yig'indi standart noaniqlik $u(y)$ quyidagicha aniqlanadi

$$u_{\text{yig'indi}}(y) = y \cdot \sqrt{\left(\frac{u(p)}{p}\right)^2 + \left(\frac{u(q)}{q}\right)^2 + ...} \quad (6.5)$$

2- misol

$y = \frac{o \cdot p}{q \cdot r}$ matematik model berilgan. Parametrlarning qiymati va ularning standart noaniqliklari quyidagicha: $o = 2,46$; $p = 4,32$; $q = 6,38$; $r = 2,99$; $u(o) = 0,02$; $u(p) = 0,13$; $u(q) = 0,11$; $u(r) = 0,07$

Yechimi

O'lchanayotgan kattalikning qiymati quyidagicha aniqlanadi

$$y = \frac{2,46 \cdot 4,32}{6,38 \cdot 2,99} = 0,56 \quad (6.5)$$

Yig'indi standart noaniqlik quyidagicha aniqlanadi

$$u(y) = 0,56 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,02}{2,46}\right)^2 + \left(\frac{0,13}{4,32}\right)^2 + \left(\frac{0,11}{6,38}\right)^2 + \left(\frac{0,07}{2,99}\right)^2} = 0,02 \quad (6.6)$$

3 misol

$y = \frac{a+b}{c}$ matematik model berilgan. Parametrlarning qiymati va ularning standart noaniqliklari quyidagicha: $a = 14,2$; $b = 12,4$; $c = 15,9$; $u(a) = 0,2$; $u(b) = 2,1$; $u(c) = 0,3$.

Yechimi

O'lchanayotgan kattalikning qiymati quyidagicha aniqlanadi

$$y = \frac{14,2 + 12,4}{15,9} = 1,67 \quad (6.7)$$

Matematik modelni ikkinchi qoidaga moslashtirish uchun shartli ravishda $a + b = q$ bilan belgilaymiz. Shunda yig'indi standart noaniqlikni hisoblash quyidagi shaklga keladi.

$$u_{uz}(y) = 1,67 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(q)}{q}\right)^2 + \left(\frac{u(c)}{c}\right)^2} \quad (6.8)$$

(6.8) ifodani miqdoriy qiymatini topish uchun q parametrni standart noaniqligini $u(q)$ ni aniqlash lozim bo'ladi. $u(q)$ ni miqdorini quyidagicha aniqlaymiz

$$u(q) = \sqrt{u(a)^2 + u(b)^2} = \sqrt{0,2^2 + 2,1^2} = 2,1095 \quad (6.9)$$

(6.9) ifoda bo'yicha aniqlangan qiymat bo'yicha yuqoridagi uchta parametrlarni berilgan model asosidagi yig'indi standart noaniqligini aniqlaymiz

$$u_{\text{yig'indi}}(y) = 1,67 \cdot \sqrt{\left(\frac{2,1095}{26,6}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{15,9}\right)^2} = 0,081 \quad (6.10)$$

§6.2 Korrelyatsiyalanmagan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini baholash

Chiqish kattaligini standart noaniqligi bu chiqish kattaligi bahosining standart og'ishi bo'lib qiymatlar sochilishini tavsiflaydi va uni o'lchanayotgan kattalikga tegishli deb bilmoq asosli bo'lishi mumkin.

Chiqish kattaligi standart noaniqligi A tipi yoki B tipi bo'yicha baxolangan $u(x_i)$ chiqish kattaliklari standart noaniqliklari (va ularning kovariatsiyalari, vaziyatlarga bog'liq xolda) oddiy qo'shish yoki standart og'ishlarni kombinatsiyalash (jamlash) usulini qo'llab aniqlanadi. Shuning uchun chiqish kattaligi standart noaniqligi yig'indi standart noaniqlik deyiladi va $u_{\text{yig'indi}}(y)$ deb belgilanadi.

O'lchanayotgan kattalik ning baholashlarning (o'lchash natijasi) standart noaniqligi kirish kattaliklarini $u_1, x_2 \dots x_N$ standart noaniqliklarini yig'inlisini aniqlash yo'li bilan baholanadi. Ushbu o'lchash natijasining y yig'indi standart noaniqligi $u_{\text{yig'indi}}(y)$ bilan baholanadi.

Yig'indi standart noaniqlik $u_{\text{yig'indi}}(y)$ quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$u_{uu_z}(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2} \cdot u^2(x_i) \quad (6.11)$$

bu yerda: $u_{uu_z}(y)$ - o'lchash funktsiyasi (modeli); $u(x_i)$ - kirish kattaligini A tur yoki B tur bo'yicha baholangan standart noaniqligi.

Yig'indi standart noaniqlik $u_{uu_z}(y)$ ushbu kattalikka yetarli darajada asos bo'la oladigan o'lchanayotgan kattalikning Y standart og'ishini bahosini va qiymat sochiluvchanligini tavsiflaydi.

Kirish kattaliklarini korrelyatsiyalangan va uning analogi bo'lgan korrelyatsiyalanmagan holatlar uchun yig'indi standart noaniqlikni formulalari Teylor birinchi tartib qatorining funktsional bog'liqligi $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ approksimatsiyasiga asoslangandir.

Agarda funktsional bog'liqlik f sezilarli darajada noxiziqli bo'lsa u holda (6.11) formula uchun $u_c^2(y)$ ga Teylorning yuqori tartib qator a'zolarini hisobga olish lozim. Agarda har bir X_i normal qonun bo'yicha taqsimlangan bo'lsa yuqori qatorlarni nisbatan ahamiyatli a'zolarini (6.11) formulaning o'ng tomoniga qo'shiladi

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \right)^2 + \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial^3 f}{\partial x_i \partial x_j^2} \right] u^2(x_i) u^2(x_j) \quad (6.12)$$

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ xususiy hosilalarni $X_i = x_i$ bo'lganda $\frac{\partial f}{\partial X_i}$ deb tushunish lozim. Ushbu

hosilalar shuningdek sezgirlik koeffitsienti deb ham nomlanadi va mazmunan kirish kattaliklari $x_1, x_2, \dots, x_N$ ni o'zgarishi bilan chiqish kattaligi y qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Shuning uchun, kirish kattaligi x_i ni uncha katta bo'lmagan

o'zgarishida Δx_i kattalikka y ni bahosi $(\Delta y)_i = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot (\Delta x_i)$ ga o'zgaradi. Agarda

kirish kattaligining x_i o'zgarishi standart noaniqlikka mos bo'ladigan bo'lsa, u

holda mos holdagi o'zgarish $\left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i)$ ga teng bo'ladi.

Shunga asosan yig'indi dispersiyani $u_{uu}^2(y)$ chiqish kattaliligi y dispersiyasi yig'indisi sifatida qarash mumkin bo'lib, bunda ularning har biri kirish kattaliklari x_i dispersiyasi bilan asoslantiriladi. Bu esa (6.11) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish imkonini beradi

$$u_{uu}^2(y) = \sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \quad (6.13)$$

bu erda

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}; u_i(y) = |c_i| \cdot u(x_i) \quad (6.14)$$

§6.3 Korrelyatsiyalanmagan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini hisoblashga amaliy misollar

1 misol

O'lchanadigan kattalik — P quvvat termorezistorda t temperaturada tarqoqlanadi. Termorezistor t_0 temperaturada R_0 qiymatga ega, qarshilikning temperaturaviy koeffitsienti α . Quvvat termorezistorning klemmlariga beriladigan V potentsiallar farqiga bog'liq va quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$P = f(V, R_0, \alpha, t) = \frac{V^2}{R_0 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]} \quad (6.20)$$

Yechish

Elektr quvvatini P yuqorida keltirilgan matematik model asosida sezgirlik koeffitsientlari c_i va yig'indi dispersiyani $u^2(P)$ aniqlaymiz. Elektr quvvatini qiymati matematik modelga asosan to'rtta parametrga bog'liq bo'lib, har biridan xususiy hosilalar olamiz

$$c_1 = \frac{\partial P}{\partial V} = \frac{2V}{R_0 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]} = \frac{2P}{V} \quad (6.15)$$

$$c_2 = \frac{\partial P}{\partial R_0} = -\frac{V^2}{R_0^2 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]} = -\frac{P}{R_0} \quad (6.16)$$

$$c_3 = \frac{\partial P}{\partial \alpha} = \frac{-V^2 \cdot (t - t_0)}{R_0 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]^2} = \frac{-P \cdot (t - t_0)}{[1 + \alpha(t - t_0)]} \quad (6.17)$$

$$c_4 = \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{-V^2 \cdot \alpha}{R_0 \cdot [1 + \alpha(t - t_0)]^2} = \frac{-P \cdot \alpha}{[1 + \alpha(t - t_0)]} \quad (6.18)$$

$$\begin{aligned} u^2(P) &= \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)^2 u^2(V) + \left(\frac{\partial P}{\partial R_0} \right)^2 u^2(R_0) + \left(\frac{\partial P}{\partial \alpha} \right)^2 u^2(\alpha) + \left(\frac{\partial P}{\partial t} \right)^2 u^2(t) = \\ &= [c_1 u(V)]^2 + [c_2 u(R_0)]^2 + [c_3 u(\alpha)]^2 + [c_4 u(t)]^2 = \\ &= u_1^2(P) + u_2^2(P) + u_3^2(P) + u_4^2(P) \end{aligned} \quad (6.19)$$

Ba'zan sezgirlik ko'effitsientlari $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ funktsional bog'liqlik f asosida hisob-kitob yo'li bilan emas, balki tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Boshqa kirish kattaliklari doimiy bo'lib qoladigan holatda kirish kattaliklari X_i o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan o'lchanayotgan kattalik Y o'lchanadi. Ushbu holatda funktsional bog'liqlik turini bilish talab qilinmaydi (yoki ushbu bog'liqlikni bir qismini, jumladan agarda ba'zi sezgirlik ko'effitsientlarini tajriba yo'li bilan aniqlansa). Buning o'rniga funktsiyaning f Teylorning birinchi tartibli qatorlariga empirik sezgirlik ko'effitsientlari orqali ifodalash lozim bo'ladi.

2 misol

Qattiq jism zichligini ρ uning massasini va hajmini V o'lchash natijalari asosida aniqlash lozim. $p = 0,95$ ishonch darajasi uchun olingan natijalarning standart va kengaytirilgan noaniqligini baholang. Jismni massasi namunaviy toshlar to'plamini qo'llagan holda ko'p marta tortish usuli bilan o'lchandi. Namunaviy toshlar to'plamini xatoligi 0,01 mg. Jismni hajmi gidrostatik usulidan

foydalangan holda xuddi shu namunaviy toshlarni qo'llash yordamida aniqlandi. O'lchash natijalari 6.1 –jadvalda keltirilgan.

6.1 – jadval.

Kuzatish natijalari

k	Jism massasi m_k , kg, 10^{-3}	Jism massasi, V_k , m^3 , 10^{-6}
1	252,9119	195,3799
2	252,9133	195,3830
3	252,9151	195,3790
4	252,9130	195,3819
5	252,9109	195,3795
6	252,9094	195,3788
7	252,9115	195,3792
8	252,9115	195,3794
9	252,9119	195,3791
10	252,9115	195,3791
11	252,9118	195,3794

Yechish

1.Massa va hajmni kuzatish natijalarini o'rtacha qiymatini aniqlaymiz

$$\overline{m} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k}{n} = 252,9120 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad (6.21)$$

$$\overline{V} = \frac{\sum_{k=1}^n V_k}{n} = 195,3798 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (6.22)$$

1. Quyidagi formula bo'yicha jism zichligini tayanch qiymatini baholaymiz:

$$\overline{\rho} = \frac{\overline{m}}{\overline{V}} = 1,294463 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (6.23)$$

2. Kirish kattaliklarini $\bar{m}$, $\bar{V}$, quyidagi formula bo'yicha standart noaniqliklarini A tur bo'yicha baholaymiz

$$S(\bar{m}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (m_k - \bar{m})^2}{n(n-1)}} = 4,402 \cdot 10^{-7} \text{ kg} \quad (6.23)$$

$$S(\bar{V}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (V_k - \bar{V})^2}{n(n-1)}} = 4,051 \cdot 10^{-10} \text{ kg} \quad (6.24)$$

3. Zichlikni ρ yig'indi standart noaniqligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$\begin{aligned} u_{\rho}(\rho) &= \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 u^2(m) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial V}\right)^2 u^2(V)} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{V}\right)^2 (4,402 \cdot 10^{-7})^2 + \left(\frac{m}{V^2}\right)^2 (4,051 \cdot 10^{-10})^2} = \\ &= 3,4955 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \end{aligned} \quad (6.25)$$

4. O'lchanayotgan kattalik – jism zichligini ρ kengaytirilgan noaniqlikni quyidagi formula bo'yicha hisoblaymiz

$$U = k \cdot u_{\rho}(\rho) \quad (6.26)$$

(6.26) formuladan faqatgina kamrab olish koeffitsienti k ni qiymatini Velcha-Sattersveyt formulasidan olinadigan erkinlik darajasining effektiv soni ν_{eff} orqali topiladi

$$\nu_{eff} = (n-1) \frac{u_{\rho}^4}{\left[\left(\frac{1}{V}\right)^4 u^4(m) + \left(\frac{m}{V^2}\right)^4 u^4(V) \right]} = 21,7 \quad (6.26)$$

U holda $k = 2,23$ ba $U_{\text{keht}} = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$.

5. O'lchash natijasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$\rho = 1,294463 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \pm 1,294471 \text{ kg/m}^3, P = 0,95 \quad (6.27)$$

§6.4 Korrelyatsiyalangan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini baholashning umumiy qoidalari

Kirish kattaliklari korrelyatsiyalangan holatda o'lchash natijalarining yig'indi dispersiya quyidagi formula bo'yicha baholanadi

$$u_{\text{uu2}}^2(y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) \quad (6.28)$$

bu yerda: x_i va x_j - X_i va X_j ning baholangan qiymati; $u(x_i, x_j)$ - x_i va x_j ning kovariatsiya bahosi.

x_i va x_j ning korrelyatsiyalanganlik darajasi korrelyatsiya koeffitsienti bahosi bilan tavsiflanadi

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i) \cdot u(x_j)} \quad (6.29)$$

bu erda: $r(x_i, x_j) = r(x_j, x_i)$ ba $-1 \leq r \leq 1$.

Agarda va mustaqil bo'lsa $r(x_i, x_j) = 0$ ga teng bo'lib, u holda ushbu tasodifiy kattaliklardan birortasini qiymatini o'zgarishi bo'yicha boshqa bir kattalikni o'zgarishini prognoz (bashoratlash) mumkin emas.

Shu jumladan, barcha kattaliklar o'zaro korrelyatsiyalangan holatda korrelyatsiya koeffitsienti $r(x_i, x_j) = 1$ ga teng bo'lganda yig'indi dispersiya $u_{\text{uu2}}^2(y)$ quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$u_{\text{uu2}}^2(y) = \left(\sum_{i=1}^N c_i u(x_i) \right)^2 = \left(\sum_{i=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2 \quad (6.30)$$

Ikkita tasodifiy kattalik r va q o'lchashlarning bir xil sharoitida n mustaqil juft bir vaqtda kuzatish natijalaridan olingan bo'lib, o'rtacha arifmetik

qiymatlari mos ravishda $\bar{r}$ va $\bar{q}$ bo'lganda kovaratsiya quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$S(\bar{q}, \bar{r}) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{k=1}^N (q_k - \bar{q}) \cdot (r_k - \bar{r}) \quad (6.31)$$

bu yerda: q_k va r_k - q va r kattaliklarni mos ravishda kuzatish natijalari. Agarda va kattaliklar haqiqatdan ham korrelyatsiyalanmagan bo'lsa, (6.31) formula bo'yicha olingan qiymat qoida bo'yicha nolga yaqin bo'ladi. Ikkita kirish kattaliklarini baholashda katta standart noaniqlikka ega bo'lgan uchun ayni bir o'lchash vositasi, ayni shu etalon yoki ayni shu ma'lumotnomadan foydalanilgan bo'lsa ushbu kattaliklar orasida ahamiyatli darajada korrelyatsiya kuzatiladi.

Agar ularni aniqlashda kattagina noaniqlikka ega bo'lgan xuddi o'sha bitta o'lchash pribori, xuddi o'sha bitta fizikaviy o'lchash etaloni yoki xuddi o'sha bitta spravochnik ma'lumotlaridan foydalanilsa, ikkita kiruvchi kattaliklar o'rtasida kattagina korrelyatsiya mavjud bo'lishi mumkin. Masalan kattalikni baholash uchun zarur bo'ladigan haroratga tuzatma qandaydir bir termometr yordamida olinsa va kiruvchi kattalikni baholash uchun zarur bo'ladigan haroratga tuzatma ham xuddi shu termometr yordamida olinsa, u holda bu ikkita kiruvchi kattaliklar korrelyatsiyalangan bo'lishi mumkin.

Agarda kirish kattaliklari orasida ahamiyatli darajada korrelyatsiya mavjud bo'lsa, ularni hisobga olmaslik mumkin emas. Kirish kattaliklari orasidagi korrelyatsiyalanish darajasini baholashda o'lchash jarayonining fizikaviy intuitsiyasi muhim ahamiyat kasb etadi. Fizikaviy intuitsiya mutaxassisni tajribasi va umumiy bilimlari, intellektual darajasi, masalan, fizika, matematika, shuningdek boshqa tabiiy va aniq fanlar bo'yicha malakasiga bevosita bog'liqdir. O'lchash jarayonini fizik-kimyoviy asoslari va matematik bilimlarga ega bo'lmasdan turib kirish kattaliklarini matematik modellashtirish, noaniqlik manbalarini aniqlash, korrelyatsiyalanish darajasiga baho berish va hisoblash mumkin emas.

§6.5. Korrelyatsiyalangan kirish kattaliklarini qayta ishlash algoritmi

Kiruvchi kattaliklar korrelyatsiyalangan bo'lgan holatda bilvosita o'lchashlarning natijalariga ishlov berish algoritmi quyidagidan iborat bo'ladi.

1. Y o'lchanadigan kattalikning y bahosi

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N) \quad (6.32)$$

bu yerda: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ - kirish kattaliklari $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ bir martalik yoki ko'p martalik kuzatishlar natijasida olingan baholari. Keyingi holatda bu baholar sifatida X_i ni n marta kuzatishlarning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

Bunda, xuddi mustaqil bilvosita o'lchashlar holatidagi kabi, ko'p martalik kuzatishlar qatoridan qo'pol xatoliklar yoki adashishlarga yo'l qo'yilgan kuzatishlar chiqarib tashlangan va ma'lum tizimli effektlarga barcha tuzatmalar kiritilgan deb faraz qilinadi.

1. Kiruvchi kattaliklarning $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ baholarining standart noaniqliklari $u(x_i)$ topiladi. Ular A tur bo'yicha (ko'p marta o'lchash natijalari $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ yoki B tur bo'yicha baholanishi mumkin (bir marta, shuningdek ko'p marta o'lchashlar $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ uchun).

2. Sezgirlik koeffitsientlarini qiymatlari hisoblanadi

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial X_i}, \quad X_i = x_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \quad (6.33)$$

3. Korrelyatsion momentlarning juftlik baholari topiladi:

$$u(x_i, x_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^N (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j) \quad (6.34)$$

4. Korrelyatsiya koeffitsienti hisoblanadi

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)}, \quad -1 \leq r(x_i, x_j) \leq 1 \quad (6.35)$$

5. O'lchash natijalarini dispersiyasini bahosini aniqlaymiz

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u^2(\bar{x}_i) + 2 \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=2}^N c_i c_j r(x_i, x_j) u(x_i) u(x_j) \quad (6.36)$$

6. Bilvosita o'lchash natijasini kengaytirilgan noaniqligi topiladi

$$U = t_p(v_{eff}) \cdot u_{\text{yuz}} \quad (6.37)$$

bu yerda t_p - ishonch darajasi p uchun erkinlik darajasi soni v_{eff} uchun mos keladigan Student koeffitsienti.

Эркинлик даражаси сони қуйидаги формула бўйича ҳисобланади

$$v_{eff} = \frac{u_{\text{yuz}}^4}{\sum_{i=1}^N u_i^4(y)/v_i} = \left[\sum_{i=1}^N u_i^2(y) \right]^2 / \sum_{i=1}^N u_i^4(y)/v_i \quad (6.38)$$

olingan noaniqlik uchun $v_i = \infty$.

7. O'lchash natijasi quyidagi shaklda yoziladi

$$Y = y \pm U, \quad p \quad (6.39)$$

1- misol

Quyidagi matematik model bo'yicha berilgan $Y = 0,3X_1 e^{0,01X_2}$ va bilvosita o'lchash natijalarini $P=0,95$ ishonchlilik darajasi bilan ikkita kattalik orasida korrelyatsiya mavjudligini hisobga olgan holda kengaytirilgan noaniqlikni aniqlang. Kuzatish natijalari 6.2 –jadvalda berilgan.

6.2 –jadval

№	X ₁	X ₂	№	X ₁	X ₂
1	21,582	20,585	11	20,683	21,749
2	21,515	20,595	12	20,750	21,836
3	21,410	20,641	13	20,854	21,882
4	21,279	20,724	14	20,986	21,881
5	21,133	20,840	15	21,131	21,834
6	20,987	20,982	16	21,277	21,743
7	20,855	21,143	17	21,409	21,615
8	20,751	21,311	18	21,514	21,458
9	20,684	21,476	19	21,581	21,285
10	20,660	21,625	20	21,605	21,108

Echish:

1. O'lchash tenglamasi argumentlarni o'rta arifmetigini aniqlaymiz

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} x_{1k} = 21,1323 \quad (6.40)$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} x_{2k} = 21,31565 \quad (6.41)$$

2. O'lchash natijasini y quyidagi formula bo'yicha hisoblaymiz

$$y = \bar{y} = 0,3\bar{x}_1 e^{0,01\bar{x}_2} = 7,8458625 \quad (6.42)$$

3. Argumentlarni kuzatish natijalarini dispersiyasini bahosini aniqlaymiz

$$S(x_1) = \frac{1}{19} \sum_{k=1}^{20} (x_{1k} - \bar{x}_1)^2 = 0,11735 \quad (6.43)$$

$$S(x_2) = \frac{1}{19} \sum_{k=1}^{20} (x_{2k} - \bar{x}_2)^2 = 0,21323 \quad (6.44)$$

$$S(\bar{x}_1) = \frac{1}{20} S^2(x_1) = 0,00586 \quad (6.45)$$

$$S(\bar{x}_2) = \frac{1}{20} S^2(x_2) = 0,01066 \quad (6.46)$$

4. Sezgirlik koefitsienti qiymatini aniqlaymiz

$$C_1 = \frac{\partial X}{\partial X_1} = 0,3e^{0,01X_2} = 0,37127 \quad (6.47)$$

$$C_2 = \frac{\partial X}{\partial X_2} = 0,3\bar{x}_1 e^{0,01X_2} = 0,078458 \quad (6.48)$$

5. Korrelyatsion moment bahosini aniqlaymiz

$$u(x_1, x_2) = \frac{1}{19} \sum_{k=1}^{20} (x_{1k} - \bar{x}_1)(x_{2k} - \bar{x}_2) = -0,02131 \quad (6.49)$$

6. Korrelyatsiya koefitsienti qiymatini aniqlaymiz

$$r(x_1, x_2) = \frac{u(x_1, x_2)}{S(x_1) \cdot S(x_2)} = -0,51402 \quad (6.50)$$

$$-1 \leq r(x_1, x_2) \leq +1$$

6. O'lchash natijasini dispersiyasini bahosi quyidagi qiymatga teng bo'ladi

$$u_{\bar{u}u}^2 = c_1^2 \cdot S^2(\bar{x}_1) + c_2^2 \cdot S^2(\bar{x}_2) + 2c_1c_2 \cdot r(x_1, x_2)s(\bar{x}_1)s(\bar{x}_2) = 8,3593 \cdot 10^{-4} \quad (6.51)$$

7. Bilvosita o'lchash natijalarini kengaytirilgan noaniqligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$U = t_p(v_{eff})u_{\bar{u}u} \quad (6.52)$$

$$v_{eff} = \left[\frac{u_{\bar{u}u}^2}{c_1^4 S^4(\bar{x}_1)/v_1 + c_2^4 S^4(\bar{x}_2)/v_2} \right] = 20,215 \quad (6.53)$$

bu yerda: $v_1 = v_2 = n - 1 = 19$. Ishonch darajasi $P = 0,95$ qiymat uchun va $v_{eff} = 20$ asosida $t_p(v_{eff}) = 2,09$ baholanadi.

$$U = \pm 2,09 \sqrt{8,3593 \cdot 10^{-4}} = \pm 0,0604 \quad (6.54)$$

8. O'lchash natijasini quyidagicha yozamiz

$$Y = 7,846 \pm 0,0604, \quad P = 0,95 \quad (6.55)$$

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. O'lchashlarning yig'indi standart noaniqligi deyilganida nimani tushunasiz?

2. Yig'indi standart noaniqlikni kirish kattaliklari bilan hisoblash formulasini yozing.

3. Faqatgina kattaliklarni yig'indisi yoki ayirmasini qamrab oladigan modellar uchun yig'indi standart noaniqlikni hisoblash formulasini yozing.

4. Faqatgina ko'paytirish yoki bo'lishdan iborat bo'lgan matematik modellar uchun yig'indi standart noaniqlikni formulasini yozing.

5. Korrelyatsiyalanmagan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini baholashga misollar keltiring.

6. Korrelyatsiyalanmagan kirish kattaliklarini yig'indi standart noaniqligini hisoblashga amaliy misollar keltiring.

7. Kirish kattaliklari korrelyatsiyalangan holatda o'lchash natijalarining yig'indi dispersiyasi qanday hisoblanadi?

8. Kirishkattaliklari asosan qanday holatlarda o'zaro korrelyatsiyalangan hisoblanadi? Misollar keltiring.

9. Quyidagi matematik model bo'yicha berilgan va bilvosita o'lchash natijalarini ma'lum ishonchlilik darajasi bilan ikkita kattalik orasida korrelyatsiya mavjudligini hisobga olgan holda kengaytirilgan noaniqlikni aniqlang va o'lchash natijasini baholang.

1 variant. O'lchash modeli $Y = X_1^{0,5} \cdot X_2^{0,5}$. Ishonch darajasi $P_d=0,9$.

2 variant. O'lchash modeli $Y = 0,2X_1^{0,5} \cdot e^{0,1X_2}$. Ishonch darajasi $P_d=0,95$.

3 variant. O'lchash modeli $Y = 0,2X_1 \cdot \ln 4X_2$. Ishonch darajasi $P_d=0,99$.

Kuzatish natijalari 6.1 – jadvalda keltirilgan.

6.3 – jadval

Varianr 1, $P=0,9$		Varianr 2, $P=0,95$		Varianr 3, $P=0,99$	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
6,166	6,229	13,781	13,688	40,709	41,856
6,156	6,213	13,654	13,504	40,599	41,586
6,139	6,187	13,457	13,234	40,428	41,206
6,118	6,156	13,208	12,903	40,212	40,753
6,095	6,120	12,932	12,544	39,973	40,272
6,072	6,085	12,656	12,191	39,733	39,810
6,052	6,053	12,407	11,881	39,517	39,412
6,035	6,028	14,210	11,642	39,345	39,117
6,025	6,011	12,083	11,498	39,235	38,953
6,021	6,006	12,039	11,464	39,197	38,937
6,025	6,011	12,082	11,542	39,234	39,071

6,035	6,027	12,208	11,725	39,344	39,340
6,052	6,053	12,405	11,995	39,515	39,720
6,072	6,085	12,654	12,326	39,731	40,172
6,095	6,120	12,929	12,685	39,970	40,653
6,118	6,155	13,205	13,037	40,210	41,115
6,139	6,187	13,454	13,348	40,426	41,514
6,155	6,217	13,652	13,587	40,598	41,810
6,166	6,229	13,780	13,732	40,708	41,974
6,170	6,235	13,824	13,767	40,747	41,991

VII – BOB. KENGAYTIRILGAN NOANIQLIKNI BAHOLASH VA MIQDORIY QIYMATINI HISOBLASH TARTIBI

7.1. Kengaytirilgan noaniqlik tushunchasi

ISO/IEC Guide 99:2007 “Metrologiya bo'yicha xalqaro lug'at. Asosiy va umumiy tushunchalar shuningdek muvofiq atamalar” metrologiya sohasidagi xalqaro lug'atda “kengaytirilgan noaniqlik ” tushunchasi quidagicha ta'riflanadi: “o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligi”– yig'indi standart noaniqlikni birdan katta bo'lgan koeffitsientga ko'paytmasi. Kengaytirilgan noaniqlik mazmunan o'lchash natijasi atrofidagi intervalni xarakterlovchi kattalik bo'lib, kutilaётgan ehtimollik qamarovida o'lchash natijasi qiymatlarining taqsimlanishini ifodalaydi.

Ayrim vaziyatlardan: savdoda, sanoatda va tartibga soluvchi ayrim hujjatlarda, shuningdek kachonki vaziyat sog'liq va xafvsizlik aloqador bo'lgan hollarda, o'lchash natijasi uchun interval xarakteristikasini o'zida mujassamlashtirgan noaniqlik o'lchovini berish zarur va bu intervalda qiymatlar taqsimotining asosiy qismi joylashgan bo'lsin. U_{KEH2} – deb belgilanuvchi kengaytirilgan noaniqlik, noaniqlikning qo'shimcha o'lchovi sifatida qaraladi. Koeffitsient o'lchash modelidagi chiqish kattaligining ehtimolliligining taqsimot qonuniga va qamrab olishning tanlangan ehtimoligi bog'liq. Ushbu ta'rifdagi “koeffitsient” tushunchasi “qamrab olish koeffitsienti” ga tegishlidir. Kengaytirilgan noaniqlik shuningdek “to'liq noaniqlik” (“overall uncertainty”) deb ham nomlanadi. INC-1 (1980 y.) beshinchi bo'limida bayon qilingan.

Kengaytirilgan noaniqlik quyidagi formula bo'yicha topiladi

$$U_{\text{KEH2}} = k \cdot U_{\text{YIG2}} \quad (7.1)$$

bu yerda: U_{KEH2} - kengaytirilgan noaniqlik; k - qamrab olish koeffitsienti; U_{YIG2} - yig'indi noaniqlik.

Bunda o'lchash natijasini $Y = y \pm U$ shaklda ifodalash qulay bo'lib, o'lchanayotgan kattalikka tegishli bo'lgan eng yaxshi baho bo'lib, qiymatlar

taqsimotining katta qismi katta ehtimol bilan ushbu oraliqqa tushishini anglatadi. O'lchash natijasini boshqa shakli quyidagicha ifodalanadi

$$y - U \leq Y \leq y + U \quad (7.2)$$

bu yerda: y - o'lchanayotgan kattalikning bahosi, o'lchash natijasi, chiqish bahosi. Asosan y sifatida o'rtacha arifmetik qiymati olinadi; Y - o'lchanayotgan kattalik; U - kengaytirilgan noaniqlik.

Matematik statistikada aniq qoidalarga ega bo'lib, keng qo'llaniladigan "ishonchli interval" va "ishonchli ehtimollik" atamalari kengaytirilgan noaniqlik intervaliga tegishli bo'lganda ma'lum shartlar asosidagina qo'llanilishi mumkin. Noaniqlik kontseptsiyasida "ishonchli ehtimollik" tushunchasi o'rniga "ishonch darajasi" qo'llanilishi maqsadga muvofiqdir va bu xalqaro me'yorlarga, jumladan O'lchov va tarozilar xalqaro qo'mitasi tavsiyalariga mosdir. Yanada aniqrog'i, kengaytirilgan noaniqlik U ehtimollik taqsimotini katta qismidan iborat bo'lgan p o'lchash natijalari tushadigan intervalni tavsiflovchi parametr sifatida tushuniladi va uning qiymati o'lchash natijasi va uning yig'indi standart noaniqlik bilan bog'liq deb qaraladi. Bunda P ushbu interval uchun "qamrab olish ehtimoli" yoki "ishonch darajasi" hisoblanadi.

Zarur holatlarda kengaytirilgan noaniqlik U orqali topiladigan interval uchun ishonch darajasi p baholanadi va ko'rsatiladi. Umuman olganda, yig'indi noaniqlikni U_{uz} ma'lum koeffitsientga ko'paytirish yangi axborot bermaydi, balki u mavjud axborotni boshqa shaklda taqdim qilish imkonini beradi. Ammo tan olish lozimki, ko'pgina holatlarda ishonch darajasi p (asosan p ning qiymatlari birga yaqin bo'lgan holatlarda) nafaqat ehtimollik taqsimoti haqidagi bilimlarni chegaralanganligi, balki kengaytirilgan noaniqlik $U_{\text{uz}}(y)$ ni o'zining noaniqligi evaziga ancha mavhum bo'ladi.

7.2. Qamrab olish koefitsientini tanlash tartiblari

ISO/IEC Guide 99:2007 “Metrologiya bo'yicha xalqaro lug'at. Asosiy va umumiy tushunchalar shuningdek muvofiq atamalar” metrologiya sohasidagi xalqaro lug'atda “qamrab olish koefitsienti” quyidagicha ta'riflanadi: birdan katta son bo'lib, o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligini olish uchun o'lchashlarning yig'indi standart noaniqligiga ko'paytiriladi.

Qamrab olish koefitsienti asosan k bilan belgilanadi. Qamrab olish koefitsientining k qiymati ishonch darajasi asosida $y-U$ dan $y+U$ gacha bo'lgan interval uchun tanlanadi. Qamrab olish koefitsientining k qiymati odatda 2 dan 3 gacha bo'lgan oraliqda bo'ladi, ammo alohida hollarda k ning qiymatlari ushbu chegaradan tashqarida bo'lishi mumkin. k ning asoslantirib tanlash katta tajribani va o'lchash natijalaridan qaysi maqsadlarda foydalanishni aniq bilimni talab qiladi.

Shunday bo'lishi mumkinki, o'lchash natijasini taqdim qilishda ma'lum muntazam effektlarga tuzatma kiritilmasligi mumkin bo'lib, uning o'rniga o'lchash natijasiga tegishli bo'lgan noaniqlikni oshirish orqali ushbu effektning hisobga olishga harakat qilingan bo'lishi mumkin. Bunday harakatlarni bajarmaslik lozim. O'lchash natijasiga ma'lum sezilarli muntazam effektlar kiritish juda kamdan-kam hollarda, alohida kiritilmaydi. O'lchash natijalarini noaniqligini baholashni ma'lum kattalikni “kafolatlangan” chegaralarini aniqlash bilan adashtirmaslik lozim bo'ladi.

Ideal jihatdan k (va mos ravishda $y \pm U = y \pm k u_{\text{ue}}(y)$ intervalga muvofiq bo'lgan) ning qiymatini tanlangan ishonch darajasiga, masalan 95 % yoki 99 % muvofiq bo'lganini aniqlash yoki tanlangan uchun u bilan bog'liq bo'lgan intervalniga mos bo'lgan ishonch darajasini aniqlash maqsadga muvofiq bo'lardi. Ammo buni amaliyotda qo'llash har doim ham oson bo'lmasdan o'lchash natijasi y va uning yig'indi standart noaniqligi bilan tavsiflanadigan ehtimollikning taqsimot turini aniq bilishni talab qiladi. Holbuki ushbu parametrlar juda

ahamiyatli bo'lib, berilgan ishonch darajasi bilan intervalni aniqlash uchun ularni bilish yetarli emasdir.

INC-1 (1980 yil) tavsiyalari qamrab olish koeffitsienti va ishonch darajasining o'zaro munosabatini aniqlash usulini o'rnatmaydi. Ko'p amaliy hollarda, masalan, ishonchlilik darajasi 68 % bo'lgan oraliqda $k = 1$ deb qabul qilinadi, - 95 % bo'lgan oraliqda $k = 2$; 99 % bo'lgan oraliqda $k = 3$ deb qabul qilinadi.

7.1 –jadvalda normal taqsimlangan tasodifiy kattaliklarni ishonch darajasi P ga mos bo'lgan qamrab olish koeffitsienti k_p ni qiymatlari jadvali keltirilgan

Ishonch darajasi $p, \%$	Qamrab olish koeffitsienti k_p	Ishonch darajasi $p,$ $\%$	Qamrab olish koeffitsienti k_p
68,27	1	95,45	2
90	1,645	99	2,576
95	1,960	99,73	3

7.1 - rasmda tekis taqsimot qonuni uchun tasodifiy kattaliklarni ishonch darajasi P ga mos bo'lgan qamrab olish koeffitsienti k_p ni qiymatlari jadvali keltirilgan

Ishonch darajasi $p, \%$	57,74	95	99	100 ¹
Qamrab olish koeffitsienti k_p	1	1,65	1,71	1,73

Ko'p hollarda 95 % ehtimollik bilan k ni 2 ga teng deb olish tavsiya qilinadi. Ammo bu qiymat yig'indi standart noaniqlik erkinlik darajasi uncha katta bo'lmagan (oltidan kam bo'lgan) statistik kuzatishlar natijasida olingan bo'lsa, yetarli bo'lmasligi mumkin. Bunday hollarda k ning tanlovi erkinlik darajasini effektiv qiymatiga bog'liq bo'ladi. Qachonki yig'indi standart noaniqlik erkinlik darajasi oltitadan kam bo'lgan kattaliklar hissasidan aniqlanadigan bo'lsa, bu vaziyatlarda k ning qiymatini ushbu hissa bilan bog'liq bo'lgan va talab qilingan

¹ 100 % - nazariy ma'lumot uchun berilgan bo'lib, amaliyotda qo'llash mumkin emas. Qo'llash fundamental metrologiyaning bazaviy qoidalariga zid hisoblanadi, masalan, "har qanday o'lchash ma'lum noaniqlikka ega" ekanligini ta'kidlash mumkin.

ishonchlilik sathi (odatda 95 %) dagi erkinlik darajasi qiymati uchun St'yudent kriteriyasining (t-kriteriya) ikki tomonlama qiymatiga teng deb olinadi.

7.3. Qamrab olish koeffitsientini tanlash va kengaytirilgan noaniqlikni baholash bo'yicha amaliy misollar

1-misol

Tortishning yig'indi standart noaniqligi kalibrlash bilan bog'liq bo'lgan standart noaniqlikning $U_{\text{кал}} = 0,01 \text{ mg}$ hissasi, va beshta takroriy kuzatishlarning standart og'ishi $S_{\text{кыз}} = 0,08 \text{ mg}$ ga asoslangan. Kengaytirilgan noaniqlikni hisoblang.

Yechim

Yig'indi standart noaniqlikni quyidagi formula asosida baholaymiz

$$U_{\text{ииз}} = \sqrt{U_{\text{кал}}^2 + S_{\text{кыз}}^2} = \sqrt{(0,01)^2 + (0,08)^2} = 0,081 \text{ mg} \quad (7.2)$$

Erkinlik darajasi $\nu = n - 1 = 5 - 1 = 4$ ga teng.

Shunga ko'ra, k Styudent taqsimotining ikki tomonlama t qiymatiga teng deb qabul qilinishi kerak. t ning bu qiymati to'rtta erkinlik darajasi va 95 % ishonchlilik sathi uchun, jadvalga muvofiq (A ilova) holda 2,8 ga teng. Bundan, k ni 2,8 ga teng deb qabul qilinadi.

Kengaytirilgan noaniqlikni qiymatini aniqlaymiz

$$U_{\text{кел}} = 2,8 \cdot 0,081 = 0,23 \text{ mg} \quad (7.3)$$

Javob

Kengaytirilgan noaniqlikni qiymati $U_{\text{кел}} = 0,23 \text{ mg}$ ga teng.

2 misol

Uchta parallel sinov o'tkazish natijasida quyidagi natijalar olindi: $\bar{X} = 14,06$; standart og'ishga asoslangan noaniqlik $U_A = 0,26$; kalbirovka bilan bog'liq bo'lgan noaniqlik $U_B = 0,01$.

Echim

Yig'indi standart noaniqlikni quyidagi formula asosida baholaymiz

$$U_{\text{uuз}} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = \sqrt{(0,26)^2 + (0,01)^2} = 0,26 \quad (7.4)$$

Yuqoridagi qoidalariga asosan, Stъyudent mezonining ikki tomonlama qiymatiga asosan A-ilovadan foydalangan holda qamrab olish koeffitsientini qiymati $k = t_{p,n} = t_{0,95,2} = 4,3$ ga teng. Erkinlik darajasi soni $v=n-1=3-1=2$ ga teng.

Kengaytirilgan noaniqlikni qiymatini aniqlaymiz

$$U_{\text{кеHz}} = 0,26 \cdot 4,3 = 1,12 \quad (7.5)$$

Javob

Kengaytirilgan noaniqlikni qiymati $U_{\text{кеHz}} = 1,12$ ga teng

7.4. O'lchash vositalarini kalibrlashda kengaytirilgan noaniqlikni baholash

O'lchash vositalarini kalibrlashda noaniqlikni baholash yuqorida keltirilgan umumiy tartiblar asosida kalibrlanayotgan va namunaviy vositani ko'rsatkichlari, qo'llash hujjatlari, kalibrlash sertifikatlari kabi axborot fondlaridan foydalanilgan holda bajariladi. Quyidagi rezistorni kalibrlash misolida noaniqlikni baholash tartibini ko'rib chiqamiz.

Yechim

Matematik model

$$I = \frac{V_x}{R_x} = \frac{V_s}{R_s} \quad \text{ёки} \quad R_x = R_s \cdot \frac{V_x}{V_s} \quad (7.6)$$

Bu yerda: I - elektr zanjirdan o'tayotgan tok kuchi; R_x - kalibrlangan standart rezistorning qiymati; R_s - etalon standart rezistorning qiymati; V_x - kalibrlangan standart rezistor uchlaridagi kuchlanish; V_s - etalon rezistorning uchlaridagi kuchlanish.

Ushbu o'lchashlar noaniqlika ta'sir qiluvchi omillar quyidagilar:

- V_x ni takroriy o'lchashlardagi noaniqlik;
- V_s ni takroriy o'lchashlardagi noaniqlik;

- Raqamli voltmetrni noaniqligi;
- Etalonning berilgan qiymatlarini noaniqligi;
- Etalonning barqarorligi bilan bog'liq bo'lgan noaniqlik;
- Etalon rezistorning kalibrlangan temperaturasi va laboratoriya temperaturasi orasidagi farq bilan bog'liq bo'lgan noaniqlik.

Namunaviy rezistorning kalibrlash sertifikatida $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ haroratda uning qarshiligi $R_s = 1,000004 \pm 2,5 \cdot 10^{-6} \Omega$ qiymatga teng.

Quyidagi 7.2 - jadvalda kuzatish natijalari keltirilgan.

V_x , mV, millivolt [kalibrlanayotgan rezistor natijasi]	V_s , mV, millivolt [etalon (namunaviy) rezistor natijasi]
99,91963	99,92478
9991970	99,92474
99.91968	99,92470
99,91977	99,92492
99,91986	99,92488
99,92058	99,92561
99,92055	99,92558
99,92008	99,92506
99,91 987	99,92479
99,91968	99,92468

Quyidagi olingan tajriba natijalarini o'rtacha qiymati, standart og'ishi va o'rtacha qiymatga nisbatan standart og'ishlarni aniqlaymiz

$$\overline{V_x} = 99,919940 \quad (7.6)$$

$$\overline{V_s} = 99,924973 \quad (7.7)$$

$$\sigma(V_x) = 3,448 \cdot 10^{-4} \quad (7.8)$$

$$\sigma(V_s) = 3,333 \cdot 10^{-4} \quad (7.9)$$

$$S(V_x) = \frac{\sigma(V_x)}{n} = \frac{3,448 \cdot 10^{-4}}{10} = 1,0904 \cdot 10^{-4} \quad (7.10)$$

$$S(V_s) = \frac{\sigma(V_s)}{n} = \frac{3,333 \cdot 10^{-4}}{10} = 1,054 \cdot 10^{-4} \quad (7.11)$$

$$\nu = n - 1 = 9$$

bu yerda: $\overline{V_x}$ - kalibrlangan standart rezistor uchlaridagi kuchlanish natijalarini o'rtacha qiymati; $\overline{V_s}$ - etalon rezistorning uchlaridagi kuchlanish natijalarini o'rtacha qiymati; $\sigma(V_x)$ - kalibrlangan standart rezistor uchlaridagi kuchlanish natijalarini standart og'ishi; $\sigma(V_s)$ - etalon rezistorning uchlaridagi kuchlanish natijalarini standart og'ishi; $S(V_x)$ - kalibrlangan standart rezistor uchlaridagi kuchlanish natijalarini o'rtacha qiymatga nisbatan standart og'ishi; $S(V_s)$ - etalon rezistorning uchlaridagi kuchlanish natijalarini o'rtacha qiymatga nisbatan standart og'ishi; ν - erkinlik darajasi soni.

Kalibrlash natijasi quyidagicha

$$R_x = V_x \cdot \frac{R_s}{V_s} = 99,919940 \cdot \frac{1,000004}{99,924973} = 0,999954 \, \Omega \quad (7.12)$$

Matematik modeldagi har bir argument bo'yicha sezgirlik koeffitsientlari hisoblanadi

$$\frac{\partial R_x}{\partial V_x} = \frac{R_s}{V_s} = \frac{1,000004}{99,924973} = 0,01 \quad (7.13)$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial V_s} = \frac{V_x \cdot R_s}{V_s^2} = \frac{1,000004}{99,924973} = 0,01 \quad (7.14)$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial R_s} = \frac{V_x}{V_s} = \frac{99,91994}{99,924974} = 0,9999496 = 1.0 \quad (7.15)$$

Kalibrlanayotgan rezistor va namunaviy rezistordagi kuzatilgan kuchlanish qiymatlarini A tur bo'yicha standart noaniqliklarini aniqlaymiz.

$$U_A(R_x) = S(V_x) = 1,0904 \cdot 10^{-4} \quad (7.16)$$

$$U_s(R_{sx}) = S(V_s) = 1,054 \cdot 10^{-4} \quad (7.17)$$

B tur bo'yicha standart noaniqlikni baholaymiz

1. Voltmetrni kvanlash noaniqligi quyidagicha

$$u(r) = \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 0,0577 \cdot 10^{-6} \quad (7.18)$$

2. Etalon rezistorning kalibrlash noaniqligi aniqlanadi. Kalibrlash sertifikatida ishonch darajasi 0,95 dir.

$$u(R_s) = \frac{2,5 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,25 \cdot 10^{-6} \quad (7.19)$$

3. Nobarqarorlik bilan bog'liq bo'lgan noaniqlik

$$u(R_s) = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 2,8867 \cdot 10^{-6} \quad (7.20)$$

4. Kalibrlash temperaturasi 20 °C o'tkazilganligiga asosan $U(t) = 0$
Yig'indi standart noaniqligi baholanadi

$$u(R_x) = \sqrt{(12,1957 \cdot 10^{-12})} = 3,4922 \cdot 10^{-6} \quad (7.21)$$

Welch-Satterthwaite formulaidan foydalangan holda erkinlik darajasi soni ν_{eff} aniqlanadi

$$\begin{aligned} \nu_{eff} = & (3,4922 \times 10^{-6})^4 / [\{(1,0904 \times 10^{-6})^4 / 9\} + \{(0,0577 \times 10^{-6})^4 / \infty\} \\ & + \{(1,0154 \times 10^{-4})^4 / 9\} + \{(1,25 \times 10^{-6})^4 / \infty\} + \{(0,0577 \times 10^{-6})^4 / \infty\} \\ & + \{(2,8867 \times 10^{-6})^4 / \infty\}] \end{aligned} \quad (7.22)$$

Kengaytirilgan noaniqlik

$$U_{kenc} = 2 \cdot 3,4922 \cdot 10^{-6} = 6,9844 \cdot 10^{-6} \quad (7.23)$$

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. Kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash tartibini bilasizmi?
2. Kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash formulasini yozing.
3. Qamrab olish koeffitsienti nima?
4. Qamrab olish koeffitsientini hisoblashga misollar keltiring.
5. Qamrab olish koeffitsientini tanlash va kengaytirilgan noaniqlikni baholashga amaliy misollar keltiring.
6. O'lchash vositasini kalibrlash deganda nimani tushunasiz?
7. Elektr o'lchash vositalarini kalibrlashda noaniqlikni hisoblashga misollar keltiring.

VIII – BOB. O'LCHASH NATIJALARINI NOANIQLIGINI BAHOLASH NATIJALARINI TAQDIM QILISH VA HISOBOTINI TUZISH

§8.1. Noaniqlikni baholash va taqdim qilishning qisqacha tavsifi

ISO/IEC 98-3:2008 O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha xalqaro qo'llanmaga muvofiq o'lchash noaniqligini baholash va taqdim qilish quyidagi bosqichlar ketma-ketligida bajariladi:

1) O'lchanayotgan kattalik Y bilan kirish kattaliklari X_i ning o'zaro aloqasini funktsional bolilik ko'rinishida $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ ifodalash zarur. Funktsiya f barcha kattalikdan, jumladan o'lchash natijalari noaniqligiga sezilarli ta'sir qiladigan tuzatma va tuzatish koeffitsientlaridan iborat bo'lishi lozim.

2) Kirish kattaligi X_i bahosini kuzatish natijalarini statistik tahlili asosida yoki boshqa usullarda bahosini x_i olish.

3) Har bir kirish bahosini x_i standart noaniqligi $u(x_i)$ baholanadi. Ko'p marta kuzatish natijalari asosida olingan kirish kattaliklarining standart noaniqligini baholash A tur standart noaniqlikni baholash usuli bilan bajariladi.

4) Agarda kirish kattaliklari orasida o'zaro korrelyatsiyalanganlari mavjud bo'lsa ularning kovaratsiyasi baholanadi.

5) O'lchash natijasi hisoblanadi, ya'ni 2 bosqichda olingan baholashlarda x_i argument sifatida X_i foydalanib funktsional bog'liqligi bo'yicha o'lchanayotgan kattalik bahosi x_i topiladi.

6) O'lchash natijasini y standart noaniqliklari va kirish kattaliklarini kovaratsiyasi asosida yig'indi standart noaniqlik $U_{\text{uu2}}(x_i)$ topiladi. Agar o'lchash natijasida ikki va undan ortiq bo'lsa, ularning kovarayiyasi topiladi.

7) $y - U$ dan $y + U$ gacha bo'lgan intervalni aniqlash uchun kengaytirilgan noaniqlikni aniqlash talab qilinsa yig'indi standart noaniqlik $U_{\text{uu2}}(x_i)$ asosan qiymati 2 dan 3 gacha bo'lgan oraliqdagi qiymatlarni qabul qiluvchi qamrab olish

koeffitsientiga ko'paytiriladi. Kengaytirilgan noaniqlik $U_{k\text{eH2}} = k \cdot U_{\text{iiu2}}$ formuladan aniqlanadi. k ning qiymati $y-U$ dan $y+U$ gacha bo'lgan interval uchun ma'qul bo'lgan ishonch darajasi asosida tanlanadi.

8) O'lchash natijasi Y uning yigindi standart noaniqligi $U_{k\text{eH2}}$ yoki kengaytirilgan noaniqlik $U_{k\text{eH2}}$ bilan birga taqdim qilinadi.

O'lchash noaniqligini baholash va taqdim qilishda quyidagi xulosalarni shakllantirib olish mumkin:

- o'lchashlar noaniqligi GUM da (GUM - Guide to the expression of uncertainty in measurement - O'lchashlar noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma) tavsiya qilingan qoida va tavsiyalarga muvofiq, shuningdek JCGM (JCGM - Joint Committee for Guides in Metrology – Metrologiyada rahbarlik bo'yicha birlashgan qo'mita) tomonidan nashr qilinadigan hujjat talablari asosida olib boriladi;

- ma'lum o'lchash vazifazalari uchun, masalan, o'lchash vositalarini kalibrlashda noaniqlikni baholash, mahsulot sinovida uning sifat va xavfsizlik ko'rsatkichlarini noaniqligini baholash va boshqa tor doiradagi o'lchashlar sohalari uchun ishlab chiqilgan tavsiyalar, uslubiy tavsiyalardan noaniqlikni baholashda foydalanish mumkin;

- ko'pgina hujjatlar noaniqlikni baholash bo'yicha sxema va tartiblarni berishiga qaramasdan, ularning hech biri noaniqlikni baholash uchun zarur bo'ladigan mutaxassisdagi tanqidiy fikrlash, intellektual salohiyat va professionallik kabi xususiyatlarni o'rnini bosa olmaydi. Chunki, tajribalar shuni ko'rsatadiki, noaniqlikni baholovchi mutaxassisda o'lchashlarning fizik asoslarini, ularni matematik modellashtirish, olingan natijalarga matematik ishlov berish bo'yicha bilim va malakasi bo'lmasa, u holda ushbu sohadagi xalqaro hujjatlarni amaliyotga qo'llash chegaralanishi mumkinligini ko'rsatadi.

§8.2. Noaniqlikni baholash natijalarini taqdim qilish bo'yicha umumiy tavsiyalar

Qoida bo'yicha, o'lchash ierarxiyasi bo'yicha yuqorilash uchun harakat qilishda o'lchash natijasi va uning noaniqligi qanday olinganligi haqida katta axborotni talab qiladi. Ammo, ierarxiyaning har qanday darajasida, jumladan savdoda yoki me'yoriy hujjat talablarini bajarilishini tekshirishda, ilmiy-texnik va akademik o'lchashlarda, sanoat birlamchi etalonlarni yaratishda, milliy metrologiya institutlarida (laboratoriyalarda) yoki O'lchov va tarozilar xalqaro byurosi tashabbusi bilan bajariladigan tajribalar haqida bajarilgan o'lchashlarni sifatini tekshirish uchun zarur bo'ladigan barcha ma'lumot tanishish uchun imkoniyatga ega bo'lishi kerak. Farq shundaki, ierarxiyaning quyi pog'onalarida katta qismdagi zaruriy axborotni kalibrlash va sinov hisobotlaridan, sinov uslubiyatlaridan, kalibrlash sertifikatidan, qurilmalarni qo'llash qo'llanmalardan, xalqaro va milliy standartlardan, milliy qonunchilik hujjatlaridan olish mumkin bo'ladi.

Qachonki o'lchash haqidagi axborot, shu jumladan noaniqlikni baholash usuli tegishli hujjatlarga (masalan, kalibrovka natijalari bo'yicha tuzilgan sertifikat) ilovalar shaklida berilsa ushbu hujjatlar zamonaviy darajaga mos keladigan va ayni vaqtda o'lchash metodologiyasiga muvofiq bo'lishi talab qilinadi.

Sanoatda va savdoda har kuni noaniqlikning batafsil tavsifisiz son-sanoqsiz darajada ko'plab o'lchashlar o'tkaziladi. Ammo ularning ko'pchiligi davriy qiyoslanadigan yoki kalibrlangan qurilmalarni qo'llash bilan bajariladi. Agarda qurilma texnik hujjat yoki unga nisbatan tadbqiq qilinadigan me'yoriy hujjatlarni talablarini qanoatlantiradigan bo'lsa, noaniqlikka ushbu hujjatlarga asoslanish mumkin.

Shu bilan birga amaliyotda o'lchash natijalarini taqdim qilish uchun zarur bo'ladigan axborot hajmi uni ko'zda tutilgan foydalanish sohasiga bog'liq bo'lib,

umumiy tamoyil o'zgarishsiz qoladi: axborot hajmi yetmaganidan ko'ra keragidan ortiqcha bo'lgani yaxshi. Jumladan:

- o'lchash natijasini va uning tajribaviy kuzatishlardan va boshqa ruxsat qilingan axborotlar asosida olish uchun foydalanilgan usullarni aniq tavsiflash;
- noaniqlikni barcha tashkil qiluvchilarini ro'yxatini tuzish va ularning noaniqligi qanday baholanganini batafsil tavsiflash;
- ma'lumotlarni tahlil qilishni shunday taqdim qilish lozimki, bunda hisoblashni barcha bosqichlarini, zarur holatlarda uni takrorlashni oson kuzatilishi ta'minlansin;
- tahlilda foydalanilgan barcha tuzatma va konstantlarni ularni olish manbalarini ko'rsatgan holda ko'rsatish.

Yuqorida ko'rsatilgan talablarni bajargan vaqtda yangi ma'lumotlar kelib tushganida natijaga tuzatmalar kiritish imkoniyati bo'lishi uchun taqdim qilingan axborotlarni hajmi yetarli va yetarli darajada tushunarli bayon qilindimi savollarni berish muhimdir.

§8.3. Noaniqlikni baholash natijalarini taqdim qilish bo'yicha alohida tavsiyalar

Agarda o'lchash natijasining noaniqligi o'lchovi bo'lib yig'indi standart noaniqlik $U_{\ddot{u}u\ddot{z}}$ hisoblansa, u holda o'lchash natijasini taqdim qilish quyidagilarni qamab oladi:

- o'lchanayotgan kattalik Y ta'rifini batafsil berish lozim;
- o'lchanayotgan kattalikni Y va yig'indi standart noaniqlik $U_{\ddot{u}u\ddot{z}}(y)$ bahosini o'lchash birligini ko'rsatgan holatiga keltirish;
- zaruriy holatlarda nisbiy standart noaniqlikni , qiymatini ko'rsatish.
- zaruriy holatlarda nisbiy standart noaniqlikni $\frac{U_{\ddot{u}u\ddot{z}}(y)}{y}$, $y \neq 0$ qiymatini ko'rsatish.

Boshqa shaxslar tomonidan o'lchash natijalaridan foydalanish uchun asos bo'ladigan deb hisoblansa, ularga o'lchash haqida qo'shimcha axborotlar talab qilinishi mumkin, masalan qamrab olish koeffitsientini hisoblash bo'yicha yoki o'lchash sharoitini yaxshi tushunish uchun qo'shimcha ravishda quyidagilarni ko'rsatish lozim:

- erkinlikning effektiv darajasi v_{eff} sonini baholash;
- A tur, $U_A(y)$ va B tur, bo'yicha alohida yig'indi standart noaniqliklar, shuningdek erkinlikning effektiv darajalarini v_{Aeff} , v_{Beff} , aniqlash.

Yig'indi standart noaniqlikdan $U_{\bar{uuz}}(y)$ o'lchash noaniqligi o'lchovi sifatida foydalanishda quyida ko'rsatilgan o'lchash natijalarini yozishning to'rtta shaklaridan birini foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ushbu misollarda o'lchash natijasini taqdim qilish shunday faraz qilinadiki, bunda o'lchanayotgan kattalik etalonning massasi m_s bo'lib, uning nominal qiymati 100 g.

- 1) “ $m_s = 100,02147 \text{ g}$ (yig'indi standart noaniqlik); $U_{\bar{uuz}} = 0,35 \text{ mg}$ ”;
- 2) “ $m_s = 100,02147 (35) \text{ g}$, bu yerda qavs ichidagi - (yig'indi standart noaniqlik) $U_{\bar{uuz}}(y)$ o'lchash natijasining ikkita kichik razryadlari”;
- 3) “ $m_s = 100,02147 (0,00035) \text{ g}$, bu erda qavs ichidagi (yig'indi standart noaniqlik) $U_{\bar{uuz}}(y)$ o'lchash birligi ko'rsatilgan holda”;
- 4) “ $m_s = (100,02147 \pm 0,00035) \text{ g}$, bu erda “ $\pm$ ” dan keying belgi – (yig'indi standart noaniqlik) $U_{\bar{uuz}}(y)$ (ishonchli interval emas)”.

Agarda o'lchash natijasining noaniqlik o'lchovi sifati kengaytirilgan noaniqlik $U_{\text{kehz}}(y)$ qabul qilinsa, u holda o'lchash natijasini taqdim qilish quyidagicha amalga oshiriladi:

- o'lchanayotgan kattalikni Y ta'rifini batafsil berish;
- o'lchash natijasini $Y = y \pm U$ ko'rinishda berib, y va U uchun o'lchash birligini ko'rsatish lozim;

- zaruriy hollarda nisbiy kengaytirilgan noaniqlikni $\frac{U_{KEH2}(y)}{|y|}$, $y \neq 0$

ko'rsatish lozim;

- $y \pm Y$ interval uchun ishonch darajasini taxminiy darajasini ko'rsatish va uning qanday aniqlanganligini asoslash;
- kengaytirilgan noaniqlikni olish uchun foydalanilgan qamrab olish koefitsientini k qiymatini ko'rsatish lozim [yoki, o'lchash natijasidan foydalanuvchilarga qulay bo'lishi uchun qamrab olish koefitsienti va yig'indi standart noaniqlik qiymatlari haqida ma'lumot berish].

Kengaytirilgan noaniqlikdan $U_{\bar{uuz}}(y)$ o'lchashlar noaniqligini o'lchovi sifatida foydalanilganda qo'llanilganda yaxshi tushunilishi uchun quyidagicha berish mumkin: $m_s = (100,02147 \pm 0,00079)g$, bu yerda "±" belgidan keyingi raqam – (kengaytirilgan noaniqlik) $m_s = k \cdot U_{\bar{uuz}}$ asosida hisoblangan bo'lib, $k = 2,26$, ishonch darajasi $p = 95\%$, erkinlik darajasi $\nu = 9$.

§8.4. Noaniqlik byudjeti va uni tuzish tartiblari

Chiqish kattaligining yig'indi standart noaniqligini topishni osonlashtirish uchun ilgari boblarda kirish kattaliklari to'g'risida olingan va tahlil qilingan barcha axborotni miqdoriy shaklda jadval ko'rinishida umumlashtirish va yaqqol tasvirlash tavsiya etiladi. Bunday jadval noaniqlik byudjeti deb ataladi.

Noaniqlik byudjetidan, shuningdek, o'lchash aniqligini topish, o'lchash modelini to'g'rilash yoki ba'zi noaniqliklar manbalarining ta'sirini kamaytirish usullarini izlash maqsadida, har bir noaniqlik manbaining yig'indi noaniqlikka qo'shgan hissasini tahlil qilishda ham foydalanish mumkin.

Noaniqlik byudjeti – noaniqlik, uni hisoblash va yig'indisidan iborat bo'lgan o'lchashlar noaniqligi to'g'risidagi hisobot.

Noaniqlik byudjeti o'lchash modeli, o'lchash modeliga kiradigan kattalik bilan bog'liq bo'lgan o'lchash noaniqligi va bahosi, qo'llanilgan ehtimollik zichligi

funktsiyalari turlari, erkinlik darajasi soni, noaniqlikni baholash turi va qamrab olish koeffitsienti haqidagi ma'lumotlardan iborat bo'ladi. Noaniqliklar byudjeti kirish kattaliklarining miqdoriy qiymatlari haqidagi dastlabki barcha olingan va tahlil qilingan mavjud ma'lumotlarni umumlashtirish va ko'rgazmali tassavurni hosil qilish uchun xizmat qiladi. Bundan asosiy maqsad chiqish kattaliklari standart noaniqliklar qiymatini bevosita hisoblashni yengillashtirish. Fytish mumkinki, noaniqlik byudjeti o'lchashlar noaniqligiga doir barcha asosiy ma'lumotlar va miqdoriy tavsiflar beriladi. Noaniqlik byudjetini tahlil qilish asosida noaniqlikning asosiy manbalarini, ularning miqdoriy va foizli ulushi, o'lchash aniqligiga ta'sir qilayotgan asosiy omillar, o'lchash aniqligini oshirish usullari va shakllari to'g'risida amaliy xulosalar shakllantirib olish imkonini beradi. Quyida 8.4.1–jadvalda noaniqlik byudjtini tavsiyaviy shakldagi ko'rinishi beriladi.

Kattalik, [X_i]	Kattalik birligi	Baho qiymati, [x_i]	Interval [-a dan +a gacha]	Noaniqlik turi	Ehtimolliklar taqsimoti	Standart noaniqlik [$u(x_i)$]	Erkinlik darajasi [v]	Sezgirlik koeffitsienti [c _i]	Noaniqlik ulushi [u _i (y)]	Foizli ulushi, %
X_1		x_1				$u(x_1)$		c_1	$u_1(y)$	
X_2		x_2				$u(x_2)$		c_2	$u_2(y)$	
...		...				...		...	...	
X_N		x_N				$u(x_N)$		c_N	$u_N(y)$	
Y		y				$u_{\text{um}}(y)$				

8.1- jadval. Noaniqlik byudjeti

Kattalik, $[X_i]$	Kattalik birligi	Baho qiymati, $[x_i]$	Interval [-a dan +a gacha]	Noaniqlik turi	Ehtimolliklar taqsimoti	Standart noaniqlik [$u(x_i)$]	Erkinlik darajasi $[v]$	Sezgirlik koeffitsienti $[c_i]$	Noaniqlik ulushi $[u_i(y)]$, m^3	Foizli ulushi, %
Gaz hajmi	m^3	50,087 m^3	-	A	Normal taqsimot qonuni	0,056 m^3	9	1	0,056 m^3	9,5
Etalonning xatoligi	m^3	-	-	B	Tekis taqsimot qonuni	0,0577 m^3	∞	1	0,0577 m^3	9,8
Etalonning diskretligi xatoligi	m^3	-	-	B	Tekis taqsimot qonuni	0,0289 m^3	∞	1	0,0289 m^3	4,9
Gaz sarfi hisoblagichning xatoligi	m^3	-	-	B	Tekis taqsimot qonuni	0,289 m^3	∞	1	0,289 m^3	75,8
Chiqish kattaligi	m^3	Chiqish kattaligi bahosi, m^3	-	-	Ishonch darajasi	Yig'indi standart noaniqlik, m^3	Erkinlik darajasini effektiv soni	Qamrab olish koeffitsienti	Kengaytirilgan Noaniqlik, m^3	-
Y	m^3	50,087 m^3	-	-	P=0,95	0,301	7512	1,96	0,59	-

8.2- jadval. Gaz sarfini o'lchashda noaniqlik byudjetini tuzish

NAZORAT SAVOLLARI VA TOPSHIRIQLAR

1. ISO/IEC 98-3:2008 standarti haqida nimalarni bilasiz? Mazmunini qisqacha izohlang.
2. Xalqaro qo'llanmaga muvofiq o'lchash noaniqligini baholash va taqdim qilish qanday bosqichlar ketma-ketligidan iborat?
3. O'lchash noaniqligini baholash va taqdim qilishda qanday xulosalarni shakllantirib oldingiz?
4. Noaniqlikni baholash natijalarini taqdim qilish bo'yicha umumiy tavsiyalarni sanang.
5. Noaniqlikni baholash natijalarini taqdim qilish bo'yicha alohida tavsiyalarni sanang. Izohlang.
6. Noaniqlik byudjeti va uni tuzish tartiblarini sanang.
7. Noaniqlik byudjeti nima?
8. Noaniqlik byudjeti jadvalini tuzilishini izohlang.
9. "Noaniqlik byudjeti" ning kattalik qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.
10. "Noaniqlik byudjeti" ning noaniqlik turi qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.
11. "Noaniqlik byudjeti" ning ehtimolliklar taqsimoti qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.
12. "Noaniqlik byudjeti" ning erkinlik darajasi qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.
13. "Noaniqlik byudjeti" ning sezgirlik koeffitsienti qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.
14. "Noaniqlik byudjeti" ning noaniqlik ulushi qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.
15. "Noaniqlik byudjeti" ning foizlik ulushi qatori qanday to'ldiriladi? Misollar keltiring.

GLOSSARIY

- O'lchash noaniqligi** — foydalanilgan axborot asosida o'lchanayotgan kattalikka tegishli bo'lgan kattalik qiymatlarini sochilishini xarakterlaydigan nomanfiy parametr
- Korrelyatsiya** — (lotincha "nisbat, o'zaro bog'liqlik" dan korrelyatsiya) yoki korrelyatsiyaga bog'liqlik - bu ikki yoki undan ortiq tasodifiy o'zgaruvchining (yoki ba'zi bir qabul qilinadigan aniqlik darajasi bilan shunday deb hisoblanishi mumkin bo'lgan miqdorlarning) statistik aloqasi. Bunday holda, ushbu miqdorlarning bir yoki bir nechtasining o'zgarishi boshqa yoki boshqa kattaliklarning muntazam o'zgarishi bilan birga keladi
- Kovaratsiya** — (korrelyatsion moment, kovaratsiya momenti) - ehtimollar nazariyasida va matematik statistikada ikkita tasodifiy o'zgaruvchining chiziqli bog'liqligi o'lchovi
- A- tur bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholash** — ma'lum o'lchash sharoitlarida olinadigan kattalikning o'lchangan qiymatlarini statistik tahlil qilish yo'li bilan o'lchashlar noaniqligini tashqil qiluvchilarni baholash
- B- tur bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholash** — A tip bo'yicha o'lchashlar noaniqligini baholashdan farq qiladigan usullar bilan o'lchashlar noaniqligini tashkil qiluvchilarini baholash
- O'lchashlarnng standart noaniqligi** — standart og'ish shaklida ifodalangan o'lchashlar noaniqligi
- O'lchashlarnng yig'indi** — o'lchash modelidagi kirish kattaliklari bilan

standart noaniqligi	bog'liq bo'lgan, o'lchashlarning xususiy standart noaniqligi oqibatidan olinadigan o'lchashlarning standart noaniqligi
O'lchashlarning nisbiy standart noaniqligi	— mutloq qiymatga (kattalikning o'lchangan qiymati) bo'lingan o'lchashlarning standart noaniqligi
Noaniqlik byudjeti	— noaniqlik, uni hisoblash va ularning yig'indisidan tashkil topgan o'lchashlar noaniqligi to'g'risida hisobot
O'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligi	— yig'indi standart noaniqlikni birdan katta bo'lgan koeffitsientga ko'paytmasi Izoh: koeffitsient o'lchash modelidagi chiqish kattaligining ehtimolliligining taqsimot qonuniga va qamrab olishning tanlangan ehtimoligi bog'liq. Ushbu ta'rifdagi "koeffitsient" tushunchasi "qamrab olish koeffitsienti" ga tegishlidir. Kengaytirilgan noaniqlik shuningdek "to'liq noaniqlik" ("overall uncertainty") deb ham nomlanadi
Qamrab olish intervali	— berilgan ehtimollikda o'lchanayotgan kattaliklarni chin qiymatlari majmuasidan iborat bo'lgan axborotlarga asoslangan interval Izoh: ISO/IEC Guide 98-3:2008 xalqaro standartida o'rnatilgan qoidalarga asosan, qamrab olish interval markazi kattalikning o'lchangan qiymati bilan mos kelishi majburiy talab bo'lmasdan, qamrab olish intervalini o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligidan chiqarib olish mumkin. Shu bilan birga, o'lchash natijalarini statistik qayta ishlash

bo'yicha "ishonchli interval" va "qamrab olish intervali" tushunchalarini mazmunan turli tushunchalardir.

Qamrab olish ehtimoli — o'lchanayotgan kattaliklarning chin qiymatlari majmui ko'rsatilgan qamrab olish intervalida joylashish ehtimoli

Izoh: ushbu ta'rif O'lchashlarda noaniqlikni ifodalash bo'yicha qo'llanma (GUM) da ifodalangan noaniqlik kontseptsisiga tegishli bo'lib, ushbu halqaro hujjatda "qamrab olish ehtimoli" tushunchasi o'rnida "ishonch darajasi" tushunchasi qo'llaniladi

Qamrab olish koeffitsienti — birdan katta son bo'lib, o'lchashlarning kengaytirilgan noaniqligini olish uchun o'lchashlarning yig'indi standart noaniqligiga ko'paytiriladi

Kattalik — hodisa, jism yoki moddaning xossasi bo'lib, miqdoriy jihatdan solishtirish uchun asos sifatida farq qiladigan belgisi ko'rsatilgan son shaklida ifodalanishi mumkin

Asosiy kattaliklar tizimi (ISQ) — yettita asosiy kattaliklardan iborat bo'lgan kattaliklar tizimi: uzunlik, massa, vaqt, elektr toki, termodinamik temperatura, modda miqdori va yorug'lik kuchi

Metrologiya Kattalikning chin qiymati — o'lchashlar va ularni qo'llash haqidagi fan —kattalikning ta'rifiga muvofiq bo'lgan kattalik qiymati

O'lchash aniqligi —bitta yoki analog ob'ektlarni berilgan sharoitlarda takroriy o'lchashda o'lchangan qiymatni

	o'lchanayotgan kattalikning chin qiymatiga yaqinligi
Birlamchi etalonlar	— birliklarni dunyoda (mamlakatda) eng yuqori aniqlik bilan qayta ishlab chiqishga mo'ljallangan o'lchash vositalari, ularni saqlash va birlik o'lchamlarini (kalibrlash orqali) ikkilamchi etalonlarga uzatish
Ikkilamchi etalonlar	— birlik o'lchamlarini birlamchi etalonlardan (kalibrlash jarayonida) oladigan va birlik o'lchamlarini ishchi etalonlarga, shuningdek qiyoslash sxemasi bo'yicha pastda joylashgan o'lchash vositalariga (kalibrlash va qiyoslash yo'li bilan) uzatish va saqlash uchun mo'ljallangan etalonlar
To'g'ridan-to'g'ri o'lchash	—bunday o'lchashda kattalikning izlanayotgan qiymati bevosita olinadi
Bilvosita o'lchash	— kattalikning izlanayotgan qiymatini ushbu izlanayotgan kattalik bilan funktsional bog'langan boshqa kattaliklarni to'g'ridan-to'g'ri o'lchash natijalari asosida aniqlash
Majmuiy o'lchash	— bir nechta bir xil nomli kattaliklarni bir vaqtda o'lchash, bunda kattaliklarning izlanayotgan qiymati, bu kattaliklarning turli birikmalarini o'lchashda olinadigan tenglamalar tizimini yechish yo'li bilan aniqlanadi
Birgalikda o'lchash	— ikkita yoki bir nechta, har xil nomli kattaliklar o'rtasidagi bog'lanishni aniqlash uchun bunday kattaliklarni bir vaqtda o'tkaziladigan (bevosita yoki bilvosita) o'lchashlar

Ta'sir etuvchi kattalik	— o'lchanadigan kattalikning o'lchamiga va (yoki) o'lchashlar natijasiga ta'sir etuvchi kattalik
Metrologik funktsiya	—o'lchashlar menejmenti tizimini aniqlash va joriy qilishga ma'muriy va texnik javobgarligi bo'lgan funktsional birlik
Yaroqlilikni metrologik tasdiqlash	—o'lchash jihozlarini uning tahminiy ishlatilishiga doir talablariga muvofiqlikni ta'minlash maqsadida o'tkaziladigan operatsiyalar majmui
O'lchash	—kattalikni aniqlash jarayoni
O'lchash jarayoni	—kattalik qiymatini aniqlash maqsadida o'tkaziladigan operatsiyalar majmui
O'lchash jihozi	— o'lchash jarayoni uchun zarur bo'lgan o'lchash vositalari, dastur vositalari, etalonlar, ma'lumot material, yordamchi apparatura yoki ularning kombinatsiyasi
Metrologik funktsiya	— o'lchashlar menejmenti tizimini aniqlash va joriy qilishga ma'muriy va texnik javobgarligi bo'lgan funktsional birlik
Metrologik tavsif	— o'lchash natijasiga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan tavsif
metrologiyaga oid faoliyat	— o'lchashlarning yagona birlikda bo'lishini ta'minlash, o'lchash uslublari va vositalari, shuningdek talab qilinadigan aniqlikka erishish usullari bilan bog'liq bo'lgan faoliyat;
metrologik kuzatiluvchanlik	— o'lchash natijasining hujjatlashtirilgan uzluksiz kalibrlashlar ketma-ketligi orqali etalonga bog'lash mumkin bo'lgan xossasi;
Sinov vositasi —	— sinovlar o'tkazish uchun mo'ljallangan, normalangan texnik tavsiflari bo'lgan texnik qurilma,

	modda va (yoki) material;
Standart namuna	— metrologik attestatsiya natijasida modda (material)ning xossasi yoki tarkibini tavsiflaydigan bitta yoki undan ortiq qiymatlari aniqlangan shu modda (material) namunasi shaklidagi oʻlchash vositasi;
Oʻlchashlar aniqligining koʻrsatkichi	— oʻlchash uslubiyotining qoʻllanilayotgan normalari va qoidalariga rioya etilganda olingan oʻlchash natijalari aniqligining belgilangan tavsifi;
Etalon	— muayyan kattalik birligining oʻlchamini boshqa oʻlchash vositalariga oʻtkazish maqsadida uni qayta hosil qilish va saqlash uchun moʻljallangan oʻlchash vositasi;
Oʻlchashlarni bajarish uslubiyoti	— oʻlchashlarning bajarilishini va ularning natijalari belgilangan aniqlik koʻrsatkichlari bilan olinishini taʼminlaydigan operatsiyalar va qoidalar majmui
Oʻlchash vositasi	— oʻlchashlar uchun foydalaniladigan va normalangan metrologik xususiyatlarga ega boʻlgan texnika vositasi
Oʻlchash vositalarini kalibrlash	— berilgan sharoitlarda oʻlchash vositasi yordamida olingan kattalik qiymati va etalon bilan qayta tiklanadigan tegishli kattalik qiymati oʻrtasidagi nisbatni aniqlash orqali oʻlchash vositasining metrologik tavsiflarini aniqlash maqsadida bajariladigan operatsiyalar majmui
Oʻlchash vositalarini qiyoslash —	oʻlchash vositalarining belgilab qoʻyilgan metrologik talablarga muvofiqligini aniqlash va tasdiqlash maqsadida bajariladigan operatsiyalar majmui
Oʻlchashlarning	— oʻlchashlarning natijalari qonuniylashtirilgan

**yagona birlikda
bo'lishi**

birliklarda ifodalangan va o'lchashlarning aniqlik ko'rsatkichlari ma'lum ehtimollik bilan belgilangan chegaralarda joylashgan holati.

(ma'lumot beradigan)

Erkinlik darajalari $\nu = n - 1$ bo'lgan Student t - taqsimoti

$$P\{|t| < t_p\} = 2 \int_0^{t_p} S(t, k) dt$$

$k = n - 1$	t_p koeffisientining qiymatlari							
	$P = 0,50$	$P=0,60$	$P = 0,70$	$P=0,80$	$P = 0,90$	$P = 0,95$	$P=0,98$	$P = 0,99$
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,986	3,355
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,883	2,262	2,821	3,250
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	1,179	2,681	3,055
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878

19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,707
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,669	2,045	2,462	2,756
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

QISQARTMALAR

ISO (International organization for standardization)– Standartlashtirish bo'yicha xalqaro tashkilot;

IEC (International electrotechnical commission)– Halqaro elektrotexnika komissiyasi;

ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation)– Laboratoriyalarni akkreditlashtirish bo'yicha xalqaro koperatsiya;

OIML (International Organization of Legal Metrology)–Qonunlashtiruvchi metrologiya bo'yicha xalqaro tashkilot;

BIPM (International bureau of weights and measures)–O'lchov va tarozilar xalqaro byurosi;

IFCC (International federation of clinical chemistry and laboratory medicine)–Klinik kimyo va tibbiyot laboratoriyasi xalqaro federatsiyasi;

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)–Nazariy va amaliy kimyo xalqaro ittifoqi;

IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics)– Nazariy va amaliy fizika xalqaro ittifoqi;

JCGM (Joint committee for guides in metrology)– Metrologiya sohasida rahbarlik bo'yicha birlashgan qo'mita;

GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement)– O'lchashlarda noanqlikni ifodalash bo'yicha qo'llanma;

VIM (International vocabulary of metrology– Basic and general concepts and associated terms)– Metrologiya bo'yicha xalqaro lug'at. Asosiy va umumiy tushunchalar va mos keluvchi atamalar;

ISQ (International System of Quantities)–Halqaro kattaliklar tizimi;

CIPM (International committee for weights and measures)– O'lchov va tarozilar xalqaro qo'mitasi;

EURACHEM – Analitik kimyo bo'yicha Yevropa jamiyati;

CITAC – Analitik kimyoda o'lchashlar kuzatuvchanligi bo'yicha xalqaro xamkorlik;

COOMET (Euro-Asian Metrology Cooperation) – Yevro Osiyo davlat metrologiya muassasalari;

ISO/TAG 4 – ISO tashkilotining metrologiya bo'yicha texnik maslahat guruhi.

FOYDALANADIGAN VA TAVSIYA QILINADIGAN ADABIYOTLAR

1. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг Қарори “2019-2023 йиллар даври учун ўлчашлар бирлигини таъминлаш миллий тизимини ривожлантириш ва такомиллаштириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида” (Тошкент ш., 2019 йил 28 май, 440-сон)
2. Thomas M. Adams. G104 - A2LA Guide for Estimation of Measurement Uncertainty In Testing.2002.
2. JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections). Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement
3. JCGM 101:2008 Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method
4. JCGM 102:2011 Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Extension to any number of output quantities
5. JCGM 104:2009 Evaluation of measurement data – An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents
6. JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment
7. О'з DSt 8.055:2017 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Оценка неопределенности результатов измерений методик выполнения измерений
8. О'з DSt 8.070:2018 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Применение неопределенности измерений в испытательных и измерительных лабораториях
9. О'з DSt 8.010.1:2002 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Метрология. Термины и определения. Часть I. Основные и общие термины.

10. O'z DSt 8.010.2:2003 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Метрология. Термины и определения. Часть 2. Средства измерений и их параметры.
11. O'z DSt 8.010.3:2004 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Метрология. Термины и определения. Часть 3. Метрологическая служба.
12. O'z DSt 8.010.4:2001 Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Метрология. Термины и определения. Часть 4. Метрологическое обеспечение аналитического контроля.
13. Захаров И.П. Неопределенность измерений для чайников и ... начальников: учеб.пособ. / И.П.Захаров,–Х.: 2013.– 36 с.
14. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях. Учебное пособие: - Харьков, Консум, 2002 – 256 с.
15. Фридман А.Э. Основы метрологии. Современный курс.-С.Пб.:НПО «Профессионал», 2008.-284 с.
16. Джабборов Р.Р. «Суюкликлар динамик силжиш эластиклигини ва ёпишқоқлигини ўлчаш натижаларининг метрологик кузатувчанлиги ва ноаниқлигини таъминлаш методологиясини такомиллаштириш», 05.03.02– Метрология ва метрологик таъминот (техника фанлари). - Автореферат.-2019 й.
17. Абдувалиев А. А., Авакян П. Г., Садыков А. Б., Умаров А. С., Хакимов О. Ш. Основы обеспечения единства измерений: Учеб. Пособие / Под. ред. А. Б. Садыкова. - Ташкент: НИИСМС, 2004
18. Хакимов О.Ш., Джабборов Р.Р., Ўлчашлар кузатувчанлиги ва ноаниқлиги. Ўқув қўлланма. “O'zstandart” нашриёти. Тошкент 2013.
19. Хамханова Д.Н. Общая теория измерений: Учебное пособие .-Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006.-168 стр.
20. Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерения» и сопутствующим документам. Оценивание данных измерений / Пер. с англ.

- под науч.ред. д.т.н., проф. В.А. Слаева, д.т.н. А.Г. Чуновкиной. — СПб.: «Профессионал», 2011. — 58 с
21. РМГ 91-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий “погрешность измерения” и “неопределенность измерений”.
22. COOMET R/GM/21:2011 Использование понятий “погрешность измерения” и “неопределенность измерения”. Общие принципы (use of concepts “error of measurement” and “uncertainty of measurement”. General principles (*Утверждена на 21-м заседании Комитета КОOMET (27–28 апреля 2011 г., Ереван, Армения).*
23. Р.50.1.062-2007. Рекомендации по стандартизации. Статистические методы. Неопределенность при повторных измерениях и иерархических экспериментах.
24. Руководство по выражению неопределенности измерения. Перевод с английского / под ред. В.А. Слаева. С-Пб.: ВНИИМ, 1999.
25. O’z DSt ISO/IEC 17025:2019, IDT. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
26. Руководства ЕВРАХИМ / СИТАК CG4. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. Третье издание. QUAM:2012.P1-RU. Редакторы S L R Ellison (LGC, UK) A Williams (UK). https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012_P1_RU.pdf
27. Валидация аналитических методик : пер. с.англ.яз. 2-го изд. под ред.Г.Р.Нежихлвского. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях : пер.с.англ.яз. 3-го изд.под ред. Р.Л.Кадиса. Руководства для лабораторий. – СПб. : ЦОП “Профессия”, 2016. – 312 с.
28. А.А.Полищук, Т.Н.Мозолева, К.А.Полищук. Применение основных способов оценки неопределенности измерений в практике химической лабораторий. Системи обробки інформації, 2009, Выпуск 5 (79).С.71-74.

29. Обработка результатов и оценка точности измерений при многократных наблюдениях: учеб. пособие / А.Н. Шаламов, Б.А. Кудряшов, Т.М. Раковщик. – М.: МАДИ, 2016. – 164 с.
30. Машарипов Ш.М. “Ўлчаш хатолиги” ва “ўлчаш ноаниқлиги” тушунчаларини қўллашнинг умумий тамойиллари / Сув ва ер ресурсларидан оқилона фойдаланиш самарадорлигини ошириш мавзусидаги илмий-назарий анжуман материаллари. – Бухоро (22-25 ноябрь, 2019 йил). – 23-24 Б.
31. Машарипов Ш.М., Фаттоев Ф.Ф., Миралиева А.Қ. Гидроэлектростанция соҳасида ўлчашлар бирлигини таъминлашга йўналтирилган метрологик таъминот ва унинг вазифалари / Сув ва ер ресурсларидан оқилона фойдаланиш самарадорлигини ошириш мавзусидаги илмий-назарий анжуман материаллари. – Бухоро (22-25 ноябрь, 2019 йил). – 25-27 Б.
32. Masharipov SH.M., Kenjaeva Z.S. Assessment of uncertainty during development of a methodology for performance measurements applied in the field of metrological control and supervision // Proceedings of the 6th International Youth Conference "Perspectives of Science And Education", (November 10, 2019, Cultural Center Slovo/WORD. New York, USA 2019. Pp. 72-74.
33. Masharipov SH.M., Fattoyev F.F., Mahmudjonov M.M. Issues improvement and optimization of control of regulated product parameters with required accuracies and accuracies// Proceedings of the 6th International Youth Conference "Perspectives of Science And Education", (November 10, 2019, Cultural Center Slovo/WORD. New York, USA 2019. Pp. 75-76.
34. Masharipov SH.M., Miralieva A.K., Fattoyev F.F., Rahmatullaev S.A. Algorithm for using the rule of three sigms in processing results of measurements and increasing the reliability of experimental data // European Sciences review. Scientific journal (Austria, Vienna). – № 9-10 – 2019 (September – October).– P.35-38.
35. Masharipov SH.M., Miralieva A.K., Fattoyev F.F., Rahmatullaev S.A. Development of the method of calculation of uncertainty of measurement results and evaluation of accurate characteristics in the field of analytical measurements//

European Sciences review. Scientific journal (Austria, Vienna). – № 9–10.-2019 (September–October) .P.39-41.

36. Машарипов Ш.М., Фаттоев Ф.Ф. Программное обеспечение процедуры оценки количественного значения неопределенности типа A// Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 07671 (Регистрационный номер заявки DGU 20200022, дата поступления заявки 07.01.2020 г.), Зарегистрирован в государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте, 31.01.2020 г.

37. Ш.М.Машарипов. Новый подход и его обоснование при оценке неопределенности результатов измерений по типу А // Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем [Электронный ресурс] : материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции (22 ноября 2019 г., Барнаул) / Под ред. А. Г.Якунина. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 4,05 МБ). – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2019.С.3-6 – Режим доступа : https://journal.altstu.ru/konf_2019/2020_1/30/

38. Masharipov SH.M., Fattoyev F.F. Development and research of the influence on accuracy of the main sources of uncertainty in the measurement of humidity and other physicochemical measured values. International journal of advanced research in science, engineering and technology (IJARSET), Volume 7, Issue 1, January, 2020, pp.12362-12369. //Internet access: <http://www.ijarset.com/upload/2020/january/3-Shodik240819-02.pdf>

39. Машарипов Ш.М. Ўлчашлар ноаниқлиги концепцияси ва унда қамраб олиш коэффициентини танлаш // «Standart» илмий-техника журнали. – Тошкент, 2019, №4. - Б.8-9.

40. www.standart.uz

41. www.ziyonet.uz

42. www.allgost.ru

43. files.stroyinf.ru

44. www.window.edu.ru